

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y
METALÚRGICA**



**“EVALUACIÓN AMBIENTAL Y PROGRAMAS DE
REMEDIACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RIO RAMIS”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN MINERÍA Y MEDIO
AMBIENTE**

ELABORADO POR:

LOBATO FLORES ARTURO LEONCIO

ASESOR

M.Sc. ATILIO MENDOZA APOLAYA

**LIMA – PERÚ
2013**

DEDICATORIA

A mi madre María; a mi hermana Pilar, a mi hermano Enrique, los que siempre fueron el soporte de mi formación profesional. A mis Familiares Hugo, Carlos, Ely, Oscar, Alfredo, Alberto.

A la UNI y profesores quienes nos transmitieron sus experiencias y conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a los profesores de mi Alma Mater la Universidad Nacional de Ingeniería-FIGMM, en especial al Laboratorio de Espectrometría de la FIGMM, al Instituto de Minería y Medio Ambiente por la gran ayuda y apoyo en la realización de este estudio de investigación y por permitirme alcanzar el objetivo de mi formación profesional en el nivel de posgrado, también al Ministerio de Energía y Minas, al INGEMMET, Presidencia de la Región Puno, DREM de Puno CECOMSAP, MINSUR S.A. y ACOMISA.

Un agradecimiento especial a los ingenieros: M.Sc. Ing. Edwilde Yoplac Castromonte, M.Sc. Ing. Alberto Landauro Abanto, M.Sc. Ing. Atilio Mendoza Apolaya, Msc. Ing. Fidel Julio Hidalgo Mendieta, M.Sc. José Vidalón Gálvez, M.Sc. Ing. José Antonio Corimanya Mauricio, M.Sc. Jorge Huayhua Rojas, M.Sc. Santiago Valverde Espinoza, M.Sc. Douglas H. Arteaga Lucas y al M.Sc. David Romero Ríos por su apoyo académico y profesional en el desarrollo de la presente investigación, a mis promociones de pregrado y maestría, a mis amigos, Guido Borasino, Gladys Montoro Cavero, Carmen Matos Avalos, Maruja Rivas Hungaro, Oscar Valero, Oscar Tinoco, Efraín Castillo y Javier Antahuara Lazo.

RESUMEN

El presente trabajo se ha desarrollado en Puno, en la Cuenca Alta de la naciente del río Ramis ubicada alrededor de los 5,200 msnm, donde existe una intensa explotación aurífera específicamente en las zonas mineras: El Cerro Lunar y La Rinconada con 40,000 habitantes. Aguas abajo a 4600 msnm en el entorno del distrito de Ananea existe una población aproximadamente de 25,000 habitantes. En estas zonas mineras, los pobladores se dedican directa e indirectamente a la minería artesanal, informal y pequeña minería, quienes desde hace décadas están produciendo oro por el método de concentración gravimétrica, sin tecnologías limpias, causando irresponsablemente la destrucción ecológica y contaminación de la cuenca del río Ramis, el mismo que está generando conflictos sociales y preocupación en las instituciones gubernamentales como el Ministerio de Energía y Minas (MEM), que en el año 1996 realizó un monitoreo de aguas, por intermedio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), encontrando alta turbidez y elevados sólidos en suspensión totales (SST).

Por lo expuesto, se realizó el monitoreo de las aguas que discurren en el río Ramis en noviembre del 2010, cuyo objetivo es demostrar que el agua de la Cuenca Alta del río Ramis se encuentra contaminada. Razón por la cual en el presente trabajo se proponen Programas Concernientes a la Remediación Ambiental del agua, incidiendo en el tratamiento de los SST y de la alta turbidez existentes en la Cuenca alta del río Ramis (el mismo que ha sido impactado y disturbado por la intensa actividad minera), a fin de lograr el desarrollo sostenible de los habitantes de la parte alta, media y baja de esta Cuenca.

Los programas y costos que se plantean son los siguientes:

Programa de remediación para el tratamiento del agua:

- Alternativa N°1: Proceso de extracción minera por el método de Circuito Cerrado de las Aguas del Río Ramis.
- Alternativa N°2: Proceso de mitigación por el método de pozas secuenciales de las Aguas del Río Ramis.
- Alternativa N°3: Proceso de mitigación por el método de construcción de Presa de Retención de las Aguas del Río Ramis.

Programa de Remediación de Desmontes.

La principal propuesta que se plantea en el presente trabajo, es la utilización del Método de Circuito Cerrado del Agua en las operaciones minero-metalúrgicas del área de estudio, de esta forma se mitigará la contaminación futura en el río Ramis, y se logrará el desarrollo sostenible de la Cuenca del Río Ramis, que al final desembocará en el lago Titicaca.

ABSTRACT

This work has been developed in Puno in the upper basin of the river rising Ramis located around 5,200 meters, in which there are intense mining activities specifically in gold mining in El Cerro Lunar and “La Rinconada” with approximately 40,000 inhabitants. 4600 m downstream at around Ananea district there is a population of approximately 25,000. These mining areas have no basic services of water and sewer and directly and indirectly engaged in artisanal mining, informal and small-scale mining, which for decades have been producing gold ores by means of the gravimetric method, without polluting the watershed clean technologies, causing ecological destruction and pollution of the Ramis river basin, and causing worry in the government institutions such as the MEM, which in 1996 performed a water monitoring through the UNI, finding high turbidity and high total suspended solids (HTSS).

For these reasons, we performed the monitoring of water flows in the river Ramis and their analysis were conducted in November 2010, whose aim is to show that the water of the high basin of the Ramis River is polluted. That is because in this paper we propose programs concerning environmental remediation influencing the treatment of high turbidity and TSS existing in the upper river basin Ramis, the same that has been shocked and at disturbed by mining activities and to achieve sustainable development of the inhabitants of the upper, middle and lower basin.

Environmental remediation programs

- Alternative N°1: Mining process by the water loop method
- Alternative N°2: Mitigation process by the method of sequential pools of the river Ramis
- Alternative N°3: Mitigation process by the method of prey retention of the river Ramis

Remediation programs for the waste

The main proposal that arises in this thesis is the Method Closed Water Circuit in the mining and metallurgical operations in the study area, thus not generate pollution, in the river Ramis future, and achieve sustainable development of the Basin Rio Ramis that eventually flows into the Lake Titicaca Lake.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMÁTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	5
1.3. OBJETIVO	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO II: GENERALIDADES	7
2.1. ÁMBITO DEL ESTUDIO	7
2.2. COMPONENTES AMBIENTALES	8
2.2.1. Descripción del medio físico	8
2.3. GEOLOGÍA	8
2.3.1. Estratigrafía	8
2.3.2. Geología Económica	11
2.3.3. Relieve	12
2.3.4. Fisiografía	13
2.3.5. Geomorfología	13
2.3.5.1. Unidades Geomorfológicas	13
2.3.5.2. Características Geomorfológicas de la Cuenca del Río Ramis	14
2.3.5.3. Clima y Meteorología	15
2.3.6. Hidrología	16
2.3.6.1. Características generales de la cuenca del río Ramis	17
2.3.6.2. Descargas del río Ramis	19
2.3.7. Recurso Hídrico	19
2.3.8. Hidrogeología	19
2.3.9. Geodinámica	20
2.4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO	21
2.4.1. Flora	21
2.4.2. Fauna	22
2.5. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO	24
2.5.1. Ubicación	24

2.5.2.	Transporte	26
2.5.3.	Demografía departamental	27
2.5.4.	Crecimiento Poblacional	28
2.5.4.1.	Provincia de San Antonio de Putina	28
2.5.4.2.	Provincia de Carabaya	40
2.5.4.3.	La Provincia de Sandía	44
2.5.5.	Canon minero	47
2.6	MARCO LEGAL	49
 CAPÍTULO III: POTENCIAL MINERO, MINERÍA EN EL YACIMIENTO FLUVIOGLACIAR – ANANEA		 53
3.1.	GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL FLUVIOGLACIAR	53
3.2.	MINERÍA	53
3.3.	RESERVAS EN EL FLUVIOGLACIAR – ANANEA	54
3.4.	YACIMIENTO DEL ORO DETRÍTICO DEL PLACER DE SAN ANTONIO DE POTO	55
3.5.	LA MORRENA DEL CERRO “SAN ANTONIO DE POTO”	55
3.6.	ACTIVIDADES DE LA MINERÍA FORMAL E INFORMAL, PEQUEÑA MINERÍA, MINERÍA ARTESANAL.	57
3.6.1.	Actividad minera formal	57
3.6.2.	Actividad minera informal	59
 CAPÍTULO IV: CONTAMINACION E IMPACTOS AL AMBIENTE		 65
4.1.	IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA	65
4.1.1.	Impacto del agua originado por los pasivos ambientales	67
4.2.	IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE	68
4.2.1.	Concentraciones de Mercurio	70
4.3.	IMPACTO SOBRE LOS SUELOS	71
4.4.	IMPACTO EN LA FLORA	74
4.5.	IMPACTO EN LA FAUNA	76
4.6.	IMPACTO EN LA FLORA Y FAUNA ACUÁTICA	79
4.7.	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	80
4.8.	IMPACTOS SOBRE EL SISTEMA SOCIOECONÓMICO	82
4.9.	GENERACIÓN DE RIESGOS GEODINÁMICOS POR LAS ACTUALES OPERACIONES MINERAS	85
 CAPITULO V: MONITOREO AMBIENTAL Y RESULTADOS DE LABORATORIO		 87
5.1.	METODOLOGÍA DE TRABAJO.	87
5.2.	TRABAJO DE CAMPO	88
5.3.	CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.	88
5.4.	PUNTOS DE MONITOREO	88
5.5.	RESULTADOS Y ANALISIS DE LABORATORIO.	93
5.5.1.	Resultados de Calidad de Agua	93

5.5.2.	Resultados de Sedimentos	96
5.6.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIDAD DE AGUA	97
5.7.	ANÁLISIS DE CARGA CONTAMINANTE	111
5.8.	ANÁLISIS DE SEDIMENTOS	125
5.9.	INTERPRETACIÓN	131
CAPÍTULO VI: PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL		133
6.1.	PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL	133
6.1.1.	Programa de remediación para el tratamiento del agua	135
6.1.1.1.	Alternativa N°1 - Proceso de extracción minera por el método del circuito cerrado de las aguas	135
6.1.1.2.	Alternativa N°2 - Proceso de mitigación por el método de poza secuenciales de las aguas del río Ramis	158
6.1.1.3.	Alternativa N° 3 - Proceso de mitigación por el método de presas de retención de las aguas del río Ramis	171
CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO		187
7.1.	ANÁLISIS DE COSTO / BENEFICIO	189
7.2.	ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL COSTO/BENEFICIO.	191
7.3.	ANÁLISIS CUALITATIVO DEL COSTO/BENEFICIO	193
7.4.	ANÁLISIS DEL DETERIORO AMBIENTAL COMO COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO	194
7.5.	EVALUACIÓN	197
CONCLUSIONES		198
RECOMENDACIONES		202
BIBLIOGRAFÍA		206
ANEXOS		216
	Anexos N°1	
	Anexos N°2	
	Anexos N°3	
	Anexos N°4	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°2.1 Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Putina y La Rinconada	3
Figura N°2.2 Se observa la Cuenca Alta del río Ramis- La Rinconada y Ananea	10
Figura N°2.4 División política de la Región de Puno. Fuente: Gobierno Regional de Puno	19
Figura N°2.5 Provincia San Antonio de Putina	23
Figura N°2.6 Se observa mala disposición de desmontes de la minería artesanal e informal a pocos kilómetros de la entrada del pueblo de Ananea	25
Figura N°1.7 Se observa el lugar del primer punto de monitoreo de aguas (naciente del río Ramis), en la parte superior la zona minera rinconada en la parte inferior acumulaciones de residuos sólidos del pueblo del cerro lunar.	26
Figura N°2.8 Se observa una señora y un niño haciendo en trabajo de pallaqueo de mineral	26
Figura N°2.9 Desagüe del pueblo de la rinconada mal dispuesto que drena a la naciente del río “Ramis”.	28
Figura N°2.10 Se observa el pueblo cerro lunar y al lado derecho la laguna cerro lunar	28
FiguraN°2.11 PEA en el Distrito de Ananea – Elaboración propia	31
Figura N°2.12 Distrito Crucero	37
Figura N°2.13 Total Canon Minero por Provincias-2010-Dpto Puno	42
Figura N°2.14 Distribución de Canon Minero por Provincias-2011-Dpto Puno	42
Figura N°2.15 Distribución de Canon Minero por Provincias -Dpto Puno	43
Figura N°2.16 Canon distrital de la provincia de Puno	43
Figura N°2.17 Canon Distrital de La Provincia de Carabaya	43
Figura N°2.18 Canon distrital de la provincia de Azangaro	44
Figura N°3.1 Sistema y Métodos de Explotación	49
Figura N°3.2 Se observa la relavera de la Compañía Corporación Minera Ananea sin canal de coronación.	53
Figura N°3.3 Se observa 5 tambores y varios quimbaletes ubicados dentro de las viviendas en la naciente de la cuenca alta del río Ramis zona minera Cerro Lunar	55
Figura N°3.4 Esquema del procesamiento del mineral – “A”	58
Figura N°4.1 En esta imagen se aprecia la alta turbidez del agua, que Discurre por el cauce del río Ramis, por presencia de los SST y SDT, también pasivos ambientales como desmontes	61

Figura N°4.2	Se observa pasivos ambientales en la zona minera Ananea	62
Figura N°4.3	Desmontes abandonados al borde del río Ramis localizados en Ananea cerca al punto de monitoreo N°3 en la cuenca del río Ramis.	63
Figura N°4.4	Local de comercialización del oro, ubicado en el pueblo de Ananea donde compran y venden oro y también realizan el proceso de refogado del amalgama	65
Figura N°4.5	Concentraciones promedio de mercurio Ananea-cooperativa Santiago (mcg/m ³) - Referencia Máximo de Aire Ocupacional (industrial) OMS: 20 mcg/m ³ Mercurio	65
Figura N°4.5.1	Concentraciones promedio de mercurio Ananea-cooperativa Santiago incluido en el local de refogado (mcg/m ³) – Referencia Máximo de Aire Ocupacional (industrial) OMS: 20 mcg/m ³ Mercurio	66
Figura N°4.6	En fondo la entrada a el pueblo de Ananea y a delante el impacto que está dejando la pequeña minería y minería informal, antes el suelo era lleno con flora y fauna	68
Figura N°4.7	Al fondo el rio Ramis, en la margen izquierda la población de Ananea y a lado derecho desmontes inestables	68
Figura N°4.8	Destrucción ecológica de la flora, fauna y el entorno paisajístico en la zona minera Ananea	70
Figura N°4.9	La fauna, caracterizado por camélidos, como las alpacas y el segundo punto de monitoreo localizado en la laguna rinconada	73
Figura N°4.10	Existencia de malformación que presenta esta cría: prueba del deterioro de la biodiversidad y consecuencia de la contaminación de seres vivientes	73
Figura N°4.11	Una niña toma el agua turbia contaminada por presencia de SST y SDT por la falta de control de efluentes cerca al pueblo de Ananea	76
Figura N°4.12	El río Ramis en la margen izquierda la población y desmontes después del tratamiento de minerales	79
Figura N°4.13	La población se ve afectada por la alta turbidez de las aguas	79
Figura N°4.14	Desmontes inestables y riesgos geodinámicos	81
Figura N°5.1	Punto de Monitoreo N°1	84
Figura N°5.2	Punto de Monitoreo N°2	85
Figura N°5.3	Punto de Monitoreo N°3	86
Figura N°5.4	Punto de Monitoreo N°4	87
Figura N°5.5	Ubicación de los puntos de monitoreo en vista satelital	87
Figura N°5.6	Comportamiento del pH punto de monitoreo C-1	92
Figura N°5.7	Comportamiento del Fe punto de monitoreo C-1	92
Figura N°5.8	Comportamiento del Cu punto de monitoreo C-1	93
Figura N°5.9	Comportamiento del Mn punto de monitoreo C-1	93
Figura N°5.10	Comportamiento de Pb Punto de Monitoreo C-1	94
Figura N°5.11	Comportamiento de Cd Punto de Monitoreo C-1	94
Figura N°5.12	Comportamiento del As punto de monitoreo C-1	95
Figura N°5.13	Comportamiento del Hg punto de monitoreo C-1	95

Figura N°5.14	Comportamiento del pH punto de monitoreo C-2	96
Figura N°5.15	Comportamiento del STS punto de monitoreo C-2	96
Figura N°5.16	Comportamiento del Pb punto de monitoreo C-2	97
Figura N°5.17	Comportamiento del Cd punto de monitoreo C-2	97
Figura N°5.18	Comportamiento del Hg, punto de monitoreo C-2	98
Figura N°5.19	Comportamiento del Fe punto de monitoreo C-3	99
Figura N°5.20	Comportamiento del Zn punto de monitoreo C-3	99
Figura N°5.21	Comportamiento del Cu punto de monitoreo C-3	100
Figura N°5.22	Comportamiento del Mn punto de monitoreo C-3	100
Figura N°5.23	Comportamiento del Pb punto de monitoreo C-3	101
Figura N°5.24	Comportamiento del Cd - punto de monitoreo C-3	101
Figura N°5.25	Comportamiento del As punto de monitoreo C-3	102
Figura N°5.26	Comportamiento del Hg para el monitoreo del año 1996–2010	102
Figura N°5.27	Comportamiento del pH punto de monitoreo C-4	103
Figura N°5.28	Comportamiento del Fe punto de monitoreo C-4	103
Figura N°5.29	Comportamiento del Mn punto de monitoreo C-4	104
Figura N°5.30	Comportamiento del Pb punto de monitoreo C-4	104
Figura N°5.31	Comportamiento del As punto de monitoreo C-4	105
Figura N°5.32	Comportamiento del Hg para el monitoreo del año 2010	105
Figura N°5.33	Carga Contaminante de Fe (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1	107
Figura N°5.34	Carga Contaminante de Zn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1	107
Figura N°5.35	Carga Contaminante de Cu (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1	108
Figura N°5.36	Carga Contaminante de Mn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1	108
Figura N°5.37	Carga Contaminante de Pb (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1	109
Figura N°5.38	Carga Contaminante de As (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1	110
Figura N°5.39	Carga Contaminante de Hg (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1	110
Figura N°5.40	Carga Contaminante de Fe (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3	111
Figura N°5.41	Carga Contaminante de Zn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3	112
Figura N°5.42	Carga Contaminante de Cu (Kg/día). Punto de Monitoreo C-3	112
Figura N°5.43	Carga Contaminante de Mn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3	113
Figura N°5.44	Carga Contaminante de Pb (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3	113
Figura N°5.45	Carga Contaminante de Cd (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3	114
Figura N°5.46	Carga Contaminante de As (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3	114
Figura N°5.47	Carga Contaminante de Hg (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3	115
Figura N°5.48	Carga Contaminante de Fe (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	116
Figura N°5.49	Carga Contaminante de Zn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	116
Figura N°5.50	Carga Contaminante de Cu (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	117
Figura N°5.51	Carga Contaminante de Mn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	117
Figura N°5.52	Carga Contaminante de Pb (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	117
Figura N°5.53	Carga Contaminante de Cd (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	118
Figura N°5.54	Carga Contaminante de As (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	118
Figura N°5.55	Carga Contaminante de Hg (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4	119
Figura N°5.56	Concentración de Zn ppm	120
Figura N°5.57	Concentración Cu ppm	121
Figura N°5.58	Concentración de Pb ppm	122
Figura N°5.59	Concentración de Cd ppm	123
Figura N°5.60	Concentración de As ppm	124

Figura N°5.61	Concentración de Hg ppm	125
FiguraN°6.1	Grafico que muestra las 3 alternativas para el tratamiento de agua en la cuenca del río Ramis	127
Figura N°6.2	Grafico general de la planta de tratamiento circuito cerrado	134
Figura N°6.3	Vistas estratégicas de la planta de tratamiento de circuito cerrado, Alternativa N°1 - Elaboración Propia	135
FiguraN°6.4	Vista de minado -Elaboración: Propia	135
FiguraN°6.5	Vista de las 4 pozas y pozas de lodos, Alternativa N°1- Elaboración: Propia	136
FiguraN°6.6	Planos dimensionados de la planta de tratamiento de circuito cerrado, Alternativa N°1 - Elaboración: Propia	136
Figura N°6.7	Grafico general de la planta de tratamiento circuito cerrado 3D, Alternativa N°1 - Elaboración: Propia	137
Figura N°6.8	Obsérvese el tratamiento del mineral, las canaletas que contiene las arenas negras con oro y al fondo en el lado izquierdo, la zona de Pozas de Lodo	141
Figura N°6.9	Se observa el proceso de recolección del concentrado de oro con el amalgama	141
Figura N°6.10	El tratamiento del mineral utilizando las canaletas que contiene las arenas negras con oro y las pozas de sedimentación	142
Figura N°6.11	Se observa primero la Poza N°1 Desarenador, luego la Poza N°2, Poza N° 3, Sedimentadores.	142
Figura N°6.12	Monitoreando en al ingreso de la Poza N° 2, Sedimentación	143
Figura N°6.13	Monitoreando al ingreso a la Poza N° 3, Sedimentación	143
Figura N°5.14	Una vista panorámica de las (4) pozas de sedimentación y las Pozas de lodo	144
Figura N°6.15	Monitoreando en la Poza de Sedimentación N° 4, llamada Clarificador, observándose agua clarificada y las bombas – mangueras de succión para retornar al proceso de producción, “Círculo Cerrado del Agua”	144
Figura N°6.16	Muestras de agua en frascos y sedimentos en bolsas Tomada en la Poza N° 1 del Desarenador y preparando la muestra para las pruebas de sedimentación en los laboratorios del IMMA-UNI y Laboratorio N°9 de la FIGMM	146
Figura N°6.17	Muestra tomada en la Poza N° 4 pruebas de sedimentación en los laboratorios del IMMA-UNI.	147
Figura N°6.18	Muestra dosificando el floculante MAGNAFLOG para incrementar las velocidad de de sedimentación en los laboratorios del IMMA-UNI	147
Figura N°6.19	Muestra finalizando el proceso de sedimentación. En los laboratorios del IMMA-UNI	148
FiguraN°6.20	Alternativa 2 por el método de pozas secuenciales-Diagrama de Flujo - Sistema de Tratamiento de Agua del Río Ramis.	159
Figura N°6.21	Imagen Satelital de la ubicación de la Presa B3	164
Figura N°6.22	Geología del área	167
Figura N°6.23	Secciones geológicas y Geotécnicas transversal en eje de Presa	167

Figura N°6.24	Ubicación de la Presa a construir. Vista panorámica desde aguas abajo hacia aguas arriba	168
Figura N°6.25	Dirección del río Grande o Ramis, zona de depresión geológica, desde aguas arriba hacia aguas abajo	168
Figura N°6.26	Desmontes producto de las actividades mineras	174
Figura N°6.27	Renivelación de desmontes y revegetación	175
Figura N°6.28	Esquema de revegetación de desmontes	176
Figura N°1 - Anexo N°1	Serie Histórica de Precipitación – Estación Ananea	
Figura N°3 - Anexo N°1	Serie Histórica de Precipitación – Estación Cuyocuyo	
Figura N°4 - Anexo N°1	Temperatura Media Mensual – Estación Ananea	
Figura N°5 - Anexo N°1	Temperatura Mínima Absoluta – Estación Ananea	
Figura N°6 - Anexo N°1	Temperatura Máxima Absoluta – Estación Ananea	
Figura N°7 - Anexo N°1	Variación de la Humedad Relativa (%) – Estación Ananea	
Figura N°8 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para Hg-H ₂ O	
Figura N°9 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para As-H ₂ O	
Figura N°10 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para Mn-H ₂ O	
Figura N°11 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para Cd-H ₂ O	
Figura N°12 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para Pb-H ₂ O	
Figura N°13 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para Cu-H ₂ O	
Figura N°14 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para Zn-H ₂ O	
Figura N°15 - Anexo N°3	Diagrama de Pourbaix para Fe-H ₂ O	
Figura N°16 - Anexo N°3	Resultado de análisis de agua de los 12 puntos de monitoreo en la cuenca del río Ramis	
Figura N°17 - Anexo N°3	Imagen Satelital N°1 - Aporte de sedimentos al lago Titicaca	

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla N°2.1	Superficie de la Cuenca del Ramis	17
Tabla N°2.2	Caudales Característicos en (m ³ /s)	19
Tabla N°2.3	Especie de Flora Silvestre	22
Tabla N°2.4	Avifauna Silvestre	23
Tabla N°2.5	Fauna Piscícola de Altiplano	23
Tabla N°2.6	Camélidos Sudamericanos	23
Tabla N°2.7	Mamíferos del Altiplano	24
Tabla N°2.8	Población de las Provincias del Departamento de Puno	26
Tabla N°2.9	Provincias por Área Geográfica del Departamento de Puno	27
Tabla N°2.10	Población del Área de Estudio	28
Tabla N°2.11	Población Proyectada al 2017- Departamento de Puno	28
Tabla N°2.12	Distritos de la Provincia San Antonio de Putina	29
Tabla N°2.13	Centro Poblado La Rinconada constituido por 16 barrios	32
Tabla N°2.14	Comunidades campesinas reconocidas del distrito de Ananea	34
Tabla N°2.15	Actividades Económicas en el Distrito de Ananea	36
Tabla N°2.16	Población del Distrito de Putina	38
Tabla N°2.17	Actividades Económicas en el Distrito de Putina	39
Tabla N°2.18	Distrito de Putina: Siembra Campaña 2010-11 Principales Cultivos (Ha.)	40
Tabla N°2.19	Distritos de la Provincia Carabaya	41
Tabla N°2.20	Comunidades campesinas reconocidas del distrito de Crucero	42
Tabla N°2.21	Población del Distrito de Crucero	43
Tabla N°2.22	D. Crucero: Siembra Campaña 2010-11 Principales Cultivos - (Ha.)	44
Tabla N°2.23	PEA en el AI	45
Tabla N°2.24	Canon minero Departamento de Puno	47
Tabla N°3.1	Reservas en el fluvioglacial – Ananea	54
Tabla N°3.2	Empresas Mineras en el Río Ramis	57
Tabla N°5.1	Resultados de análisis del agua en el Punto C-1	94
Tabla N°5.2	Resultados de análisis del agua en el Punto C-2	94
Tabla N°5.3	Resultados de análisis del agua en el Punto C-3	95
Tabla N°5.4	Resultados de análisis del agua en el Punto C-4	95
Tabla N°5.5	Puntos de Monitoreo de Sedimentos.	96
Tabla N°5.6	Resultados de Análisis de Sedimentos.	96
Tabla N°5.7	Análisis de Carga Contaminante en el cuerpo receptor C-1	113
Tabla N°5.8	Punto de Monitoreo C-3	117
Tabla N°5.9	Punto de Monitoreo C-4	122
Tabla N°5.10	Puntos de Monitoreo de Sedimento.	126
Tabla N°5.11	Resultados de Sedimentos.	127

Tabla N°5.12	Rangos Zinc	127
Tabla N°5.13	Rangos Cobre	128
Tabla N°5.14	Rangos Plomo	129
Tabla N°5.15	Rangos Cadmio	130
Tabla N°5.16	Rangos Arsénico	130
Tabla N°5.17	Rangos Mercurio	131
Tabla N°6.1	Resultados de calidad de agua del circuito cerrado del agua.	154
Tabla N°6.2	Pozas de Concreto	158
Tabla N°6.3	Pozas con Geomembrana	158
Tabla N°6.4	Poza de Tierra	159
Tabla N°6.5	Cronograma de obra de construcción del circuito cerrado del agua.	159
Tabla N°6.6	Resultados de Monitoreo- Noviembre 2010.	160
Tabla N°6.7	Criterios de diseño y su eficiencia.	160
Tabla N°6.8	Costos de inversión del sistema de tratamiento.	167
Tabla N°6.9	Costos operativos anuales del sistema de tratamiento.	168
Tabla N°6.10	Cronograma de actividades de ejecución de proyecto.	168
Tabla N°6.11	Alternativas para infraestructura y gestión administrativa.	174
Tabla N°6.12	Precios privados y precios sociales Presa “B3”	182
Tabla N°6.13	Cronograma de obra de la construcción de la presa de contención.	182
Tabla N°6.14	Cronograma de actividades de Remediación de desmontes	187
Tabla N°7.1	Análisis Cuantitativo del Costo Beneficio.	193
Tabla N°7.2	Análisis Cualitativo del Costo Beneficio.	194
Tabla N°7.3	Costo / Beneficio Cualitativo y Cuantitativo.	195
Tabla N°7.4	Análisis de Deterioro Ambiental Como Costo Beneficio.	197
Tabla N°1 - Anexo N°1	Resumen de Datos Meteorológicos de la Estación Climatológica Ananea	
Tabla N°2 - Anexo N°1	Valores de Precipitación Mensual en las Estaciones Meteorológicas con Influencia en la cuenca alta del Río Grande (Período 1964-2009)	
Tabla N°3 - Anexo N°1	Precipitación Total Mensual (mm) - Estación Ananea	
Tabla N°4 - Anexo N°1	Precipitación Total Mensual (mm) - Estación Putina	
Tabla N°5 - Anexo N°1	Precipitación Total Mensual (mm) - Estación Cuyocuyo	
Tabla N°6 - Anexo N°1	Temperatura Media Mensual °C - Estación Ananea	
Tabla N°7 - Anexo N°1	Temperatura Mínima Absoluta (°C) - Estación Ananea	
Tabla N°8 - Anexo N°1	Temperatura Máxima Absoluta (°C) - Estación Ananea	
Tabla N°9 - Anexo N°1	Humedad Relativa Mensual (%) - Estación Ananea	
Tabla N°10 - Anexo N°2	Resultados de calidad de suelos	
Tabla N°11 - Anexo N°2	Preservantes para la conservación de las muestras de agua y requerimientos del muestreo de campo	
Tabla N°12 - Anexo N°2	Limites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas D.S. N°010-2010-MINAM y Lista de residuos definidos como peligrosos D.S. N° 057-2004-PCM	
Tabla N°13 - Anexo N°2	Presupuesto de presa de tierra B3 - retención	

	de sedimentos en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea - Puno)
Tabla N°14 - Anexo N°2	Perfil de Retención de sedimentos mediante el emplazamiento de presas en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea - Puno) costos totales incrementales a precios privados
Tabla N°15 - Anexo N°2	Perfil de Retención de sedimentos mediante el emplazamiento de presas en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea - Puno) costos totales incrementales a precios sociales
Tabla N°16 - Anexo N°2	Perfil de Retención de sedimentos mediante el emplazamiento de presas en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea - Puno) flujo de caja a precios privados del proyecto
Tabla N°17 - Anexo N°2	Perfil de Retención de sedimentos mediante el emplazamiento de presas en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea - Puno) flujo de caja a precios sociales del proyecto
Tabla N°18 - Anexo N°2	Límite Máximo Permisible en sedimentos según la Tabla de Suecia
Tabla N°19 - Anexo N°2	Límite máximo permisible en sedimentos según la tabla holandesa
Tabla N°20 - Anexo N°2	Estándares referenciales de calidad de suelos entre ellas Norma Canadiense
Tabla N°21 - Anexo N°2	Valores máximo permisibles para suelos de uso industrial, vivienda y recreacional Canadiense
Tabla N°22 - Anexo N°4	Resultados de análisis de agua en 12 puntos de monitoreo de la cuenca del río Ramis.

ÍNDICE DE PLANOS

		Pág.
Plano N°5.1	Plano poza desarenador.	137
Plano N°5.2	Plano poza sedimentación primaria.	138
Plano N°5.3	Plano poza sedimentación secundaria.	138
Plano N°5.4	Plano poza clarificación de agua.	139
Plano N°5.5	Plano poza de lodos.	139
Plano N°5.6	Plano poza desarenador.	160
Plano N°5.7	Plano poza sedimentación.	160
Plano N°5.8	Plano poza clarificación de agua.	161
Plano N°5.9	Plano poza de lodos.	161
Plano N°5.10	Ubicación de la presa B3.	169
Plano N°5.11	Ubicación de la presa para la remediación del agua del rio Ramis.	170
Plano N°1 - Anexo N°4	Plano de Ubicación.	
Plano N°2 - Anexo N°4	Geológico.	
Plano N°3 - Anexo N°4	Geomorfológico.	
Plano N°4 - Anexo N°4	Hidrológico.	
Plano N°5 - Anexo N°4	Puntos de Monitoreo de agua y Sedimentación.A-3	
Plano N°6 - Anexo N°4	Puntos de Monitoreo de agua y Sedimentación.A-1	
Plano N°7 - Anexo N°4	Tres alternativas de remediación de la cuenca del río Ramis	
Plano N°8 - Anexo N°4	Ubicación de remediación de los desmontes	

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Cuenca alta del río Ramis, se halla ubicada entre los 4600 y 5200 msnm, geológicamente se caracteriza por mostrar ocurrencias de grandes depósitos fluvioglaciares con contenido de oro. El material de estos depósitos están constituidos por gravas angulosas a sub-redondeadas con una matriz de arenas gruesas a finas y sedimentos limo-arcillosos, en el mismo que se encuentran diseminadas las partículas de oro libre.

La distribución del oro en el depósito fluvioglacial es heterogénea, presentando formas irregulares a moderadamente achatadas y su granulometría varía de 0,1 mm a 2 cm.

En los trabajos de minado y transporte se emplean módulos conformados por cargadores frontales, camiones-volquetes, excavadoras y la concentración gravimétrica, complementado por un sistema de canaletas con mantas y “rifflería”, instalados en el entorno de la zona de operación.

Luego del lavado se obtiene grava de clastos mayores de 0,25 pulgadas, acondicionados, en forma de pilas con alturas hasta de 15 m; mientras que los sedimentos finos menores de 0,25 pulgadas constituyen los relaves (lamas) y son transportados como sólidos en suspensión directamente al curso de los ríos que

conformarán el río Ramis, y los elementos arcillosos se dispersan llegando al río Ramis, lagunas y nacientes de la cuenca hidrográfica, contaminando la cuenca media y baja del río Ramis.

El grado de concentración de contaminantes medidos en 1996, que fue el primer monitoreo, comparados con el segundo monitoreo del 2010 muestra un incremento, donde el recurso hídrico se ve afectado, sobrepasando los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA). Este incremento de SST, es la consecuencia de no haber realizado un previo estudio de recuperación del recurso hídrico alterado, producido por la intensa actividad minera artesanal e informal en la Zona Alta de la Cuenca del Río Ramis.

Es por ello que mediante este trabajo buscamos mitigar el recurso hídrico alterado por los altos niveles de SST, alta turbidez y metales pesados producto de la intensa actividad minera artesanal e informal en la Zona Alta de la Cuenca del Río Ramis, utilizando procesos de remediación ambiental, económicos y factibles de aplicar, para lograr el desarrollo sostenible de la parte media y baja de la Cuenca.

Para poder llevar a cabo el estudio de factibilidad de recuperación del recurso hídrico debemos identificar puntos claves como: las actividades mineras que producen impactos ambientales negativos sobre los ecosistemas de la Zona Alta de la Cuenca del Río Ramis, las zonas más críticas y vulnerables a la contaminación por la actividad minera y los parámetros de contaminación que influyen sobre la calidad del recurso hídrico.

Realizado las investigaciones y estudios podemos decir que en la cuenca alta del río Ramis, zona minera Ananea existen aproximadamente 2,500 operadores artesanales que realizan labores de explotación minera, que llegan a movilizar hasta

45,000 m³/día aproximadamente de material morrénico aurífero, actividad que es responsable de la contaminación del río Ramis.

Se realizaron monitoreos de agua y los análisis fueron realizados en los laboratorios del Instituto de Minería y Medio Ambiente y en el laboratorio de espectrometría de la FIGMM-UNI, que determinaron los elementos y sus niveles de concentración de metales. En Noviembre de 2010 se realizó el último monitoreo del área de estudio, de los metales como Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, Mn y As, cuyos resultados fueron de mucha importancia para la evaluación e interpretación ambiental. Los contaminantes como el Hg, As y los sólidos suspendidos debido a sus condiciones de movilidad alcanzan grandes distancias aguas abajo de la zona de operación, generando impactos sobre la flora, fauna y comunidades, por lo cual, este trabajo de investigación, en base a la evaluación ambiental de la cuenca hidrográfica, establece programas de remediación ambiental, a fin de lograr al final el desarrollo sostenible de la cuenca hidrográfica mencionada.

Por ello se demanda una fuerte necesidad de ejecutar programas de remediación medioambiental en el corto y mediano plazo.

1.1. PROBLEMÁTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los problemas existentes de contaminación en la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Ramis, se derivan principalmente por la actividad realizada por los mineros informales, cuya consecuencia es la existencia de sólidos suspendidos totales (SST) y metales pesados, desde las zonas de alteración y explotaciones mineras de gran altitud (naciente de la cuenca del río Ramis), como en los sectores de La Rinconada, Cerro Lunar y Ananea.

Como parte del proceso metalúrgico, la amalgamación con mercurio y la posterior volatilización del mismo es uno de los principales responsables del impacto ambiental. Este tipo de actividad informal implica la acumulación de relaves en los lechos de los pequeños cauces de agua que drenan en dirección a la Laguna Rinconada, así como la potencial inhalación de mercurio durante el refogado de la amalgama.

La mayoría de la población se encuentra involucrada directa o indirectamente en la actividad relacionada a la minería informal. En la cuenca alta situada en la naciente de la cuenca Rinconada y Cerro Lunar, las áreas que son explotadas por los mineros artesanales en los lavaderos de oro que se encuentran dentro de las antiguas concesiones de la Ex - Minero Perú (Proyecto San Antonio de Poto), en la zona de Pampa Blanca y Vizcachani, que en total suman 7,120Ha, con reservas minerales de 89,38 MM m³, ley 0,33 g/ m³ y profundidad hasta de 30 m, mientras que en la zona de Chaquiminas suman 2 000Ha, con reservas minerales de 14,68 MM m³, ley 0,31 g/m³ y profundidad de 15m, todas las zonas representan un total de 9,120Ha (PNUD, 1990).

La explotación en la mina se realiza por medio de labores subterráneas, las cuales van desde el tipo artesanal con picota hasta algunas con equipos de perforación mecanizados sólo en la zona de la naciente de la cuenca, en el resto de la cuenca la explotación es a tajo abierto, procesando el mineral por gravedad y con chutes utilizando mercurio (Hg), cuyo elemento tóxico confluye a las diferentes áreas del entorno de las zonas mineras explotadas, con la consiguiente contaminación de la cuenca del río Ramis, esto se ha producido por el nulo control de los insumos contaminantes utilizados en la producción minera.

1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la vertiente del Lago Titicaca, de los 103 millones de m³ de agua que se consumen en esta vertiente, la mayoría es para fines de uso agrícola (69%), poblacional (17%) y pecuario (2,2%). Específicamente en la parte alta de la cuenca del río Ramis, la cual se encuentra afectada por la actividad minería artesanal e informal, generando con ello la escasez y abandono de la actividad agrícola y ganadera en el área.

Debido al aumento de la práctica de la minería informal en el área los sectores de Ananea, Cerro Lunar y La Rinconada, se han ido disminuyendo cada vez las zonas de terreno agrícola, así como por un incontrolable manejo de residuos sólidos, contaminación del agua, contaminación del aire, contaminación de suelos, eliminación de la flora y fauna acuática en el entorno del río Ramis, por tanto afectando negativamente a la biodiversidad.

Las comunidades y pobladores del entorno de la cuenca carecen de agua potable y sistemas de redes de desagüe y alcantarillado, a su vez en dichos centros poblacionales existen botaderos informales y a cielo abierto de residuos sólidos, estos residuos son quemados y en su mayoría al estar en contacto con el ambiente éstos se descomponen generando así la contaminación microbiológica, creando y aumentando los focos infecciosos que afectan y dañan la salud del poblador ribereño.

La cuenca baja del río Ramis a través de los años se ha ido deteriorando, debido a las diferentes actividades y daños causados por la minería artesanal e informal, siendo por ello que el poblador ribereño cada vez avance o acelere hacia la transformación del agro a lo urbano y urbano-marginal, sumado a la

ausencia de planificación urbana, se ha venido degenerando y deteriorando los ecosistemas naturales de su entorno.

1.3. OBJETIVO

1.3.1. Objetivo General

Estudiar la factibilidad de recuperación del recurso hídrico alterado por los altos niveles de SST, alta turbidez y metales pesados producto de la intensa actividad minera artesanal e informal en la Zona Alta de la Cuenca del Río Ramis, utilizando procesos de remediación ambiental, económicos y factibles de aplicar, para lograr el desarrollo sostenible de la parte media y baja de la Cuenca.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar las actividades mineras que generan y/o producen impactos ambientales negativos sobre los ecosistemas de la Zona Alta de la Cuenca del Río Ramis.
- b. Identificar las zonas más críticas y vulnerables a la contaminación por la actividad minera.
- c. Identificar los parámetros de contaminación que influyen sobre la calidad del recurso hídrico.
- d. Proponer programas adecuados para la mitigación y remediación ambiental, con la consiguiente recuperación del recurso hídrico en la Cuenca Alta del Río Ramis.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1. ÁMBITO DEL ESTUDIO

El área de la zona de estudio ambiental y socio-económico se encuentra localizada en la Región Puno, en la cuenca del río Ramis, correspondiente a la zona de la franja ribereña de la Cuenca Alta del río Ramis (desde el distrito de la Rinconada hasta el distrito de Crucero).

Dicho ámbito de estudio comprende a los centros poblados ubicados en el entorno del río Ramis, considerando su margen derecha y margen izquierda, de tal manera que se relaciona a la calidad de vida del poblador y a los impactos ambientales existentes en el entorno en que vive.

El presente estudio abarca a la población ribereña que se encuentran localizados en la zona de influencia del río Ramis, como comunidades campesinas, cooperativas (CECOMSAP) dedicadas a la ganadería y agricultura y en la parte alta se dedican masivamente a la minería artesanal. El área de estudio está comprendida entre las cotas 4100 msnm a más de 5000 msnm (aproximadamente hasta los nevados de Ananea).

El Río Ramis tiene sus nacientes en el entorno del Cerro Lunar y La Rinconada siendo la parte más alta de los distritos de San Antonio de Putina,

Ananea y Crucero. La cuenca media: Antauta, Asillo, Azángaro y su desembocadura en el Lago Titicaca a una altitud de 3800 msnm, las mismas que se encuentran impactadas por la contaminación producto de las actividades mineras artesanales e informales.

2.2. COMPONENTES AMBIENTALES

2.2.1. Descripción del medio físico

El área de estudio comprende la zona de emplazamiento de la cuenca Alta del río Ramis. La naciente de este Río está ubicada en las zonas mineras La Rinconada, Cerro Lunar, áreas de las ex concesiones de San Antonio de Poto (Minero Perú), en dicha zona toma el nombre de río Grande. Ver Plano N°1 en el Anexo 4 (plano de ubicación y accesibilidad).

2.3. GEOLOGÍA

2.3.1. Estratigrafía

La geología del entorno del área de estudio está constituida por rocas que van desde el Ordovício Superior hasta el Cuaternario. En la misma que se distinguen las siguientes unidades: el Paleozoico inferior que está constituido por lutitas-arenosas; el Paleozoico Superior por areniscas, lutitas, carbonatos y el Cretáceo que está constituido por conglomerados, areniscas, lutitas y en menor proporción, carbonatos; el Neógeno está constituido por areniscas, lutitas y derrames de ignimbritas y el Cuaternario, compuesto por depósitos de conglomerados, areniscas y lodolitas. Ver Plano N°2 en el Anexo 4 (plano Geológico regional).

La estratigrafía regional y local del área de estudio, está descrito en la columna estratigráfica adjunta Figura N°2.1 (Fuente: INGEMMET).

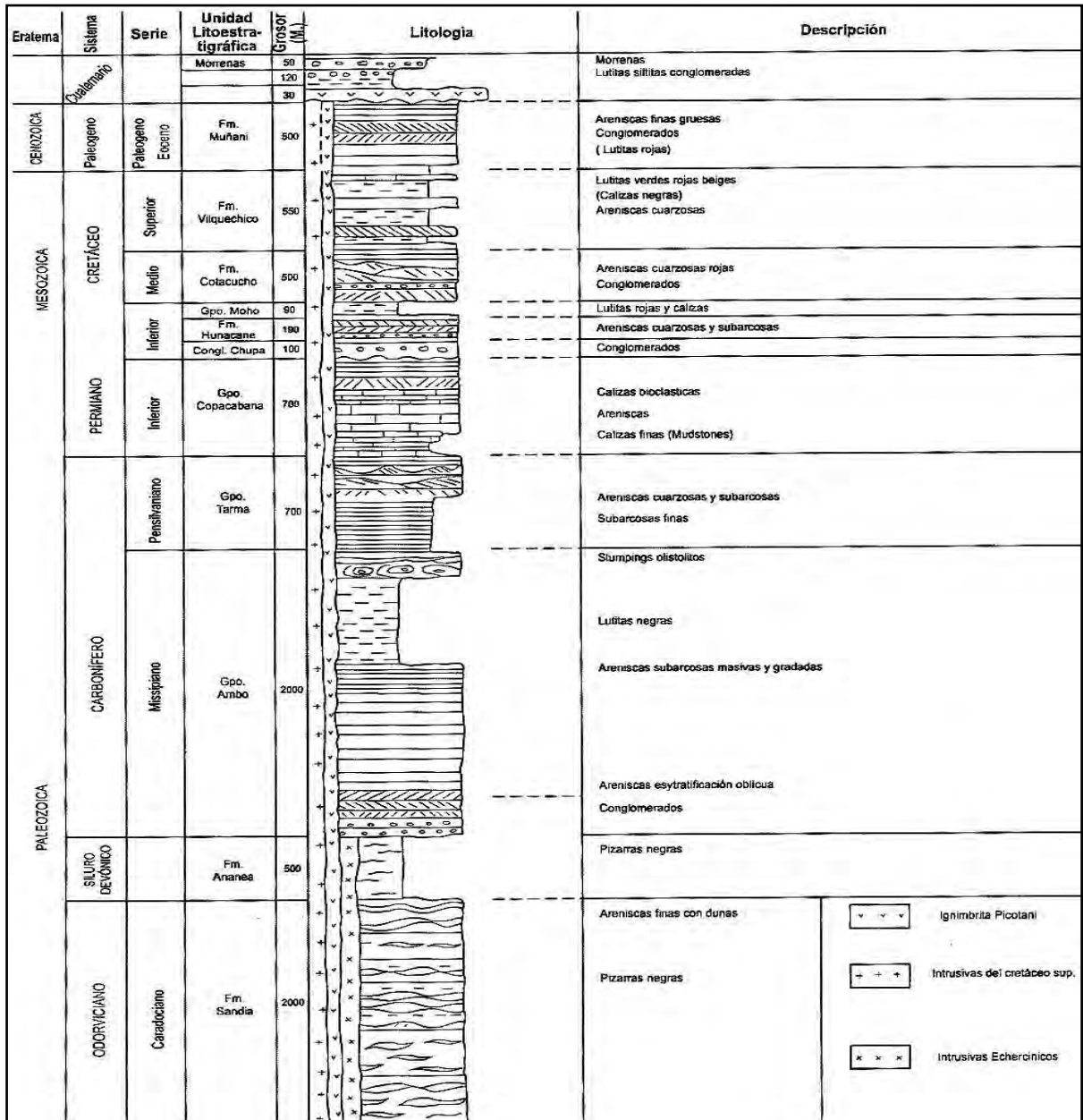


Figura N°2.1 Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Putina y La Rinconada

Paleozoico Inferior

Formación Sandia: La formación Sandia, es la unidad lito estratigráfica más

antigua del Paleozoico en los cuadrángulos de Putina y la Rinconada, con un espesor aproximado de 3000m y constituida por una secuencia detrítica de cuarcitas, entrelazadas con niveles de pizarras negras.

Formación Ananea: Está constituida por una gruesa secuencia de esquistos Epimetamórfico. La litología de esta formación corresponde a una homogénea y monótona sucesión de pizarras en paquetes de 20 hasta 80 cm. Un fallamiento inverso muestra a la formación Sandia sobre la formación Ananea.

Paleozoico Superior

Regionalmente está constituido por tres grupos: Ambo (Misissipiano), Tarma (Pensilvaniano) y Copacabana (Permiano Inferior), que tienen similar gradación. El Grupo Copacabana está compuesto por calizas, areniscas y lutitas de colores violáceos y algo rojizos hacia la parte superior.

Cretáceo

El Cretáceo descansa en discordancia angular sobre el Paleozoico Superior a través de un conglomerado en la base: Formación Muni, Formación Huancané, Formación Vilquechico, Formación Muñani, Formación Picotani, Formación Arco Aja y Formación Azángaro.

Intrusivos Graníticos

En las áreas más elevadas de la cordillera Oriental afloran cuerpos graníticos del Permo-Triásico indiferenciado, cortando las pizarras de la formación Ananea. Estos cuerpos son probablemente apófisis del batolito, la mineralización aurífera de los filones de la formación, así como los indicios filoneanos de mineralización de estaño, Wolframio y bismuto, presentan relación con los intrusivos graníticos del Hercínico.

Depósitos Cuaternarios

Los depósitos cuaternarios en el área de estudio se encuentran distribuidos en las depresiones de Carabaya e Ichupalla y valles como el de Putina.

Depósitos Morrénicos

Estos depósitos se encuentran en ambas márgenes de la depresión del Carabaya y continúan en la depresión de Trapiche. El material se compone de clastos angulosos sin ningún arreglo, dispersos en una matriz limo-arcillosa-arenosa. En estos depósitos existen variaciones en la composición litológica de los clastos, dependiendo de su lugar de origen. Los depósitos morrénicos tienen importancia económica debido a su contenido de los depósitos de placeres auríferos, por lo que presentan valores comerciales, especialmente las morrenas provenientes de la cordillera Oriental.

2.3.2. Geología Económica

La mineralización de los materiales de arrastre depositados en la cuenca alta del río Ramis y sus tributarios, están constituidos por partículas detríticas de oro libre adheridas a los cantos rodados y dispersos en la matriz areno arcillosa de los materiales depositados en las terrazas laterales de la cuenca alta del río Ramis.

Mineralización en los depósitos fluviales

Los depósitos fluviales se encuentran generalmente a lo largo del cauce del río Carabaya-Ramis y de sus tributarios en la parte alta. A diferencia de los depósitos glaciares, la distribución espacial del oro se realiza fundamentalmente a través de los ejes de los paleocanales y canales actuales, asimismo, las áreas de

influencia tienen direcciones diferentes. Por otro lado, como es frecuente en este tipo de depósito, las mayores concentraciones de oro se presentan en:

- La base de los lentes o bancos de grava arenosa o arena gruesa.
- Las zonas de cambios bruscos de pendiente.
- Las curvaturas internas de los canales y paleocanales, barras en Punta.
- Conos de deyección de los afluentes del Carabaya-Ramis.
- La confluencia de pequeños ríos o cursos de agua.

Así, los sedimentos provenientes de la Cordillera Oriental poseen oro en tenores que superan $0,1 \text{ g/m}^3$ y alcanzan en varios sectores valores de $0,3$ a $0,5 \text{ g/m}^3$ (depósitos económicos); además tienen casiterita, Wolframita y sulfuros de Fe y Cu como minerales accesorios.

Procesos de dispersión y concentración del oro en Ananea

Durante el Cuaternario ocurrieron varias glaciaciones que erosionaron las rocas existentes en el flanco oeste de la cordillera Oriental, comprendida en las latitudes de los antiguos derechos especiales de Ananea (aproximadamente 40 km de longitud). Los procesos de glaciación arrancaron y transportaron el material rocoso de la formación Ananea, y lo depositaron en el valle de Carabaya bajo la forma de las morrenas que conocemos actualmente.

2.3.3. Relieve

El relieve se caracteriza en general por presentar una zona de valle, lecho de río pedregoso de la cuenca, de pendiente moderada, por lo que se producen inundaciones en épocas de avenidas. Existe cobertura vegetal (80%) con predominio de gramíneas y arbustos por la humedad.

2.3.4. Fisiografía

La fisiografía del área de la cuenca del río Carabaya-Ramis ha sido definida por los movimientos tectónicos que lo han afectado a lo largo de todos los ciclos orogénicos. Particularmente la región del altiplano ha sufrido una evolución estructural reciente, con fenómenos de levantamiento y vulcanismo.

2.3.5. Geomorfología

El estudio geomorfológico consiste en la evaluación de los diferentes componentes y procesos que existen en el ecosistema o ámbito de influencia del área en estudio, en la cual existen unidades geomorfológicas muy variables, producidas por agentes geotectónicos, depositacionales y erosivos, ocurridos a lo largo de la historia geológica del ámbito en estudio. Ver Plano N°3 en el anexo N°4 (plano geomorfológico).

2.3.5.1. Unidades Geomorfológicas

Dentro del ámbito del proyecto se ha identificado las Planicies.

Planicies: Son ambientes amplios cuya depresión es originado por procesos orogénicos y denudación. Presenta una morfología plana debido a la influencia sucesiva de la actividad fluvial y glacial. Está constituido por:

- **Terraza Fluvial:** Es una geoforma de superficie plana y de origen fluvial, se encuentra limitando el cauce fluvial de los ríos que integran la cuenca del Ramis y que están en el área de influencia del estudio, pudiendo mencionar entre los principales al río Azángaro.
- **Superficies Plano – Onduladas:** Constituyen superficies planas inclinadas

ubicadas en la base de las laderas con pendientes moderadas, compuestas por una interestratificación de cantos rodados, gravas y arenas con limos.

- **Valle Fluvio–Glacial:** Esta unidad geomorfológica se caracteriza por su topografía de plana a ondulada, cuya diferenciación tanto de origen como de forma está dada por el relieve.
- **Colinas:** Son unidades cuya altura se encuentra entre los 80 y 300 msnm, se caracterizan por tener pendientes de moderadas a empinadas, entre 15% y 50% y con algunos procesos erosivos en sus laderas. .
- **Montañas:** Esta unidad geomorfológica se encuentra conformada por montañas, que en su mayor parte sobrepasan los 300 msnm, se encuentra constituida por rocas sedimentarias meteorizadas, cuya litología dominante es la arenisca que presentan poco estabilidad.

2.3.5.2. Características Geomorfológicas de la Cuenca del Río Ramis

En el área de estudio se ha identificado las siguientes unidades características de la Cuenca y subcuencas que en la actualidad se distinguen en:

Pre-Cordillera de Carabaya: Esta sub-unidad está al Suroeste del valle del río Grande y sus límites se extienden fuera de la zona de estudio. La Pre–Cordillera se orienta de SE-NO y se caracteriza porque las colinas tienen perfiles redondeados, cuyas crestas están entre 4400 - 4800 msnm y algunos superan los 5000 msnm.

Depresión longitudinal del Crucero Ananea–Cojata: Esta sub-unidad coincide con la cuenca superior del valle del río Grande. Este relieve está orientado de sureste a noroeste y por su parte central discurre el río con un cauce

muy amplio.

2.3.5.3. Clima y Meteorología

El estudio climatológico tiene por finalidad de identificar, describir y evaluar los tipos de climas existentes en la zona que comprende la cuenca alta del río Ramis, en el área de estudio. El clima es uno de los factores que condicionan la producción del recurso hídrico en la cuenca de estudio.

Se ha recopilado información meteorológica de las Estaciones Ananea, Cuyo Cuyo y Putina por su ubicación geográfica y cercanía a la cuenca de interés. Ver Tabla N°1 de anexo N°1.

Clasificación de los Climats en la Cuenca Alta del Río Ramis

Claramente se establece en la zona de estudio dos tipos de clima: Clima Frío Normal y Clima Frío Glacial.

Clima Frío Normal

Corresponde a la zona de Putina, Toco-Toco y Trapiche. El período seco va de abril a noviembre y se caracteriza con un clima frío, principalmente por la noche, con descensos de temperatura muy fuerte que llegan hasta -10°C y favorecen las heladas. Ver Figura N°2.2.



Figura N°2.2 Se observa la Cuenca Alta del río Ramis- La Rinconada y Ananea

2.3.6. Hidrología

Las precipitaciones totales que presenta la cuenca del Ramis tienen un promedio anual de 715 mm y se distribuyen de manera desigual durante el año produciéndose las mayores precipitaciones en los meses de noviembre a abril. El caudal medio anual del río Ramis según la estación hidrométrica de Saman (Puente Ramis), cuenca baja del río Ramis es de 71.44 m³/s, variando de 148 m³/s en el mes de marzo a 6.4 m³/s para el mes de setiembre y en la cuenca alta de 0.734m³/s a 1.462m³/s.

El coeficiente medio anual de escorrentía para la cuenca es de 0.23, resultando un caudal específico de 4.85 l/s/ km²¹. Ver Planos N°4 de red hidrográfica y plano N°5 Plano hidrográfico en anexo N°4.

¹ Estudio Integral de Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ramis, Ministerio de Agricultura, 2003.

2.3.6.1. Características generales de la cuenca del río Ramis

Ubicación: La cuenca del río Ramis, la más extensa e importante del sistema fluvial del Lago Titicaca, se encuentra ubicada en la alta cordillera de la meseta del altiplano (Collao), extendiéndose desde los 3,810 msnm, hasta un poco más de 5,600 msnm.

Geográficamente se desarrolla entre los paralelos 14°03' y 15°24' de Latitud Sur, y los meridianos 71°07' y 69°34' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Limita por el Norte con la cuenca del río Inambari, por el Sur con la del río Coata y Lago Titicaca, por el Este con las de los ríos Huancané y Suches, y por el Oeste con la del río Vilcanota.

Superficie: La cuenca del río Ramis tiene 2 ríos formadores, el Ayaviri y el Azángaro, con sus respectivos afluentes secundarios.

Según el diagnóstico de la cuenca del río Ramis, realizado por el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (2003), la extensión total del sistema es de 14,994.0 Km². Ver Tabla N°2.1

Tabla N°2.1 Superficie de la Cuenca del Ramis

Subcuenca	Superficie (Km ²)
Propia del Río Ramis	599.5
Río Llallymayo	1,1943
Río Ayaviri	4,384.2
Río Azángaro	4,848.6
Río Carabaya	3,967.4
Total	14,994.0

Fuente: Diagnóstico de la Cuenca de Río Ramis, 2003. PRONAMACHCS

Río Azángaro: Formador del río Ramis por su margen izquierda. Nace de la

unión de los ríos Nuñoa y Carabaya, aproximadamente a 7 km, al noreste de Asillo a una altura de 3,900 msnm. A partir de esta unión, luego de un recorrido de 76 km, en la cual recibe aguas de las lagunas de Jalla pise por su margen derecha y de Turupampa y Sutunda por su izquierda, además de las lagunas del pequeño río San José, se une con el Ayaviri para formar el río Ramis. Presenta una pendiente promedio del orden de 0.0006.

Río Carabaya: Principal afluente y formador del río Azángaro, nace en la cota 4,800 msnm, cerca de la localidad de Pato, al pie de los nevados de Ananea; su longitud es de 122 km, su pendiente promedio es de 0.00075, hasta su confluencia con el río Nuñoa.

Recorrido del río Ramis: Éste adopta el nombre Ramis en la confluencia de los ríos Ayaviri y Azángaro en la localidad de Achaya.

El río Ramis se conoce con el nombre de río Carabaya en el curso alto, Azángaro en el medio y Ramis en el bajo. Se origina en la laguna Nina Ccacahua a 4,750 m de altitud, de 4 km al NW de la población de la Rinconada, entre las vertientes de los nevados de Corhuari, Vilacota y Ananea, en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina. Tiene una longitud de 321 km, una cuenca de 9,361 km², incluyendo el propio Ramis que asciende a 1,000km².

Los principales ríos tributarios que forman parte del Área de Estudio (Entre los puntos de monitoreo C-1 al C-4), son los siguientes:

Margen Derecha: Río Inambari

Margen Izquierda: Río Quellhuani, Río Moyocancha, Río Jelocata, Río Lizani, Río Tranquila, Río Angostura, Río Chacune, Río Acone, Río Picotan.

2.3.6.2. Descargas del río Ramis

Descargas Medias: Según SENAMHI y de acuerdo con las observaciones realizadas en los últimos 30 años, el volumen de descarga en la cuenca del río Ramis alcanza los 78.40 m³/s. La descarga media máxima se presentó en 1962 con 111.26 m³/s, mientras que la mínima, en 1967 fue de 41.11 m³/s. La mayor descarga es en febrero con un promedio de 227.44 m³/s. Seguido de marzo con 222.18 m³/s, enero con 185.49 m³/s; mientras que los más secos, son septiembre con 9.56 m³/s, y agosto con 11.78 m³/s.

2.3.7. Recurso Hídrico

Las aguas superficiales provenientes de la cuenca alta del río Ramis de los deshielos de los nevados y las subterráneas (acuíferos) que afloran como filtraciones a través de manantiales, puquíos y drenes, ubicados en los alrededores conforman los recursos hídricos más importantes de la zona, empleados principalmente para la agricultura, aunque la mayoría se ha ido perdiendo por acción del proceso de urbanización de esa área.

El problema del agua está en el uso y la administración deficiente que no permite un manejo sostenible y de uso equitativo del recurso. Ver Tabla N°2.1

Tabla N°2.2 Caudales Característicos en (m³/s)

Río	Q° Mínimo	Q° Medio	Q° Máximo
Ramis cuenca alta	0,734	1,162	1,462
Ramis cuenca baja	37,08	76,52	122,22

2.3.8. Hidrogeología

Los factores que controlan las condiciones hidrogeológicas de un medio

geológico son: las unidades de roca y suelo, donde se acumula el agua y el recurso hídrico que lo recarga.

Acuíferos: Es el medio donde se almacena el agua subterránea. En forma general se puede diferenciar dos tipos de acuíferos, relacionados con el basamento rocoso y los depósitos de superficie.

Recarga: Los factores para la recarga de un acuífero son: precipitaciones pluviales, escorrentía superficial, morfología del terreno, presencia de vegetaciones, porosidad y permeabilidad del terreno, etc. El aporte hídrico es básico para la recarga del acuífero. En el área del estudio, el recurso hídrico está presente en forma de precipitaciones, glaciales, lagunas y escorrentías; por lo tanto existe suficiente aporte hídrico para saturar los depósitos. La precipitación promedio anual es de 700 mm/año.

2.3.9. Geodinámica

Se entiende por geodinámica a aquellos procesos de transformación química o física que pueden ser endógenos o exógenos, producidos interrumidamente sobre la corteza terrestre modificando su estructura y morfología por lo que el paisaje observado está en un constante cambio, estos cambios son fenómenos que operan en períodos de escala geocronológica.

La ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa, es moderada y la afectación de la cuenca estudiada es controlable, siendo su topografía suave moderada, en el curso de la cuenca existiendo terrazas de material suelto aluvional de origen fluvial de arrastre, al reactivarse la geodinámica externa, en épocas de precipitación pluvial, que se producen entre los meses de octubre a

marzo.

Geodinámica Externa: La geodinámica externa es un proceso exógeno, que se produce sobre la corteza terrestre y son procesos que afectan la topografía modelando el terreno con intervención de los procesos físico-químico, geomecánico, etc. Se debe considerar que para que se generen estos procesos se considera la energía que viene del exterior (Sol). Este concepto alude a todos aquellos fenómenos de transformación física y química que operan ininterrumpidamente en la parte superior o externa de la corteza terrestre.

2.4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO

2.4.1. Flora

La vegetación existente es variada, según los pisos altitudinales, condiciones climáticas y topografía, la composición florística está caracterizada por la presencia de especies arbóreas, arbustivas, predominando la vegetación herbácea con asociaciones conspicuas denominadas pastizales.

Se observa un predominio de las plantas forrajeras destacando las familias de las gramíneas, leguminosas, ciperáceas, juncáceas entre otras, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N°2.3 Especie de Flora Silvestre

TIPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
ARBOREA	Queñua	Polylepis bessire
	Colle	Buddjelia incana
	Colle	Buddjelia coreacea
	Tara	Caesalpinia spinosa
	Molle	Schinus molle
	Puya de Raimondy	Puya raimondi
	Sauco	Sambucus peruviana
	Aliso	Alnus acuminata
	Chachacomo	Escallonia resinosa
Sauce	Salís chillensis	
ARBUSTIVA	T'ula	Baccharis tricuneata
	T'anta T'ula	Paraqstrephia lepidophyla
	Yuraq T'ula	Chersodoma jodopappa
	Carrizo	
	Cortadera	Cortaderia nudiusculata
	Cantuta	Cantua buxifolia Juss
	Muña	Satureja boliviana
	Mutuy	Senna multiglandulosa

2.4.2. Fauna

Las aves, residentes y migratorias, constituyen la fauna más atractiva de la zona. Se encuentran más de 60 especies, entre las que destacan el zambullidor del Titicaca (*Centropelmamicropterum*), el Yanavico (*Plegadisridgwayi*), el cormorán (*Phalacrocoraxolivaceus*) y el totorero (*Phleocryptesmelanops*). Como representantes de las familias residentes existen patos (*Anatidae*) y chocas (*Rallidae*), mientras que de las familias migratorias se encuentran chorlos (*Charadriidae*), playeros (*Scolopacidae*) y flamencos (*Phoenicopte-ridae*). Existen cuatro diferentes familias de peces y sólo del género *Orestias* se han identificado 40 especies. Podemos mencionar a las especies nativas como carachis (*Orestiaspp.*) y suche (*Trychomicterusrivulatum*). Se detallan algunos datos en las tablas siguientes:

Tabla N°2.4 Avifauna Silvestre

GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
AVES TERRESTRES		
Pterocnemia	pennata	Suri
Tinamotis	pentlandii	Kuala, kivio
Nothura	maculosa	Kori lluth'o
Nothoprocta	ornata	P'esacca
Nothoprocta	pentlandii	Lluth'o
Vultur	gryphus	Condor
Falco	sparverius	Cernícalo
Falco	femorialis	Halcón común
Falco	peregrinus	Halcón real
Falco	albogularis	Alccamari, Marianito
Buteo	poecilochrous	Aguilucho cordillerano
Circus	cinereus	Gavilán de campo
Buteo	albonotatus	Aguilucho cola rayada
Parabuteo	unicinctus	Gavilán oscuro acanelado
Chondrohierax	uncinatus	Gavilán pico ganchudo
Oreopholus	ruficollis	Chorlo
Pluvialis	dominica	Chorlo dorado
Vanellus	resplendens	Centinela, leque leque
Zenaidura	auriculata	Madrugadora
Zenaida	asiatica	Cuculí
Metriopelia	melanopectera	Tortola cordillerana
Columba	maculosa	Paloma doméstica
Gymnopenia	ceciliae	Curucuta, cascabelita
Bolborhynchus	aurifrons	Perico cordillerano
Tyto	alba	Lechuza
Bubo	virginianus	Lechuzón orejado
Speotyto	cunicularia	Lechuza pequeña
Oreotrochylus	estella	Picaflor cordillerano
Colibri	coruscans	Picaflor azul
Metallura	phoebe	Picaflor
Petrochelidon	andecola	Golondrina andina

Tabla N°2.5 Fauna Piscícola de Altiplano

Nombre común	Nombre científico
Especies introducidas	
Pejerrey	Basilichtys bonariensis
Trucha arco iris	Salmón gairdneri
Trucha marrón	Salmón trutta
Trucha salmón	Salvelinus narnaycush
Trucha arroyo	Salvenius fontinalis

Tabla N°2.6 Camélidos Sudamericanos

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Llama	Lama glama
Alpaca	Lama pacos
Guanaco	Lama guanicoe
Vicuña	Vicugna vicugna

Tabla N°2.7 Mamíferos del Altiplano

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Zorro colorado	<i>Dusicyon culpacus</i>
Zorrino	<i>Canepatus rex rex</i>
Zorro común	<i>Dusicyon culpacus andinos</i>
Ratón de campo	<i>Phyllotis osilae</i>
Poroncoy, cuy silvestre	<i>Cavia tschundii</i>
Vicuña	<i>Vicugna vicugna</i>
Taruka	<i>Hippocamelus atisensis</i>
Ratón de campo	<i>Pumomys lemmingus</i>
Murciélago común	<i>Anoura geoffroyi</i>
Ratón de campo	<i>Eligmodontia puerulus</i>
Ratón de campo	<i>Oecomys bicolor</i>
Tocoro tucú tucú	<i>Ctemomys peruvianus</i>
Rata chinchilla	<i>Abrocoma cinerea</i>
Chinchilla real	<i>Chinchilla brevicaudata</i>
Vizcacha	<i>Lagidium punensis</i>
Cuy silvestre	<i>Cavia cutlerii</i>
Catay, comadreja	<i>Mustela frenata agilis</i>
Venado gris de cola blanca	<i>Odocoileus peruvianus</i>
Puma	<i>Felis concolor</i>
Gato de los pajonales	<i>Felis jacobita</i>

2.5. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

2.5.1. Ubicación

El área de estudio está ubicado al norte del lago Titicaca y comprende la cuenca alta del río Ramis en el departamento de Puno que se encuentra situado en el altiplano entre los 3,812 y 5,500 msnm, su capital es Puno, se localiza a una altitud de 3,818 msnm y está ubicada a orillas del Lago Titicaca, su extensión es de 71,999 km².

La región Puno se encuentra localizado en la sierra del sudeste del país a 13°66'00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, sus límites son: Por el Sur: con la región Tacna, por el Este: con la República de Bolivia, por el Oeste: con las regiones de Cusco, Arequipa y Moquegua. Ver Figura N°2.4.

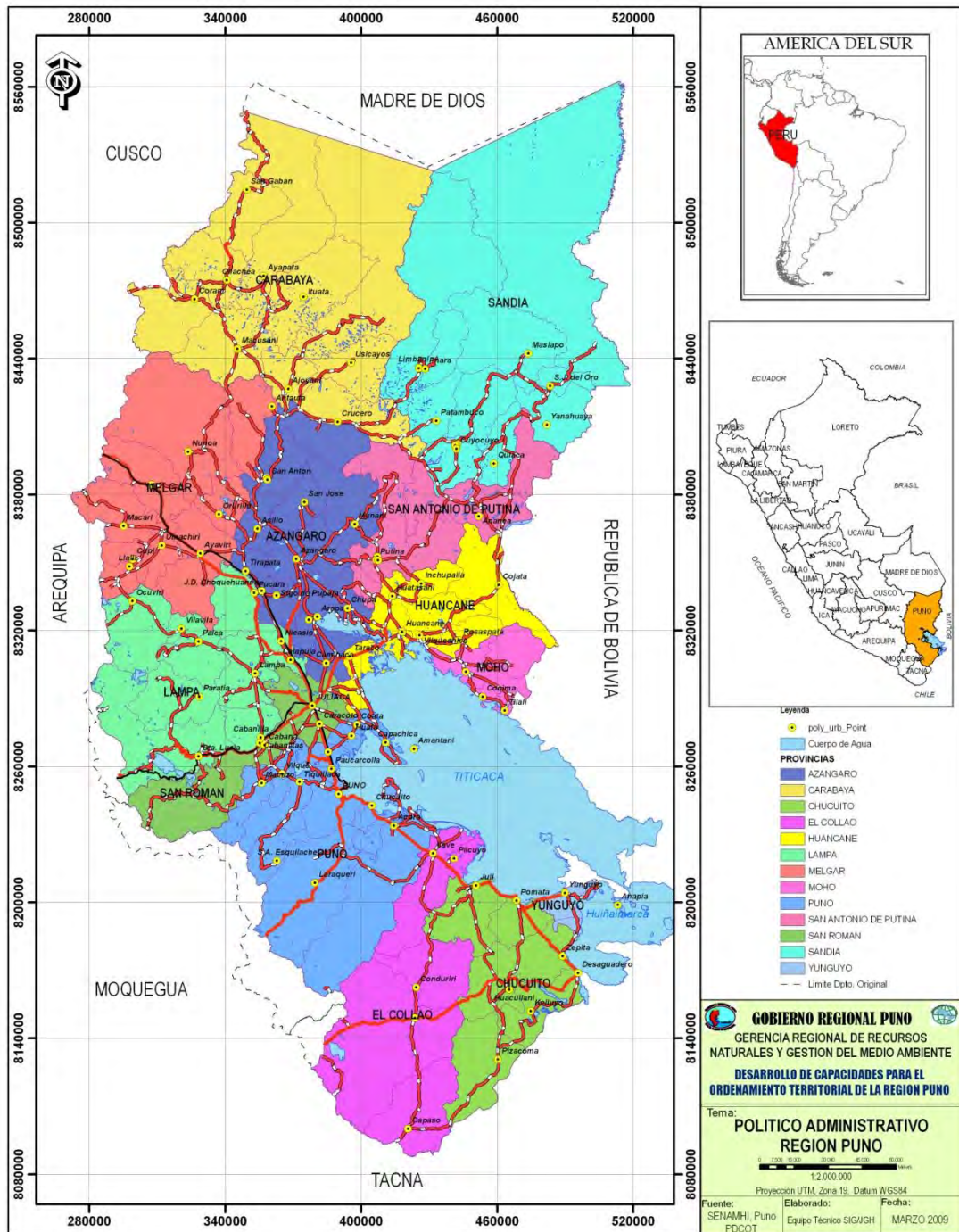


Figura N°2.4 División política de la Región de Puno. Fuente: Gobierno Regional de Puno

Puno es el quinto departamento más poblado del Perú. Según el INEI en el año 2007 representaba el 4.6% de la población total del país respectivamente.

El porcentaje poblacional ha ido en aumento, la provincia que ha

experimentado mayor crecimiento dentro del área de influencia del proyecto es Carabaya en el año 1993 era el 4,3% para el año 2007 creció a 5.8% respectivamente. Ver Tabla N°2.8.

Tabla N°2.8 Población de las Provincias del Departamento de Puno

N°	Provincias	Población 1993 *	%	Hombres *	Mujeres *	Población 2007 **	%	Hombres **	Mujeres **
1	San Román	168 534	15.6	84 042	84 492	240 776	19.0	118 151	122 625
2	Puno	201 205	18.6	99 820	101 385	229 236	18.1	113 121	116 115
3	Azángaro	138 998	12.9	67 604	71 394	136 829	10.8	66 613	70 216
4	Chucuito	93 001	8.6	46 789	46 212	126 259	10.0	64 534	61 725
5	El Collao	75 456	7.0	38 430	37 026	81 059	6.4	41 148	39 911
6	Melgar	72 005	6.7	34 938	37 067	74 735	5.9	36 421	38 314
7	Carabaya	46 777	4.3	23 956	22 821	73 946	5.8	38 408	35 538
8	Huancané	80 317	7.4	38 255	42 062	69 522	5.5	33 780	35 742
9	Sandia	50 042	4.6	26 449	23 593	62 147	4.9	33 265	28 882
10	San Antonio de Putina	28 475	2.6	14 898	13 577	50 490	4.0	26 862	23 628
11	Lampa	43 461	4.0	21 111	22 350	48 223	3.8	24 061	24 162
12	Yunguyo	48 258	4.5	23 472	24 786	47 400	3.7	23 321	24 079
13	Moho	33 320	3.1	16 066	17 254	27 819	2.2	13 647	14 172
Total Departamento de Puno		1 079 849	100.0	535 830	544 019	1 268 441	100.0	633 332	635 109

Fuente: *INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 1993/**INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 2007

De los cuales las provincias más pobladas son San Román con 240,776 habitantes (18,98%), Puno, con 229,236 (18.07%), Azángaro con 136,829 (10.79%) y Chucuito, con 126,259 (9.95%) habitantes respectivamente; mientras que la provincias de Carabaya y Sandia se ubica en el séptimo y noveno lugar, la misma que representa el 5.8 y 4.9% de la población total del departamento.

2.5.2. Transporte

La vía terrestre de Putina comunica con Arequipa, Tacna, Moquegua y

Cusco por un lado y con La Paz, Bolivia, desde Lima, el viaje terrestre dura aproximadamente 17 horas previa escala en la ciudad de Arequipa. Asimismo, el Aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac que cuenta con vuelos a Lima y otros destinos nacionales se encuentra en Juliaca. Ver Tabla N°2.9.

Tabla N°2.9 Provincias por Área Geográfica del Departamento de Puno

N°	Provincias	Población 1993*	Urbana *	Rural *	Población 2007 **	Urbana **	Rural **
1	San Ramón	168 534	145 724	22 810	240 776	220 610	20 166
2	Puno	201 205	102 815	98 390	229 236	136 754	92 482
3	Azángaro	138 998	29 332	109 666	136 829	37 508	99 321
4	Chucuito	93 001	16 211	76 790	126 259	35 767	90 492
5	El Collao	75 456	17 050	58 406	81 059	25 376	55 683
6	Melgar	72 005	30 254	41 751	74 735	35 536	39 199
7	Carabaya	46 777	16 662	30 115	73 946	30 329	43 617
8	Huancané	80 317	12 197	68 120	69 522	13 851	55 671
9	Sandia	50 042	11 812	38 230	62 147	16 543	45 604
10	San Antonio de Putina	28 475	9 495	18 980	50 490	33 665	16 825
11	Lampa	43 461	14 127	29 334	48 223	18 659	29 564
12	Yunguyo	48 258	12 808	35 450	47 400	17 343	30 057
13	Moho	33 320	4 766	28 554	27 819	7 950	19 869
Población Total Dpto. de Puno		1 079 849	423 253	656 596	1 268 441	629 891	638 550

Fuente: *INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 1993/**INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 2007

2.5.3. Demografía departamental

De acuerdo al resultado final del último Censo de Población y VI de Vivienda, realizado en el año 2007, el departamento de Puno cuenta con una población de 1 297,103 habitantes, de los cuales el 4.2% se encuentra dentro del área de influencia del proyecto, respecto al género el (52.4%) 28 955 habitantes son varones y el (47.6%) 26 238 son mujeres, lo que indica mayor porcentaje de hombres dentro del departamento, por las diferentes actividades económicas que se desarrolla en el departamento. Ver Tabla N°2.10

Tabla N°2.10 Población del Área de Estudio

Región	Provincia	Distritos	Sexo		Población Total
			Hombre	Mujer	
Puno	San Antonio de Putina	Ananea	11 769	8 803	20 572
		Putina	10 447	10 345	20 792
	Sandia	Cuyocuyo	2 574	2 781	5 355
	Carabaya	Crucero	4 165	4 309	8 474
Población Total			28 955	26 238	55 193

Fuente: INEI X Censo de Población y V de Vivienda - 2007.

2.5.4. Crecimiento Poblacional

La población proyectada del departamento de Puno desde el año 1981 al 2017, donde en términos absolutos la cifra va disminuyendo las tasas de crecimiento a nivel departamental, la tasa de crecimiento inter-censal proyectada en periodos constantes entre los años del 1993 al 2005 es de 1,5% y desde los años 2012 a 2017 es menor de sólo 0,3%, lo que permite concluir que a pesar de existir un incremento poblacional en términos absolutos su tasa de crecimiento inter-censal decrece a nivel departamental. Ver el Tabla N°2.11

Tabla N°2.11 Población Proyectada al 2017- Departamento de Puno

Año	Población Total	Incremento intercensal		Incremento anual (hab)	Tasa de Crecimiento Intercensal
		Absoluto	%		
1981	885413				
1993	1079849	194436	0.21959922	16 203	1.7
2005	1288164	208315	0.19291123	17359.6	1.5
2007	1268441	-19723	-0.01531094	-9861.5	-0.8
2012	1319570	51129	0.04030854	10 225.8	0.8
2017	1340594	21 024	0.01593246	4 204.8	0.3

Fuente: INEI Censos Nacionales VIII de Población y III de Vivienda – 1981/INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 1993/INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 2007

2.5.4.1. Provincia de San Antonio de Putina

En la provincia de San Antonio de Putina se localiza los distritos de Ananea y Putina, esta provincia tiene un área de 3 207,38 km² y se encuentra dividida en

cinco distritos: Ananea, Putina, Pedro Vilca Apaza, Quilcapuncu y Sina.

La provincia de San Antonio de Putina tiene una población de 50 490 habitantes representa el 4% de toda provincia. Ver Tabla N°2.12 y Figura N°2.5.

Tabla N°2.12 Distritos de la Provincia San Antonio de Putina

N°	Distritos	Población	%
1	Putina	20 792	41.2%
2	Ananea	20 572	40.7%
3	Quilcapuncu	5 131	10.2%
4	Pedro Vilca Apaza	2 523	5.0%
5	Sina	1 472	2.9%
Total		50 490	100.0%

Fuente: INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 2007



Figura N°2.5 Provincia San Antonio de Putina

El distrito de Ananea

Es uno de los cinco distritos que conforman la Provincia de San Antonio de Putina en el Departamento de Puno, está ubicado en el flanco sur-occidental de la Cordillera Oriental de los Andes, dentro de este distrito se encuentra los nevados de la Cordillera Oriental de los Andes y el nevado más importante es

Ananea a (5 852 msnm) a cuyas faldas se encuentran los asientos auríferos más importantes de la provincia y del departamento.

Con la Ley N° 9965 de 15 de setiembre de 1944 toma el nombre de Ananea, y con la ley 25035 del 12 de junio de 1989 pasa a formar la provincia de San Antonio de Putina.

Centro Poblados Importantes del distrito de Ananea

❖ El centro poblado de Ananea

Se encuentra ubicado a 4 610 msnm, su clima es frío y seco a temperaturas que oscilan entre los 0°C a 5°C bajo cero, en esta zona se localizan los yacimientos auríferos más importante del departamento de Puno. Ver Figura N°2.6.



Figura N°2.6 Se observa mala disposición de desmontes de la minería artesanal e informal a pocos kilómetros de la entrada del pueblo de Ananea

❖ El Centro Poblado - La Rinconada

Los centros poblados, La Rinconada y Cerro Lunar, se encuentran dentro de una unidad morfoestructural denominada depresión de Crucero-Ananea, ubicada

entre la cordillera Oriental y la pre-Cordillera de Carabaya. Ver las tablas y figuras adjuntas.



Figura N°2.7 Se observa el lugar del primer punto de monitoreo de aguas (naciente del río Ramis), en la parte superior la zona minera rinconada en la parte inferior acumulaciones de residuos sólidos del pueblo del cerro lunar.



Figura N°2.8 Señora y un niño haciendo en trabajo de pallaqueo de mineral.

Tabla N°2.13 Centro Poblado La Rinconada constituido por 16 barrios

Barrios	Barrios
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Barrio 20 de Enero ▪ Urb. 3 de Mayo ▪ Barrio Los Olivos ▪ Barrio Santa Rosa ▪ Barrio Alto Huáscar ▪ Barrio San Francisco ▪ Barrio Santa Cruz ▪ Barrio La Compuerta 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Barrio Central ▪ Barrio Central RIttiQ'uchu ▪ Barrio Flor de Oro ▪ Barrio Central 2 de Mayo ▪ Barrio Victoria ▪ Barrio Los Olivos

Población

Según datos obtenidos por el diagnóstico socio económico, del centro poblado la Rinconada cuenta con una población aproximada de 25,000 habitantes, la población masculina es predominante con el 58%, principalmente determinado por el trabajo físico que requiere las minas; su población es relativamente joven.

Un aspecto importante a considerar en la dinámica poblacional de La Rinconada es el flujo de inmigrantes, notándose el desplazamiento a partir de la década del 90. El 90% de la población es foránea de diferentes regiones del país y se dedican a la minería.

Centro Poblado Cerro Lunar

El Centro Poblado Cerro Lunar, está ubicado al pie del nevado La Bella Durmiente, en la vertiente occidental de la cordillera oriental de los Andes, que ingresa al Perú por la República de Bolivia, el río Ramis nace en la localidad de cerro Lunar, en la laguna del mismo nombre.

Cerro Lunar se encuentra en: Latitud 14° 40' 33'' Sur Longitud 69° 31' 52'' Oeste a una altitud de 5 200 msnm, donde existe Cooperativa Gavilán de Oro. Cuenta con un centro educativo estatal, una posta de salud; debiendo tener

presente que dada la cercanía al centro poblado La Rinconada. Ver Figuras adjuntas.



Figura N°2.9 Desagüe del pueblo de La Rinconada mal dispuesto que drena a la naciente del río “Ramis”.



Figura N°2.10 Se observa el pueblo Cerro Lunar y al lado derecho la laguna Cerro Lunar.

Población:

El centro poblado Cerro Lunar, cuenta con una población de 15,000 habitantes según el Censo de Abril del 2002, donde el 57.5% de población es masculina, este aspecto está determinado por el trabajo físico que se realiza en las minas, con una población relativamente joven donde el 46.9% eran menores de 15 años.

Para lograr alcanzar altos de ingreso es necesaria la permanencia en este tipo de trabajo de varios años. Ver Tabla N°2.14

Tabla N°2.14 Comunidades Campesinas reconocidas del distrito de Ananea

Comunidades Campesinas	N° Familias
Ananea	510
Belén janco huyo	52
Chuquine y anexos: Condorumaña y Jilokara Collpa	41
Limata	482
Peña azul	69
CINCO COMUNIDADES CAMPESINAS	1 154

Fuente: Ministerio de Agricultura -Proyecto Especial Titulación de Tierras y Catastro Rural - PETT

Actividades Económicas

El distrito de Ananea es esencialmente minero y ganadero de camélidos sudamericanos principalmente alpacas y vicuñas.

Criaderos de Vicuñas

Los criaderos de vicuñas de Picotani, Calacala y Trapiche, son lugares donde se realiza la crianza de la vicuña, las mismas a que son accesibles a ser observadas cerca de las carreteras afirmadas, son lugares donde el turista puede apreciar manadas de vicuñas en su ambiente natural.

El principal sistema de trabajo para la zona es la "Social Comunitaria", tanto en la minería como en la ganadería.

Minería

El distrito cuenta con minas donde se explota oro filoneano y aluvial, donde las Cooperativas Mineras y las Comunidades Campesinas respectivamente, juegan un rol importante para el desarrollo de la principal actividad económica del distrito.

Recursos Mineros

Las concesiones mineras para explotación de oro en el distrito de Ananea, suman 16.758 Ha, estos yacimientos de oro aluvial se encuentran ubicados en una serie de llanuras glaciales y morrenas.

Se estima que en el sector más importante del distrito, denominado San Antonio de Poto existe 193 Millones de m³ de grava aurífera con un contenido de 0.25 g/m³ de oro, equivalentes a 48,250 kg. de oro fino. Éstos se hallan en los centros poblados mineros de La Rinconada y Cerro Lunar los cuales están ubicados a 5 400 msnm, al pie del gran nevado Ananea, en socavones que tienen un acceso enfilado de 100 m de hielo macizo, tras los cuales se toca la roca de cuarzo que contiene los mantos y filones de oro.

Los efectos de contaminantes de los procesos utilizados en la explotación del oro, los reactivos que dañan el medio ambiente, las explotaciones no son permanentes, se van renovando de allí los nombres de las minas con enumeración.

De los 9 721 trabajadores que se encuentra como población económicamente activa (PEA) dentro del distrito el 24% son mujeres donde un tercio de esta población se dedica a laborar como jefes y empleadas de oficina. Ver Tabla N°2.15

Tabla N°2.15 Actividades Económicas en el Distrito de Ananea

Actividades Económicas	Hombres	Mujeres	Total
Miembros p. ejec. y leg. direct., adm. pub. y emp.	4	22	26
Profes., científicos e intelectuales	57	30	87
Técnicos de nivel medio y trab. Asimilados	89	10	99
Jefes y empleados de oficina	25	822	847
Trab. de serv. pers. y vend. del comerc. y medo.	319	42	361
Agricult. trabaj. calif. agrop. y pesqueros	128	421	549
Obreros y oper. minas, cant., ind. manif. y otros	1893	7	1900
Obreros construc., conf., papel, fab., instr.	117	829	946
Trabaj. no calif. serv., peon, vend, amb., y afines	4557	139	4696
Otra	10		10
Ocupación no especificada	200		200
Total	7 399	2322	9721

Fuente: INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 2007

Población que se encuentra dentro de la población económicamente activa PEA, representada por 9 538 habitantes, el 54% el resto de habitantes se encuentran dentro de la NO PEA 7 542 habitantes, población que se encuentra como estudiantes, ama de casa, la población que está en la edad de trabajar pero que por alguna no se encuentran activas se está en edad de trabajar, como se observa en la siguiente figura.

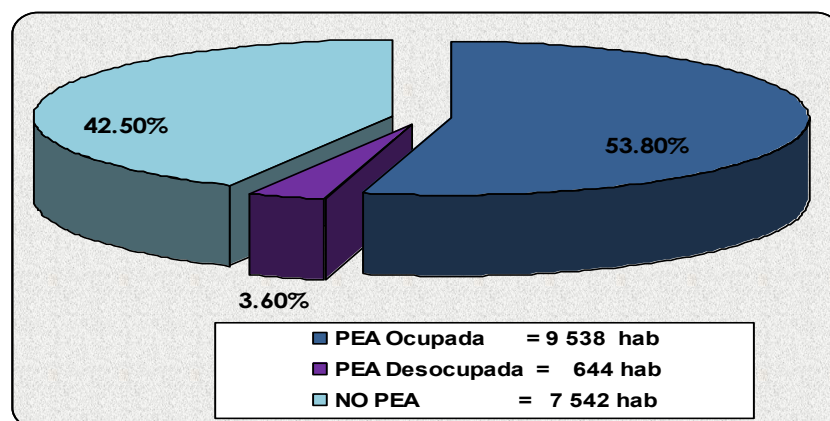


Figura N°2.11 PEA en el Distrito de Ananea - Elaboración propia

❖ **Distrito de Putina**

El Distrito de Putina, pertenece políticamente a la Provincia de San Antonio de Putina, fue fundado el 24 de Mayo de 1595 por Juan de Vega, posteriormente el 2 de Setiembre de 1889 Putina se eleva a la categoría de Ciudad mediante Ley promulgada por Andrés A. Cáceres.

El Distrito de Putina fue creado el 5 de Febrero de 1823 y el 12 de junio de 1989 se crea la Provincia San Antonio de Putina con su capital Putina por Ley 25038, promulgada por Alan García Pérez.

Población

El Distrito de Putina cuenta con una población de 20 792 habitantes representa el 37.6% de la población del área de influencia del proyecto, con respecto al género en ambos grupos el porcentaje es similar los hombres representan el 50.2% y las mujeres el 49.8%.

El grupo quinquenal más importante son los adolescentes y jóvenes de 10 a 14 y de 15 a 19 años con 12% y 11.4% respectivamente, población que se encuentra insertada en la actividad minera.

El principal grupo está conformado por la población de 5 a 24 años ellos representa el 43.9% de la población total del distrito de Putina como se observa en la tabla N°2.16.

Tabla N°2.16 Población del Distrito de Putina

Edades Quinquenales	Sexo		Total Poblacional	%
	Hombres	Mujeres		
0 a 4	978	966	1 944	9.3%
5 a 9	1 098	1 015	2 113	10.2%
10 a 14	1 224	1 275	2 499	12.0%
15 a 19	1 185	1 195	2 380	11.4%
20 a 24	1 089	1 046	2 135	10.3%
25 a 29	844	891	1 735	8.3%
30 a 34	705	782	1 487	7.2%
35 a 39	730	706	1 436	6.9%
40 a 44	564	541	1 105	5.3%
45 a 49	467	421	888	4.3%
50 a 54	373	328	701	3.4%
55 a 59	297	255	552	2.7%
60 a 64	287	262	549	2.6%
65 a 69	196	217	413	2.0%
70 a 74	164	177	341	1.6%
75 a 79	120	120	240	1.2%
80 a +	126	148	274	1.3%
Total	10 447	10 345	20 792	100%

Fuente: INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 2007

En el distrito se distinguen tres zonas geográficas con características propias para el desarrollo de distintas actividades económicas que dinamizan al distrito.

La Zona Norte se dedica a la crianza de alpacas, vicuñas y venados, en la zona Central se viene desarrollando la actividad agrícola con riego aún a pequeña escala, así como la crianza de ovinos y vacunos y en la zona Sur se viene desarrollando principalmente la actividad agropecuaria.

Entre los recursos naturales que posee su potencial tenemos a la actividad pecuaria, especialmente en la crianza de alpacas y vicuñas, seguido de la crianza de ovinos, vacunos y cerdos.

Actividades Económicas

El distrito se dedica entre sus diferentes actividades económicas a la ganadería su producción, crianza de vicuñas y por supuesto a la comercialización de la fibra de vicuña.

Esta actividad económica se encuentra en desarrollo en la zona norte del distrito orientada a dos tipos de mercado nacional e internacional, donde el trabajo se sustenta sobre la base del Comité Multicomunal de Manejo de Vicuñas de Picotani. Sus pobladores complementan la actividad ganadera con la crianza de alpacas, bajo el soporte de organizaciones económicas familiares.

Según los resultados del Censo 2007 con relación a la ocupación principal en el distrito del total de la población (4 247 personas), el 22% son obrero trabajadores no calificados, el 17.3% son obreros operadores de minas o pallaquera, el resto son trabajadores de servicio o se dedican al comercio. Ver Tabla N°2.17

Tabla N°2.17 Actividades Económicas en el Distrito de Putina

Actividades Económicas	Hombres	Mujeres	Total
Miembros p. ejec. y leg. direct., adm. pub. y emp.	4	87	91
Profes., científicos e intelectuales	201	19	220
Técnicos de nivel medio y trab. asimilados	27	15	42
Jefes y empleados de oficina	37	293	330
Trab.de serv. pers. y vend. del comerc. y mcdo.	213	156	369
Agricult. trabaj. calif. agrop. y pesqueros	693	59	752
Obreros y oper. minas, cant., ind. manif. y otros	626	3	629
Obreros construc., conf., papel, fab., instr.	215	520	735
Trabaj. no calif. serv., peon, vend, amb., y afines	937	1	938
Otra	13	52	65
Ocupación no especificada	76		76
Total	3 042	1 205	4 247

Fuente: INEI IX Censo de Población y V de Vivienda – 2007

Con respecto a la actividad agrícola es productora de cultivos andinos como la (papa, cañihua, quinua, izaño, oca); además produce avena forrajera, principalmente en las zonas centro y sur del distrito; producción que es de autoconsumo y venta principalmente al mercado local, el desarrollo de esta actividad es sobre la base de unidades económicas familiares. Ver Tabla N°2.18

Tabla N°2.18 Distrito de Putina: Siembra Campaña 2010-11 Principales Cultivos (Ha)

Distrito/Cultivo	TOTAL	INTENCIONES DE SIEMBRA											
		2010					2011						
		Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
DISTRITO DE PUTINA	600	80	185	270	65	0	0	0	0	0	0	0	0
Cebada grano	70	0	20	50	65	0	0	0	0	0	0	0	0
Olluco	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papa	320	0	45	210	65	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinoa	200	80	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Ministerio de Agricultura -2010

El Municipio Provincial de San Antonio de Putina, y la Mesa de Concertación del Distrito de Putina opinan que es indispensable tener un pueblo organizado para generar un impacto efectivo y eficaz para el crecimiento económico del distrito y de la provincia, con responsabilidad del cuidado del medio ambiental correspondiente.

El distrito de Putina necesita generar proyectos que le permitan mejorar las condiciones de vida de los pobladores con la finalidad de lograr la prosperidad, el progreso y la modernidad.

2.5.4.2. Provincia de Carabaya

La provincia de Carabaya es una de las 13 provincias de la Región de Puno, siendo su capital el distrito de Macusani. La provincia de Carabaya, por su geografía ha logrado crear una identidad cultural propia de su comarca, la identidad del pueblo de los Carabayas, Kallawayas, Callahuayas, Calabayas, Carwayas, etc.

En esta provincia se encuentra localizada el distrito de Crucero, tiene un área de 12 266,40 km² y se encuentra dividida en 10 distritos: Ajoyani, Ayapata, Coasa, Corani, Crucero, Ituata, Macusani, Ollachea, San Gabán, Usicayos.

La provincia de Carabaya tiene una población de 73 946 habitantes. Ver Tabla N°2.19

Tabla N°2.19 Distritos de la Provincia Carabaya

N°	Distritos	Población	%
1	Coasa	12 097	16.4%
2	Usicayos	12 063	16.3%
3	Macusani	11 707	15.8%
4	Ayapata	8 996	12.2%
5	Crucero	8 474	11.5%
6	Ituata	6 108	8.3%
7	Ollachea	4 919	6.7%
8	San Gaban	4 022	5.4%
9	Corani	3 622	4.9%
10	Ajoyani	1 938	2.5%
Total		73 946	100.0%

Fuente: INEI X Censo de Población y V de Vivienda - 2007.

❖ Distrito de Crucero

Es uno de los diez distritos que conforman la Provincia de Carabaya en el Departamento de Puno, está ubicada en la parte central y meridional del territorio; en la parte norte de la provincia; con una latitud sur de 14° 21' 25", longitud oeste 70° 01' 18" y a una altitud de 4 150 msnm, junto a la cordillera de Carabaya, tiene una superficie 836,37 km², su densidad poblacional es de 9,1 hab/km². Ver Figura N° 2.12 y Tabla N°2.20

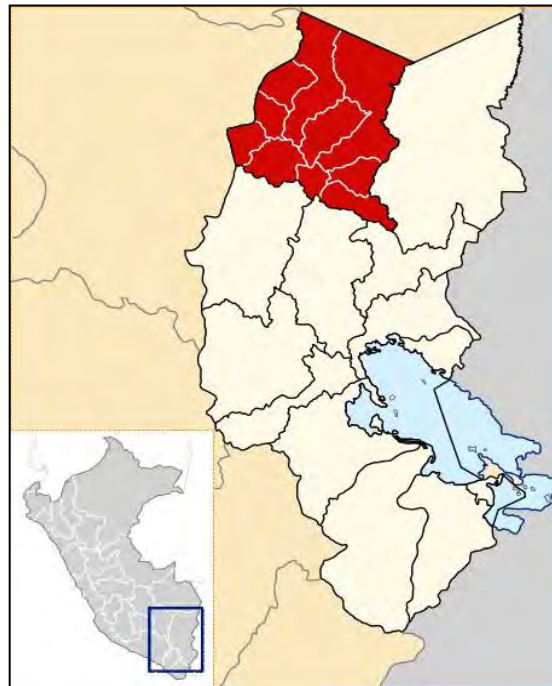


Figura N°2.12 Distrito Crucero

Comunidades campesinas:

Tabla N°2.20 Comunidades campesinas reconocidas del distrito de Crucero

Comunidad Campesinas	N° Familias
Anansaya	285
Ccanccolly	87
Crucero	50
Oruro	220
Urinsaya	176
5 C. CAMPESINAS	818

Fuente: Ministerio de Agricultura -Proyecto Especial Titulación de Tierras y Catastro Rural – PETT

El distrito de Crucero tiene una población de 8 474 habitantes; representa el 15.36% de la población del área de influencia del proyecto, con respecto al género en ambos grupos el porcentaje es similar los hombres representan el 49.15% y las mujeres el 50.84%.

El grupo quinquenal más importante son los adolescentes y niños de 10 a 14 y de 5 a 9 años con 13.5% y 13% respectivamente, población que posteriormente será insertada en la actividad minera.

El principal grupo está conformado por la población de 0 a 19 años ellos representa el 48.6% de la población total del distrito de Crucero como se observa en la Tabla N°2.21

Tabla N°2.21 Población del Distrito de Crucero

Edades Quinquenales	Sexo		Total Poblacional	%
	Hombres	Mujeres		
0 a 4	520	497	1017	12.0%
5 a 9	574	530	1104	13.0%
10 a 14	579	561	1140	13.5%
15 a 19	405	454	859	10.1%
20 a 24	312	358	670	7.9%
25 a 29	289	351	640	7.6%
30 a 34	279	318	597	7.0%
35 a 39	221	265	486	5.7%
40 a 44	244	210	454	5.4%
45 a 49	156	160	316	3.7%
50 a 54	137	128	265	3.1%
55 a 59	105	115	220	2.6%
60 a 64	97	101	198	2.3%
65 a 69	93	98	191	2.3%
70 a 74	81	61	142	1.7%
75 a 79	32	58	90	1.1%
80 a +	41	44	85	1.0%
Total	4 165	4 309	8 474	100.0%

Fuente: INEI X Censo de Población y V de Vivienda – 2007

Actividades Económicas

La actividad predominante del distrito es la actividad ganadera de alpacuno, vacuno mejorado, ovinos y los productos derivados.

Su producción es importante pero secundaria, debido a que la producción ganadera es en poca escala por la calidad de la avena forrajera y de pastos naturales y cultivados.

Para los cultivos de mayor importancia como la papa dulce, oca, mashua, olluco, los agricultores realiza sus cultivan de forma tradicional, como en el pasado; las herramientas usadas para arar son: Chaquitaclla, Rauccana, Pico, y

otros. Ver Tabla N°2.22

Tabla N°2.22 D. Crucero: Siembra Campaña 2010-11 Principales Cultivos - (Ha.)

Distrito/Cultivo	TOTAL	INTENCIONES DE SIEMBRA											
		2010						2011					
		Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
DISTRITO CRUCERO	581	214	180	142	45	0	0	0	0	0	0	0	0
Arveja grano seco	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cebada grano	15	3	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haba grano seco	25	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maiz amarillo duro	8	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Maiz amiláceo	16	0	0	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Olluco	13	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAPA	500	190	150	130	30	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Ministerio de Agricultura – 2010

2.5.4.3. La Provincia de Sandia

Sandia es una de las 13 provincias que conforman el Departamento de Puno, ubicada en la zona Nor-Oriental del departamento, entre las coordenadas 14° 38' de latitud sur 69° 32' de longitud oeste del meridano de Greenwich.

Creada el 5 de febrero de 1875, su capital es la ciudad de Sandia, que está situada a 2 175 msnm, a orillas del río Sandia, que forma un profundo y angosto cañón.

La provincia es atravesada por infinidad de riachuelos, ríos que son afluentes de dos grandes ríos, que a la vez son los más caudalosos del departamento estos son el Tambopata y el Inambari.

Población:

De acuerdo al censo del 2007, la provincia de Sandia tiene una población de 62 147 habitantes, el distrito de Sandia es el de mayor población (18.30%) y el distrito Quiaca es el de menor población (3.6%) respecto a la población

provincial.

En el cuadro adjunto se puede apreciar la ubicación geográfica, extensión y densidad poblacional de los distritos de la provincia.

Actividades económicas:

La provincia de Sandia presenta una fuerza laboral conformada por la población en edad de trabajar (PET) de 43 619 personas de 14 a más años de edad disponibles para desarrollar actividades productivas.

En consideración al convenio 138 de la OIT; la Población en Edad de Trabajar provincial de acuerdo al ámbito que ocupa en el área urbana alcanza las 10 961 personas y en el área rural las 32 657 personas.

La NO PEA de las cuales una parte importante de personas se dedican a las actividades agropecuarias, el distrito de Cuyocuyo representa el 8.6% de pobladores de la provincia de Sandia que se encuentra dentro de la PEA, una parte de esta población se dedica al comercio. Ver Tabla N°2.23.

Tabla N°2.23 PEA en el AI

Región	Provincia	Distritos	PEA	PEA		No PEA	Total
				Ocupada	Desocupada		
Puno	San Antonio de Putina	Ananea	10 182	9 538	644	7 542	17 724
		Putina	5 420	3 920	1 490	13 022	18 442
	Sandia	Cuyocuyo	1 963	1 898	65	2 649	4 612
	Carabaya	Crucero	1 984	1 719	265	5 274	7 258
Total PEA			19 549	17 075	2 464	28 487	48 036

Fuente: INEI X Censo de Población y V de Vivienda - 2007

La PEA ocupada representa el 35.6% y la PEA desocupada de la provincia es de 5.1%.

❖ **Problemática Ambiental**

Saneamiento Básico en La Rinconada–Ananea

- El 100% de familias sin sistema de desagüe.
- Se tiene instalado pozos sépticos en los centros poblados.
- Eliminación de aguas residuales en vía pública.

Conflictos y Problemas Sociales

- Enfrentamiento entre mineros, comuneros y pobladores.
- Crecimiento de la Prostitución, en los centros poblados como la Rinconada.
- Crecimiento del Alcoholismo en porcentaje elevado.
- Delincuencia, se produce robos, peleas y enfrentamiento entre mineros.
- Menores de edad trabajando dentro del área.

Salud Pública

- Se ha detectado la contaminación por, mercurio; respiración rápida; agitación; mareo; debilidad; dolor de cabeza; náusea y vómito; ritmo cardíaco rápido. convulsiones; presión sanguínea baja; ritmo cardíaco lento; pérdida de la conciencia; lesión en el pulmón; falla respiratoria que puede llevar a la muerte.
- Posibles enfermedades diarreicas agudas, problemas neurológicos, afecciones a la piel, afecciones a las conjuntivas, por la falta de saneamiento.
- Bioacumulación en tejidos de los metales pesados: cromo, plomo mercurio, arsénico y cadmio.

2.5.5. Canon minero

Canon minero del Departamento de Puno

En la tabla y figuras siguientes se muestran los datos importantes del canon en el departamento de Puno:

Tabla N°2.24 Canon minero en el Departamento de Puno

	CANON MINERO					
	2006 (S/.)	2007 (S/.)	2008 (S/.)	2009 (S/.)	2010 (S/.)	2011 (S/.)
Puno	117,494,000	144,315,028	172,502,222	260,623,520	186,719,010	311,121,652

Canon minero Provincias de Puno

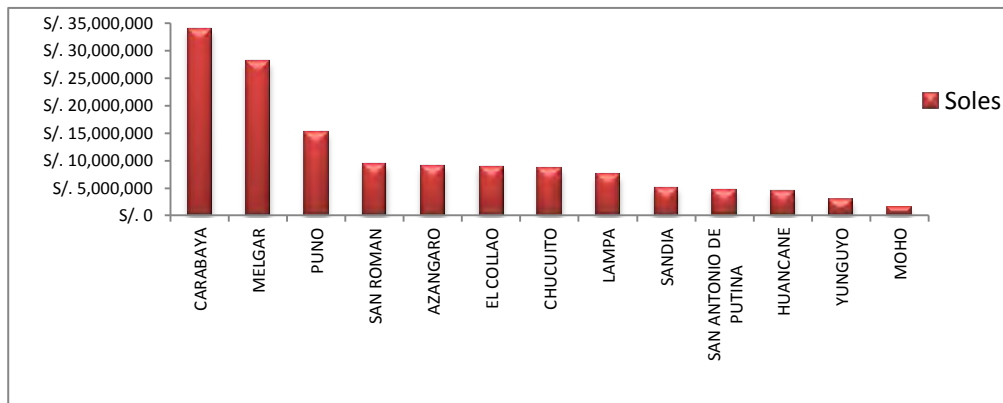


Figura N°2.13 Total Canon Minero por Provincias-2010-Dpto. Puno

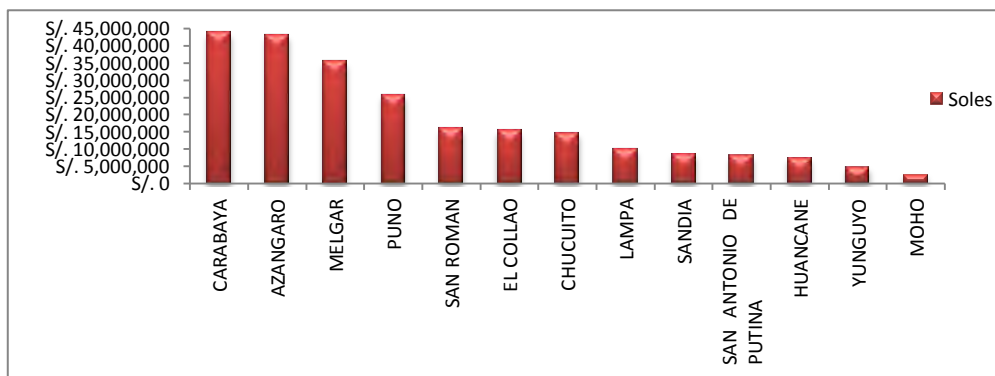


Figura N°2.14 Distribución de Canon Minero por Provincias-2011-Dpto. Puno

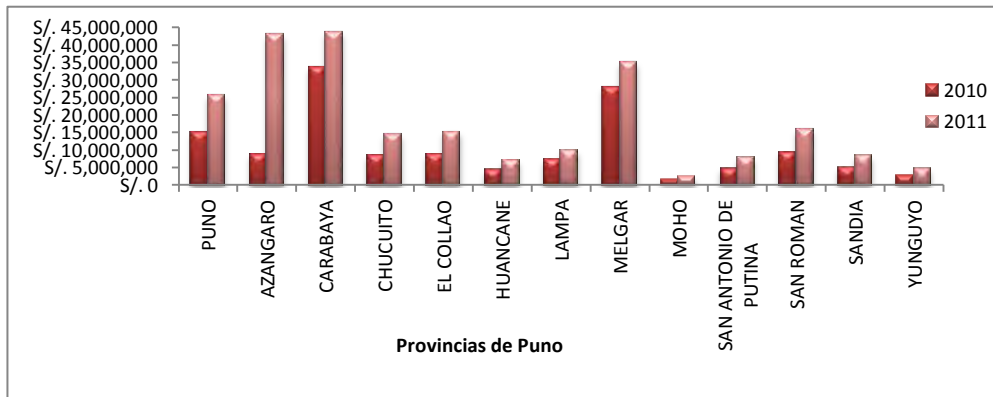


Figura N°2.15 Distribución de Canon Minero por Provincias -Dpto Puno

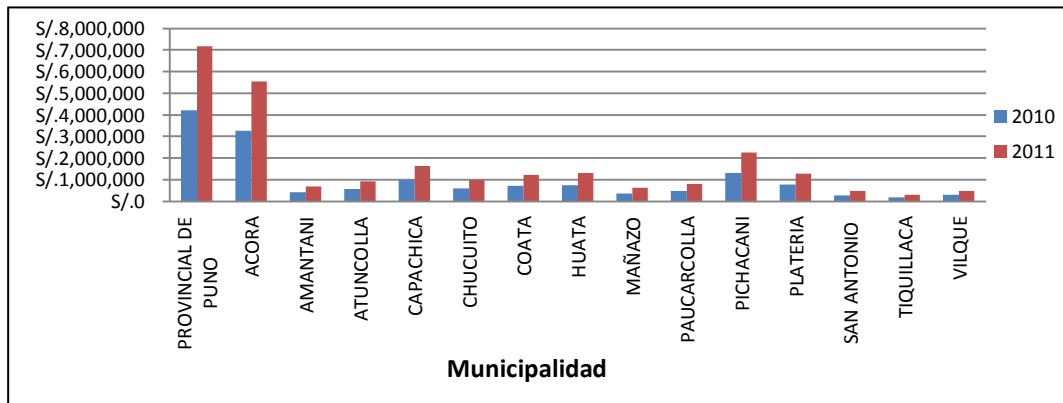


Figura N°2.16 Canon distrital de la provincia de Puno

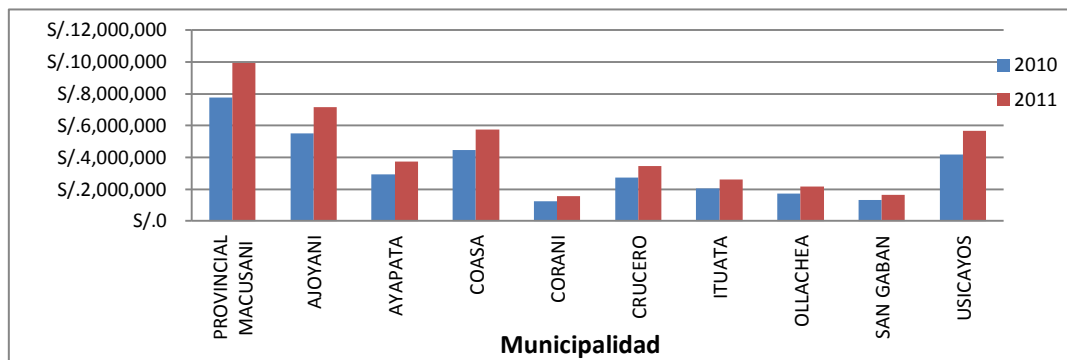


Figura N°2.17 Canon Distrital de La Provincia de Carabaya

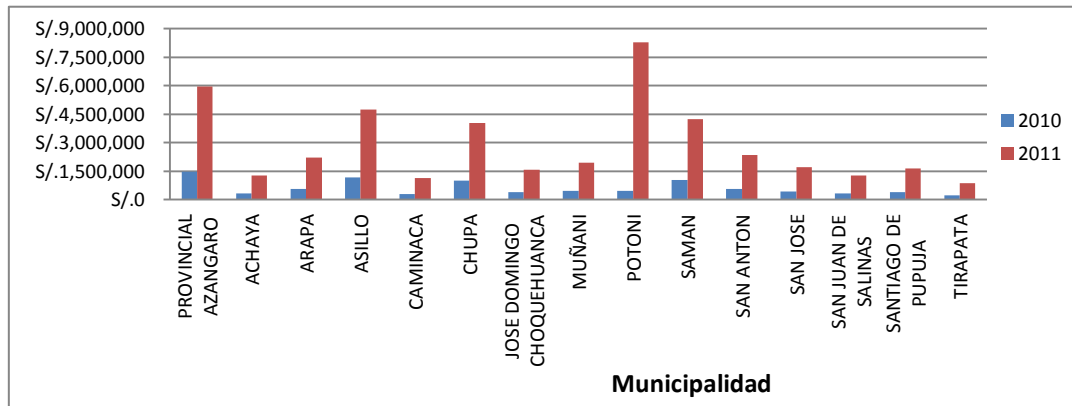


Figura N°2.18 Canon distrital de la provincia de Azangaro

2.6. MARCO LEGAL

- Constitución Política del Perú, promulgada 29/12/1993
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, 15/10/2005
- D.L. N° 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada
- Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314, del 21-07-2000. Esta Ley establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitarios y ambientales adecuados, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.
- Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338, 30/03/2009
- Ley General de Aguas D.L N° 17752 y sus modificaciones al Reglamento de los Títulos I, II y II, según el D.S N° 007 – 83 – S.A. clasificación de los cursos de agua y zonas costeras.
- D.L. Ley N° 26839: Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica-08/07/1997.

- Ley N° 26744: Ley de Promoción del Manejo Integrado para el Control de Plagas 18/Enero/1997.
- Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA, 3/8/2005 todavía vigente Aprobación de la Clasificación de Ríos y Tributarios.
- Aprobación del Reglamento de Organización y Funciones del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos PRONAMACHS.
- Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA: Disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y usos de aguas residuales tratadas.
- D.S. N° 019-97, Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera.
- D.S. N° 003-2002: Aprobación de Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para actividades Industriales de Cemento, Cerveza, Curtiembre y Papel.
- R.M. 055-2005- PRODUCE: Presentación de informes ambientales a cargo de titulares de actividades industriales manufactureras textil, fundición y cerámica y otras en cuyos procesos utilicen plomo o compuestos de plomo teniendo plazo de presentación hasta el 1 de Junio de 2005.
- D.L. N° 26842: Ley General de Salud del 15/7/1997
- Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314 del 10/7/2000 y su reglamento.
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos

- Este D.S. N° 057-2004-PCM: “Reglamento de la Ley de General de Residuos Sólidos” del 24-07-2004, reglamenta la Ley de Residuos Sólidos para asegurar que la gestión y el manejo de estos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, además de proteger y de promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar del ser humano.
- Aprobación de Norma Sanitaria para Trabajos de Desinfección, Desratización, Desinfección, Limpieza y Desinfección de Reservorios de Agua, Limpieza de ambientes y de Tanques Sépticos. R. M. N° 448-2001-SA/DM. 26/07/2001.
- Aprobación del Reglamento Sanitario de Piscinas D.S.N° 007-2003-SA. 3/4/2003.
- D.L N° 28611: Ley General del Ambiente, es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM de fecha 31/07/2008.
- Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de normas legales, donde se establece según categorías I (Población y Recreacional), II

(Actividades Marino-Costeras), III (Riego de Vegetales y Bebida de Animales), IV (Conservación del Ambiente Acuático).

- Ministerio de Energía y Minas.
- Texto único ordenado – D.S. N°014 – 92 – EM
- Ley y reglamento de fiscalización de las actividades mineras.
- Ley N° 274774 – D.S. N° 049 – 2001 – EM.
- Ley y reglamento de la pequeña minería y minería artesanal – Ley N°27651.
- Ley y reglamento de los pasivos ambientales de la actividad Minera – Ley 28271 y Ley N °28526.
- Reglamento de pasivos ambientales de la Actividad Minera - D.S. N° 059 – 2005 - EM.
- Reglamento de la ley de formalización y promoción de la pequeña Minería y Minería artesanal – D. S. N° 013 – 2002 – EM.
- Valores Guías de Calidad de Aguas (FAO)
- Normas Internacionales de Control Ambiental
- Decretos en el Sector Sub- Minero
- Legislación en la Prevención de la Contaminación Minera
- Ley N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos”
- Vigencia de la Ley General de Aguas: Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisible (LMP)

CAPÍTULO III

POTENCIAL MINERO, MINERÍA EN EL YACIMIENTO

FLUVIOGLACIAR – ANANEA

3.1. GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL FLUVIOGLACIAR.

Según el INGEMMET, como conclusión establece que el recurso mineral más importante y económico, que se explotará en el yacimiento de la Cuenca del río Ramis, es el oro libre en forma de láminas, charpas y de partículas finas, que se encuentran en las morrenas auríferas glaciales y los pasivos ambientales que se reaprovecharán, los mismos que fueron transportadas y depositadas por los glaciales de la cordillera oriental sur. El análisis granulométrico indica que un 80% son gravas de guijones (entre 64mm y 256 mm), así como cantos rodados o bloques (mayores a 256 mm); la fracción pequeña está compuesta de grava fina, arena y limo arcilloso en un 20%.

3.2. MINERÍA

En la Cuenca Alta del Río Ramis las operaciones mineras de los pequeños mineros artesanales e informales utilizan el método de explotación a Cielo Abierto, formando bancos (tajos) cada vez más grandes y profundos hasta que se extrae todo el mineral de valor económico por este método. La geometría final

de esta excavación se determina antes de comenzar la operación. Ver Figura N°3.1, Sistema y Métodos de Explotación Minera.

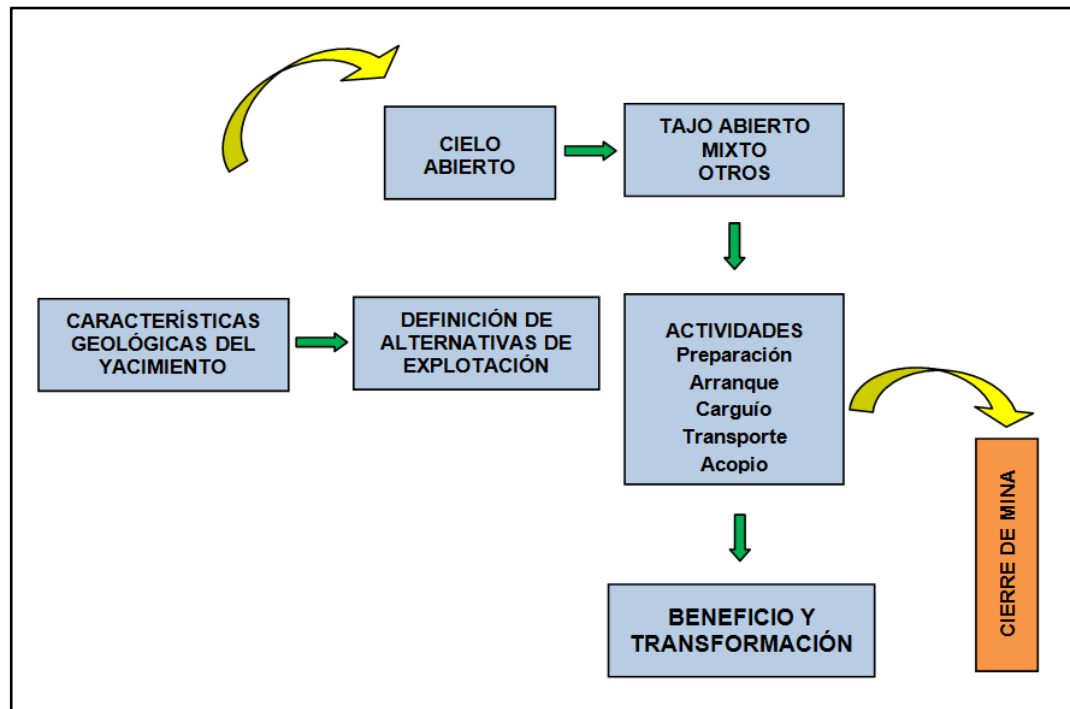


Figura N°3.1 Sistema y Métodos de Explotación Minera.

3.3 RESERVAS EN EL FLUVIOGLACIAR - ANANEA.

Tabla N°3.1 Reservas en el fluvio glaciar - Ananea

Ley de Corte	100 mg/m ³				150 mg/m ³				200 mg/m ³			
	Pot m	volumen x1000 m ³	Tenor mg Au/m ³	Oro kg	Pot m	volumen x1000 m ³	Tenor mg Au/m ³	Oro kg	Pot m	Volumen x1000 m ³	Tenor mg Au/m ³	Oro kg
Chaquiminas	6,47	25094	241	6053	3,62	14682	310	4546	1,99	8162	392	3200
Vizcachani	15,46	64623	236	15276	8,93	37203	299	11117	5,57	23189	354	8209
Pampa Blanca N	2,72	3835	216	828	1,05	1472	348	512	0,87	1230	378	464
Pampa Blanca E	10,6	8989	275	2470	4,86	4124	430	1771	1,86	1575	788	1242
Pampa Blanca	16,13	115203	278	32072	11,73	83782	328	27446	7,04	50306	402	20224
Total		217744		56699		141263		45392		84462		33339

Fuente: Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas para la Exploración de los Recursos Naturales

Potencial Minero en la Zona de Pampa Blanca y Vizcachani.

- Área : 7120 Ha
- Reservas : 89.38 MM m³
- Ley promedio : 0,33 g/m³
- Profundidad : hasta 30 m

Potencial Minero en la Zona de Chaquiminas.

- Área : 2000 Ha
- Reservas : 14.68 MM m³
- Ley promedio : 0,31 g/m³
- Profundidad : hasta 15 m

3.4. YACIMIENTO DEL ORO DETRÍTICO DEL PLACER DE SAN ANTONIO DE POTO

En la cuenca del río Ramis los trabajos de exploración fueron realizados tanto para fines científicos como para definir el real potencial de este tipo de yacimiento en esta parte del Perú.

Se emplearon métodos de evaluación y exploración, artesanal, manual, mecánica, mediante perforación “churn drill” y “reverse drilling” (perforación inversa sin agua) y en forma sistemática se tomaron las muestras con el objeto de averiguar el origen y la génesis del yacimiento y para finalmente determinar su valor económico.

3.5. LA MORRENA DEL CERRO “SAN ANTONIO DE POTO”.

El cerro San Antonio es un enorme arco lateral de la etapa Islapampa con

morrenas de color gris en general y en algunos niveles ocre.

El frente actual de la morrena descansa sobre las formaciones Ananea y Arco-Aja, que afloran inmediatamente al Este de Ananea. Más arriba al NW del Cerro San Antonio las morrenas grises coronan y recubren por sus escombros morrenas ocre de la glaciación Ancocala. Las leyes obtenidas son erráticas (0,02 g/m³ a 1 g/m³) mientras que el promedio es 0,185 g/m³. El único nivel de concentración reconocido es un horizonte de alteración rojizo subrayando el tope de material Ancocala y que removiliza las concentraciones auríferas residuales de la superficie sobre la cual avanzó. De manera que la morrena del Cerro San Antonio se puede definir como un “yacimiento detrítico primario” su contenido aurífero depende directamente de la riqueza en oro del sub-estrato del cual deriva y teóricamente no se benefició de enriquecimientos y reconcentraciones posteriores significativas.

Definitivamente el origen del oro detrítico del placer fluvioglacial de San Antonio de Poto, son las mineralizaciones primarias en la formación Ananea (Paleozoico Inferior).

En el área de estudio, las concentraciones de oro se encuentran en formaciones glaciales y fluvioglaciales de la era cuaternaria; las razones de este hecho quedan todavía mal conocidas pero podrían estar relacionadas con el poder abrasivo de los glaciares.

Resalta muy claro el papel absolutamente primordial de la evolución geomorfológica en la formación de los placeres fluvioglaciales, las morrenas arrastradas desde el área de La Rinconada constituyen el material detrítico “primario” sin reconcentraciones de oro.

Durante su transporte las partículas de oro, inicialmente de granulometría variada, se concentran y clasifican en función de su peso y tamaño y sufren una evolución morfoscóptica directamente relacionada con el ambiente de transporte. Se llegó a diferenciar a partir de estos trabajos de evaluación de proyectos con la ayuda externa del PNUD, que los valores de oro llegaría a más de 35 m de profundidad y que los mejores valores llegarían a los 17 m y con una reserva de más de 300 millones de metros cúbicos (m³).

3.6. ACTIVIDADES DE LA MINERÍA FORMAL E INFORMAL, PEQUEÑA MINERÍA, MINERÍA ARTESANAL.

3.6.1. Actividad minera formal

En la Tabla N°3.2, se observa la relación de las compañías mineras activas e inactivas que operan en el entorno de la cuenca del río Ramis.

Tabla N°3.2 Empresas Mineras en el Río Ramis

Nombre	Planta	Distrito	Provincia	Estado
Minera Ananea	Ana María	Ananea	San Antonio de Putina	Activa
Cemento Sur S.A.	Cemento Sur	Caracoto	San Román	Activa
Minería Carabaya S.A.	Santa Lucía	Carabaya	Puno	Inactiva
Minería Carabaya S.A.	Quenamari	Carabaya	Puno	Inactiva
Minería Los Rosales S.A.	Conc. los Rosales	Vilque Chico	Huancané	Inactiva
MINSUR	San Rafael	Antauta	Melgar	Activa
Minera Regina S.A.	Rocío N°2	Inchupalla	Huancané	Inactiva
Minas de Pomasi	POMASI	Palca	Lampa	Inactiva

Fuente: KLOHN CRIPPEN-SVS S.A., 1998

Minera Aurífera Ana María

Sus actividades se concentran en los parajes denominados La Rinconada y Lunar de Oro, en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina. Una

característica de la minería que se practica en la zona es la explotación subterránea, tratando de seguir la parte más rica del manto y dejando de tratar áreas mineralizadas de baja ley.

La planta de beneficio, diseñada para tratar minerales auríferos, tiene una capacidad de 30 t/día, comprendiendo las etapas de chancado y molienda, concentración gravimétrica y por flotación, y la recuperación del producto por amalgamación y fusión del oro obtenido.

La amalgama cargada es llevada a una retorta para volatilizar y recuperar el mercurio, obteniéndose oro refogado con una ley de 90%, que es refinado en un horno de crisol para obtener el producto final de proceso, oro de alta pureza.

Los relaves del proceso de flotación son depositados en una cancha que se ubica al pie de la planta, siendo la tasa generada de 10 000 toneladas anuales. Los desmontes se producen en relación de 10 a 1 con el mineral, es decir $D/M=10/1$. Ver Figura N°3.2.



Figura N°3.2 Se observa la relavera de la Compañía Corporación Minera Ananea sin canal de coronación.

3.6.2. Actividad minera informal

La actividad minera informal se da en el nevado de Ananea, en las zonas de Lunar de Oro y La Rinconada. Alrededor de 40 000 personas se encuentran involucradas directa o indirectamente en esta actividad. Los avances de minado se dan en forma incontrolada, no existiendo ningún tipo de planeamiento de minado, ni de corto ni de mediano plazos

El principal impacto en el ambiente está asociado a la amalgamación con mercurio y posterior volatilización del mismo. Este tipo de actividades implica la disposición de relaves en los lechos de los pequeños cursos de agua que drenan en dirección a la Laguna Rinconada así como la potencial inhalación de mercurio durante el refogado de la amalgama.

En La Rinconada se consume 0,5 kg de Mercurio por quimbaleta, lo que da un total de 175 kg de Mercurio por cada 400 de oro producido. Luego el

asentamiento informal es el mayor contaminante, Los equipos artesanales para molienda están compuestos por unos 500 quimbaletes que están diseminados aproximadamente en 45 hectáreas del denuncia, constituyendo cada uno de ellos un foco de emisión de sustancias contaminantes. Ver Figura N°3.3



Figura N°3.3 Se observa 5 tambores y varios quimbaletes ubicados dentro de las viviendas en la naciente de la cuenca alta del río Ramis zona minera Cerro Lunar

La actividad de refogue de la amalgama de oro-mercurio la realizan aproximadamente unas 5000 viviendas, siendo cada una de las un foco emisor de vapores de mercurio, óxidos nitrosos y sulfurosos. Las descargas de agua de esta zona presentan un color rojo ladrillo.

A continuación, se presentan las causas para que se genere la minería informal:

- Inadecuado uso y aprovechamiento de los recursos naturales.
- Inadecuado métodos de exploración y explotación minera.

- Carencia de estudios de preinversión para las fases de exploración y explotación de minas.
- Limitada presencia del Estado en las actividades mineras de los pequeños mineros y los mineros artesanales, formales e informales.
- Escasos recursos económicos de la Dirección Regional de Energía y Minas (DREM).
- Incumplimiento de la normatividad minera de los pequeños mineros y los mineros artesanales.
- Escasa conciencia de la actividad minera formal y legal.
- Desinterés en formular el DIA o EIA para el pequeño productor y los mineros artesanales.
- Escaso conocimiento de la normatividad ambiental de los pequeños mineros y mineros artesanales.

San Antonio de Poto

Existen trabajadores mineros informales en la zona, los que están agrupados con cooperativas llamadas: Señor de Ananea, San Juan de Dios, Santiago, El Dorado y el Halcón con un promedio de 50 trabajadores cada una que obtienen 6 g de oro por persona al mes en el lado que desemboca al desagadero de la laguna Rinconada (bofedales) y 20 g por persona al mes en el otro lado (cerca de la mina San Antonio de Poto).

La zona también alberga a pequeños mineros asociados en cooperativas que se encuentran explotando en los alrededores. Las aguas residuales y relaves son arrojados a la margen izquierda del cauce de descarga de la laguna Rinconada, habiendo creado una área muy extensa con los desmontes y relaves expuestos al

aire libre y formado además zonas hidromórficas. Así mismo, junto a la laguna Sillacunca (parte baja) se ubica un depósito de desmontes y aguas abajo se encuentran pequeños mineros extrayendo minerales del cauce del río de descarga de la laguna.

Minería Artesanal de la Rinconada - Ananea.

El distrito minero de Ananea (Ananea – Rinconada – Cerro Lunar) se encuentra emplazada en el ramal oriental de los Andes del Sur del Perú, en el flanco occidental de la Cordillera de Apolobamba. Teniendo como coordenadas geográficas en latitud sur $14^{\circ}41'$, longitud oeste $69^{\circ}32'$, a 205 km al noreste de la ciudad de Puno. La altitud media del poblado minero la Rinconada oscila de 4800 a 5200 msnm, con aproximadamente 27 mil pobladores en un área de 10 hectáreas. El acceso por vía terrestre desde la ciudad de Juliaca es mediante carretera afirmada a Putina - Ananea - Rinconada. En los yacimientos primarios, la explotación suele ser eminentemente desde manual a semimecanizada, con perforación a pulso y martillos neumáticos. El transporte de mineral se realiza en carretillas o en carros mineros; el beneficio es en quimbaletes y molinos artesanales mecanizados, con una baja recuperación y uso indiscriminado de mercurio.

En los yacimientos secundarios de Chaquiminas, Vizcachani y Ancocala (depósitos fluvio-glaciales del cuaternario), se derriba el material aurífero con uso de explosivos y equipos mecanizados como cargadores frontales, volquetes y el tratamiento se realiza en plantas semimecanizadas consistente en tolvas, tromeles y en canaletas enrieadas. Ver Figuras N°3.4, 3.5 y 3.6.

Los relaves producto del procesamiento metalúrgico en ambos casos son

evacuados directamente a los canales de drenaje de ríos y laguna, o depositados directamente al suelo sin previo control y tratamiento, debido a la falta de adecuados sistemas técnicos de deposición.

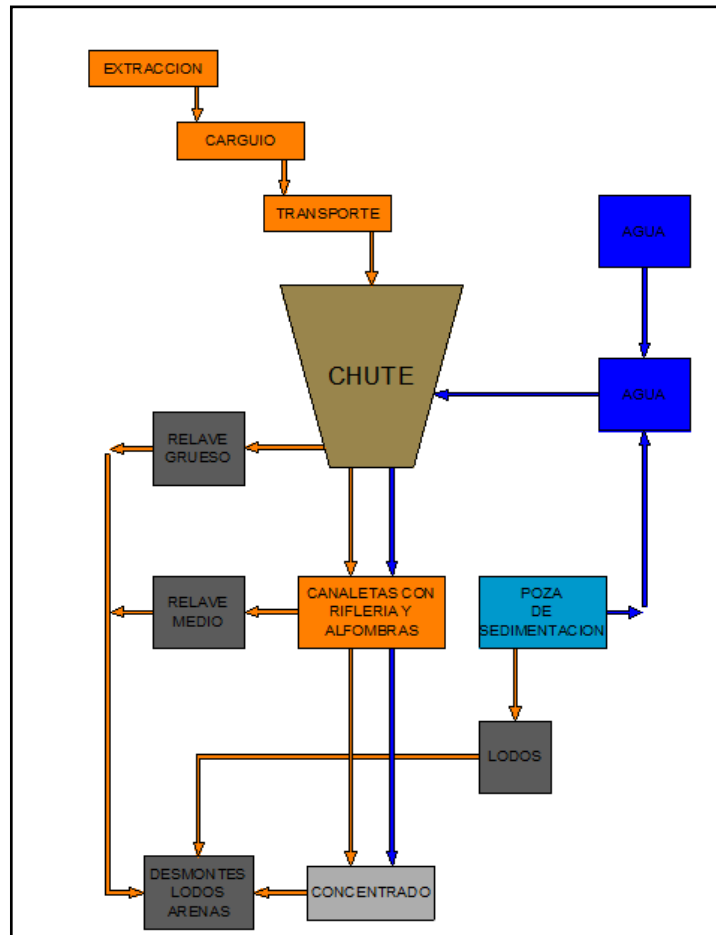


Figura N°3.4 Esquema del procesamiento del mineral –“A”

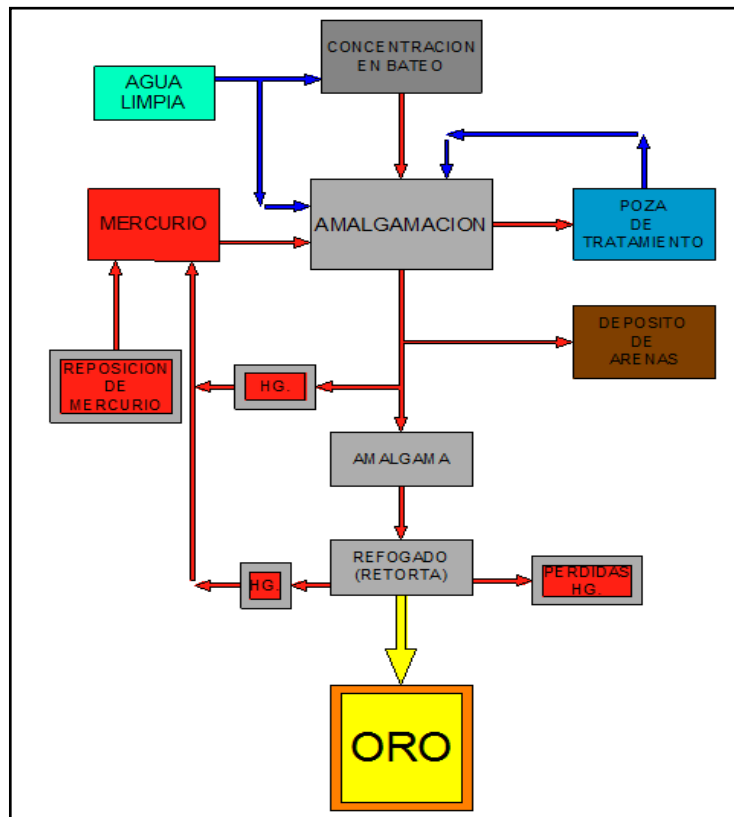


Figura N°3.5 Diagrama de flujo del procesamiento de minerales -“B”

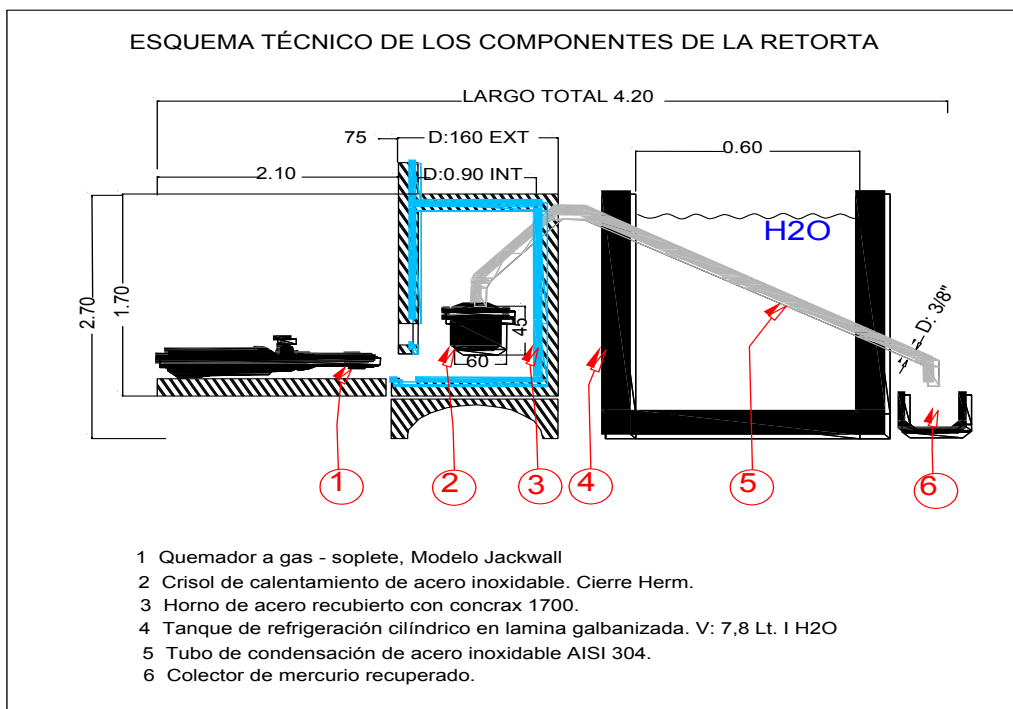


Figura N°3.6 Esquema de la retorta

CAPÍTULO IV

CONTAMINACIÓN E IMPACTOS AL AMBIENTE

4.1. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA

En la actualidad el agua que discurre a lo largo de la cuenca alta del río Ramis se encuentra afectada por la actividad minera, debido a la explotación de morrenas con contenido aurífero cuyo proceso de extracción del oro implica la generación de gran cantidad de sólidos en suspensión, el cual conlleva a una elevada turbidez de las aguas, estando por encima de los límites permisibles, los mismos que son vertidos a la cuenca del río Ramis (que es el colector principal de la cuenca) el que genera impactos negativos de tipo ambiental y social entre las poblaciones ubicadas a lo largo de la cuenca alta del río Ramis, situación que, de no ser mitigada o remediada continuará provocando impactos negativos a la salud de las personas, flora, fauna, actividad agrícola, piscícola, ganadera y vida acuática, a lo largo de esta cuenca (río Crucero, Azángaro, Ramis), la que finalmente llega al Lago Titicaca. Ver Figura N°13 Imagen satelital N°1 en Anexo N°4 (Aportes de sedimentos al Lago Titicaca).

El impacto negativo en la calidad del agua es consecuencia de la producción descontrolada por parte de los mineros informales en las áreas mineras La Rinconada, Cerro Lunar, Corporación Minera Ananea (CMA), Pampa Blanca,

Chaquiminas, Ancocala y Huachani y la Central de Cooperativas Mineras de San Antonio de Poto (CECOMSAP) todos ellos ubicados en el distrito de Ananea provincia de San Antonio de Poto, quienes no cuentan con autorización de las autoridades competentes (DIGESA) respecto al uso del agua.

El impacto negativo originados por contaminantes químicos, metálicos, orgánicos y fundamentalmente sólidos en suspensión, lama, sedimentos limo arcillosos de color marrón oscuro, se observa en las aguas de la cuenca alta del río Ramis (los pueblos de Ananea, Crucero, Antauta, Asillo, Azangaro), esta problemática se agrava mucho más, ya que la población mencionada, está obligada a consumir o utilizar el agua contaminada, debido a que el abastecimiento de agua potable no se da al 100 % de los habitantes. Ver Figura N°4.1.



Figura N°4.1 En esta imagen se aprecia la alta turbidez del agua, que discurre por el cauce del río Ramis, por presencia de los SST y SDT, también pasivos ambientales como desmontes.

4.1.1. Impacto del agua originado por los pasivos ambientales.

Los pasivos ambientales como los desmontes, que existen a lo largo de la cuenca del río Ramís está contaminando el flujo de agua que discurre, lo cual perjudica la capacidad de aprovechamiento en el uso de las aguas.

- La calidad de agua en la Cuenca Alta del río Ramis no es apta para el consumo humano, ya que presenta concentraciones metálicas que han excedido los estándares de calidad ambiental (ECA, según D.S. N°002-2008-MINAM), tal como se aprecia en los resultados de análisis en los puntos de monitoreo C-1, C-2, C-3 y C-4 localizados en el entorno del distrito de Ananea.



Figura N°4.2 Se observa pasivos ambientales (desmontes abandonados) en la zona minera Ananea



Figura N°4.3 Desmontes abandonados al borde del río Ramis localizados en Ananea cerca al punto de monitoreo N°3 en la cuenca del río Ramis.

4.2. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE

El uso descontrolado, inadecuado e ineficiente del mercurio para la extracción del oro en el proceso de amalgamación y refogado del oro, da como consecuencia que grandes cantidades de mercurio se pierdan y se viertan al medio ambiente en forma de gases liberados durante el refogado, siendo esto el principal problema de contaminación ambiental del aire en la Cuenca Alta del río Ramis. Generando riesgos sobre la salud pública de más de 1 000 000 de habitantes (peruanos y bolivianos). Se estima que al año se utilizan alrededor de 11 toneladas de mercurio líquido en la zona de Puno, los mismos que se pierden en el proceso de amalgamación y refogado (yéndose a la atmosfera en forma gaseosa, retornando en forma líquida una vez que se condensa).

También se contamina el aire con vapores o gases de cianuros, en algunas zonas donde realizan el procesamiento por el método de cianuración; así mismo

se contamina el aire de dióxido de azufre contenidos en gases residuales por los procesos de combustión incompleta incluyendo impacto por malos olores del agua estancada, debido a la insuficiencia de Oxígeno en el agua provocando olores, esto por la falta de descomposición de desechos orgánicos, en la Cuenca Alta del río Ramis por la zona de Ananea, existiendo más de mil tajos medianos con agua estancada de varios años que son los causantes de este impacto dañino para todo ser viviente.

El aire al contaminarse con impurezas sólidas, por ejemplo polvo y combustibles tóxicos o inertes, provenientes de diversas fases del proceso, es capaz de penetrar hasta los pulmones.

A nivel nacional se libera 22 toneladas de mercurio: 11 liberadas en el Sur Medio y las otras 11 en Puno; se sabe también que alrededor del 50% del mercurio liberado luego se precipita y cae en los alrededores del lugar donde se realiza el proceso de refogado, considerándose también que esta operación generalmente se realiza en la casa del minero artesanal, comerciante, acopiador de oro, etc.; entonces no es muy difícil imaginar el peligro al que están expuestos todos los habitantes de esta zona y alrededores. Según estudios efectuados, se ha encontrado altos niveles de concentración de mercurio en la sangre en todas las personas que se encuentran laborando cerca a la zona de refogado donde se quema la amalgama.

El Refogado de la amalgama se realiza en los locales donde compra y vende oro. Existen varios locales en los diferentes pueblos de la cuenca del río Ramis. Ver Figura N°4.4.

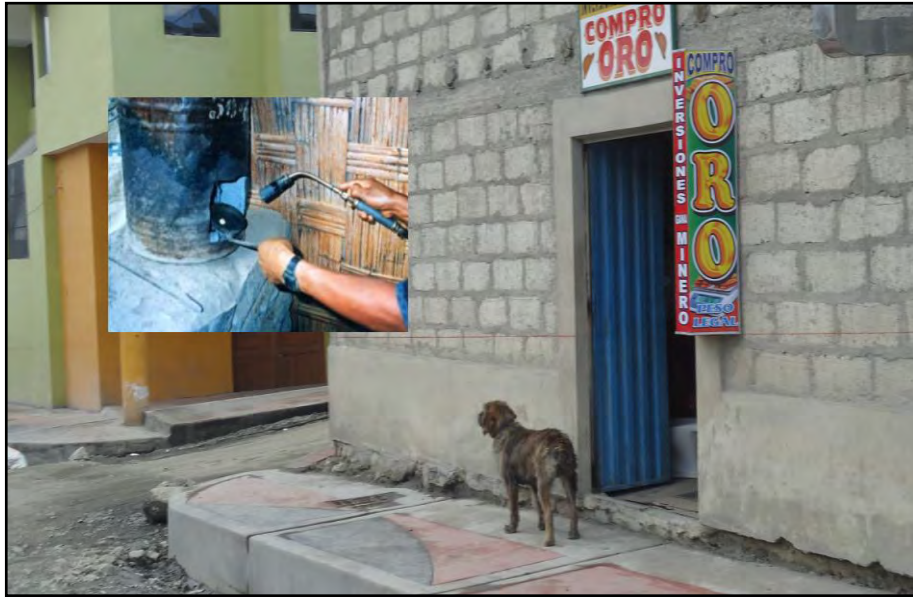


Figura N°4.4 Local de comercialización del oro, ubicado en el pueblo de Ananea donde compran y venden oro y también realizan el proceso de refogado del amalgama.

4.2.1. Concentraciones de Mercurio Promedio (mcg/m3) Localizado en la Cooperativa Santiago, a 500m del pueblo de Ananea Puno

Concentraciones promedio de mercurio (mcg/m3)

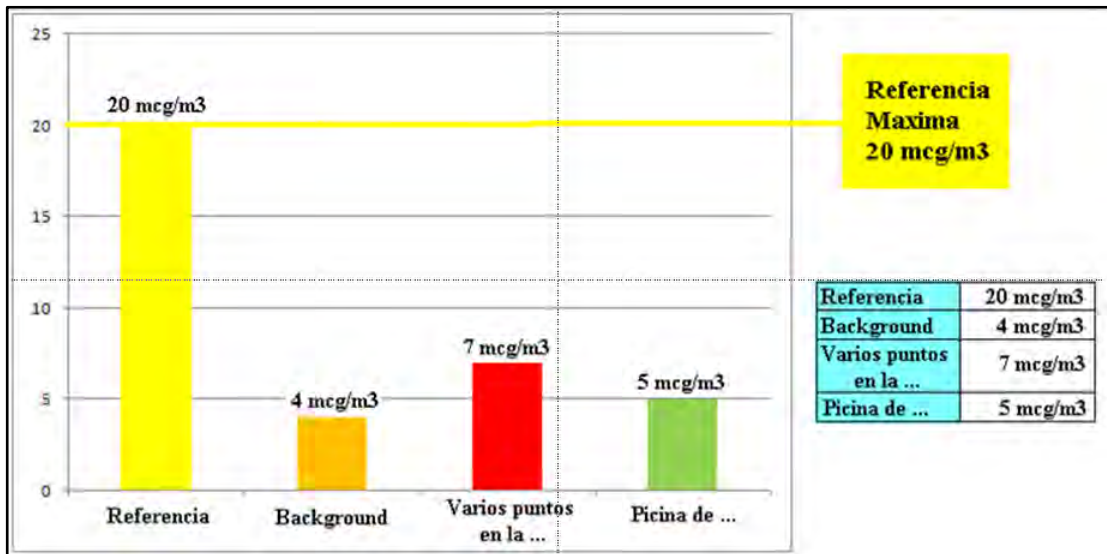


Figura N°4.5 Concentraciones promedio de mercurio Ananea-cooperativa Santiago (mcg/m3) - Referencia Máximo de Aire Ocupacional (industrial) OMS: 20 mcg/m3 Mercurio

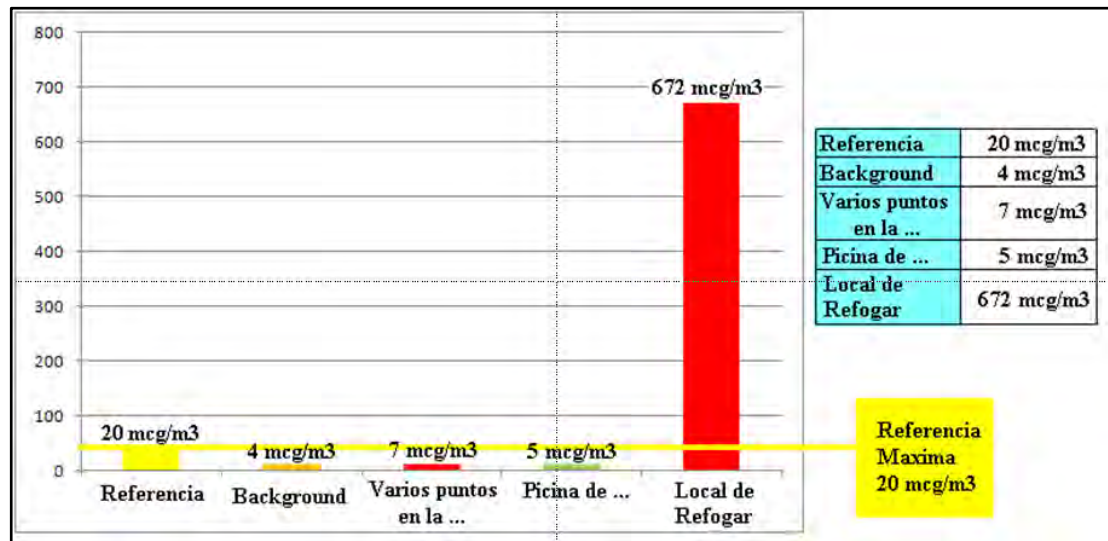


Figura N°4.5.1 Concentraciones promedio de mercurio Ananea-cooperativa Santiago incluido en el local de refogado (mcg/m³) - Referencia Máximo de Aire Ocupacional (industrial) OMS: 20 mcg/m³ Mercurio

En el gráfico anterior se puede observar que la contaminación del mercurio en un local o espacio cerrado donde se realiza el refogado, presenta concentraciones muy elevadas de 672 mcg/m³, teniendo en cuenta que el límite máximo permisible de Aire Ocupacional (industrial), dado por la OMS es de 20 mcg/m³ de Mercurio.

Otro contaminante se da mediante los sólidos suspendidos en el aire en época de estiaje y los humos que se generan por la quema de residuos sólidos domésticos e industriales y los olores molestos en los criaderos de cerdos, relleno sanitario, botaderos y en las vía públicas son un impacto negativo y toxicológico al ambiente.

4.3. IMPACTO SOBRE LOS SUELOS

El problema que generan impacto negativo, en la cuenca del río Ramis son los sólidos en suspensión totales (SST) los mismos que están constituidos por

arcillas y limos de color marrón oscuro, que hacen que el agua no sea apta para consumo humano ni para consumo de los animales.

Las labores realizadas por la minería informal han ocasionado un impacto negativo a lo largo de la cuenca del río Ramis y al ecosistema, donde las zonas de pastoreo y agricultura que antes eran zonas donde pastaban animales y la flora estaba presente y a causa del impacto negativo que ocasiona la minería informal, éstas han desaparecido o están en proceso de extinción. Las labores mineras realizadas en forma caótica por los informales en las zonas de ladera y cumbres, consiste en la remoción de material contaminante generador de agentes ácidos que contaminan el flujo o caudal líquido transportado por el río Ramis y el material presente en el cauce del río Ramis, el mismo que modifica la morfología del suelo.

Asimismo, se debe tener en consideración que los desmontes y relaves depositados en forma desordenada y sin estabilidad física y química, contribuye a la erosión de las terrazas presentes en la orilla del río, el cual genera derrumbes y conlleva a que se produzcan deslizamientos de los taludes superiores con la consiguiente saturación de material presente en el cauce del río y a la sedimentación de los cursos de agua.

Anteriormente las terrazas presentes en el entorno de la cuenca del río Ramis se consideraban como áreas de pastoreo y hábitat de aves silvestres, en la actualidad dichas áreas son utilizadas por los mineros informales como depósitos de desmontes

Como se había mencionado en los párrafos anteriores, no sólo la minería informal y artesanal, contamina el suelo, sino también la presencia de residuos

sólidos (desmonte) en lugares no aptos para su deposición final, la inexistencia de un tratamiento de aguas servidas, la alta turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST) han conducido al deterioro, pérdida y sobreexplotación de los suelos con fines de utilización agrícola a consecuencia de un crecimiento desordenado y desmesurado de la población. Ver figuras adjuntas.



Figura N°4.6 En fondo la entrada a el pueblo de Ananea y delante el impacto que está dejando la pequeña minería y minería informal, antes el suelo era lleno con flora y fauna



Figura N°4.7 Al fondo el río Ramis, en la margen izquierda la población de Ananea y a lado derecho desmontes inestables

Cabe resaltar que la Universidad Agraria de La Molina, a solicitud del Ministerio de Energía y Minas, mediante la Dirección de Asuntos Ambientales, realizó la **“Investigación y Monitoreo de los Ríos Carabaya – Ramis, Cabanillas – Coata y del Lago Titicaca” Diciembre, 1999**. Del mismo se presenta en el Tabla N°10 Anexo N°2 los resultados de calidad de suelo de los puntos C-2 (Laguna Rinconada, LR, y Río Ramis con el puente Crucero, RCC).

4.4. IMPACTO EN LA FLORA.

En la cuenca alta del río Ramis los impactos que se han observado son negativos específicamente en lo que se refiere a la flora y fauna, las mismas que se relacionan con las pérdidas, disminución, desaparición de flora debido a la alta contaminación del agua ocasionado por los trabajos ejecutados por los mineros informales quienes ocasionan que, las aguas que discurren por el cauce

del río Ramis, presente una turbidez fuera de lo normal y presencia de sólidos suspendidos y material fino de color marrón oscuro y lodo a lo largo de toda la cuenca del río Ramis, estas aguas turbias y lodos han modificado la morfología del terreno; donde había flora, fauna, zonas agrícolas y ganaderas, ahora hay la presencia de botaderos de material de desmonte generador de aguas ácidas los mismos que han afectado áreas de cultivos.

Cabe recalcar que los impactos negativos que se han producido en la parte alta de la cuenca del río Ramis, han modificado e impactado severamente a la flora y fauna aguas abajo del área de trabajo de los mineros informales.

Según estudios realizados en la cuenca del río Ramis los valores no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental, según D.S. N° 002-2008-MINAM, teniendo incidencias en la flora; el agua en esta zona es un elemento primordial, vital para la subsistencia tanto de las poblaciones asentadas a lo largo de la cuenca del río Ramis y de la fauna silvestre, como también los animales domésticos, asimismo la concentración de sólidos totales suspendidos y la alta turbidez bloquean el paso de la luz hacia el fondo de la cuenca, afectando el crecimiento de la flora acuática; también se ve afectada la actividad agrícola que utiliza las aguas con fines agrícolas, mediante el riego con aguas contaminadas por la actividad de la minería informal, lo cual da como resultado la disminución de productos de pan llevar.

El problema de la contaminación del agua ocasionada por la minería informal de la cuenca alta del río Ramis, viene provocando a través del riego con aguas contaminadas, la formación de pequeñas películas de lodo sobre el suelo, siendo esto la causa en los últimos años, que los suelos se vuelvan

improductivos, dando como consecuencia la disminución en la producción de los cultivos por la presencia de metales pesados en los suelos, afectando la economía de la población asentada a lo largo de la cuenca del río Ramis, el agua ha perdido su capacidad de estimular el crecimiento de los cultivos. Ver Figura N°4.8.



Figura N°4.8 Destrucción ecológica de la flora, fauna y el entorno paisajístico en la zona minera Ananea

4.5. IMPACTO EN LA FAUNA

Existe impacto negativo sobre la fauna existente en la cuenca del río Ramis, debido a la presencia de niveles elevados de sedimentos y alta turbidez producidos por la actividad minera, hacia los tributarios que componen la cuenca alta del río Ramis contaminando a la fauna y originando infección estomacal a los pobladores, y a largo plazo malformaciones congénitas en los animales y muerte de millones de seres vivientes.

La fauna ha sido perturbada y ahuyentada también por el ruido (maquinaria pesada y automotriz) además por la erosión, polución de los relaves finos y desmontes afectando particularmente a la fauna ya que al desaparecer la flora no hay alimento para los animales. Dándose también el envenenamiento por el alto contenido de mercurio presente en los sedimentos de la cuenca provenientes de los efluentes de la zona de extracción.

El aluminio lixiviado del suelo y el sedimento de las riberas sofocan a los peces ocasionando que liberen moco que obstruye sus branquias y evita el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono a través de la membrana branquial.

Al final de la cuenca alta del río Ramis existe una diversidad de especies presentes; circunscribiéndose a los auquénidos. Las aves han hecho su hábitat en las lagunas y riachuelos, se ha podido observar la presencia de parihuanas, aves asociadas a ambientes acuáticos, gaviotas andinas, aguiluchos además de gallinazos. Entre las especies introducidas por el hombre al medio para su sustento destacan las ovejas, vacas y aves de corral.

En la zona intermedia de los alrededores de la cuenca del río Ramis la población se ha dedicado a la crianza de vacunos tendientes a la raza “brown swiss”, esto ha impulsado a los ganaderos a utilizar el agua del río para propósitos de mejorar la alimentación del ganado. Es por ello que se impulsó la formación de una represa de nombre “Progreso” en la misma que se almacena hoy aguas contaminadas por lodos y metales pesados.

Observándose en la actualidad la presencia de lodos o lamas sedimentados en la base de los pequeños canales de riego utilizados por los ganaderos.

En esta zona intermedia se riegan pastos cultivados como alfalfa, reygrass,

dactilis y trebol; por otro lado el cultivo de la avena con propósitos para la alimentación de ganado se halla bastante extendido.

En terrenos pequeños capa de lama que no permite hacer crecer a los pastos ni a la avena, la producción de alimento para el ganado ha bajado, por otro lado, nuestros ganados también han sido afectados por las aguas contaminadas en estos últimos años han muerto varios animales entre ovinos y vacunos, esas aguas contaminadas le producen la diarrea a los animales y mueren con ello, las vacas paren crías con malformaciones y cuando las crías toman el agua contaminada andan como si estuvieran ebrias”.

En el pasado, el río Ramis era de mucha utilidad , hoy en día eso se ha reducido al punto de ver al río como una amenaza para la salud de los ganados, es por ello que hoy prefieren abrevar a los animales en lugares alejados al río, pues pueden contraer la diarrea y otras enfermedades. Ver figuras adjuntas.



Figura N°4.9 La fauna, caracterizado por camélidos, como las alpacas y el segundo punto de monitoreo localizado en la Laguna Rinconada.



Figura N°4.10 Existencia de malformación que presenta esta cría: prueba del deterioro de la biodiversidad y consecuencia de la contaminación sobre los de seres vivientes

4.6. IMPACTO EN LA FLORA Y FAUNA ACUÁTICA

Existe pérdidas, disminución, desaparición de flora y fauna acuática por el impacto negativo debido a la excesiva turbidez y altos contenidos de sólidos suspendidos totales (SST) ocasionado por las operaciones mineras de la pequeña minería artesanal y minería informal, quienes ocasionan que, las aguas que discurren por el cauce del río Ramis, presenten alta turbidez y presencia de sólidos suspendidos y material fino de color marrón oscuro y lodo a lo largo de toda la cuenca del río Ramis, estas aguas turbias y lodos han modificado la morfología del terreno; donde había flora y fauna acuática en la cuenca alta y media.

Cabe recalcar que los impactos negativos que se han producido en la parte alta de la cuenca del río Ramis, han modificado e impactado severamente a la flora y fauna aguas abajo del área de trabajo de los mineros informales.

Según estudios realizados en la cuenca del río Ramis los valores no cumplen con los LMP y ECA, teniendo incidencias en la flora; el agua en esta zona es un elemento primordial, vital para su subsistencia, asimismo la concentración de sólidos totales suspendidos y la alta turbidez bloquean el paso de la luz afectando el crecimiento de la flora acuática; viéndose también afectados en la actividad agrícola a través del riego con las aguas contaminadas generadas por la minería informal, provocando así una disminución productiva.

4.7. IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO

En la cuenca Alta del río Ramis existe impacto negativo en el aspecto socioeconómico debido a la contaminación del agua por la presencia de los sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT) y la alta turbidez, siendo el agua el elemento esencial, vital para la vida humana, por tanto beber agua contaminada y cuyas condiciones de saneamiento e higiene son inapropiadas, dan como consecuencia diversas enfermedades como infecciones estomacales (diarrea, fiebre, etc.), afectando la salud de la población de la cuenca alta del río Ramis (niños, adultos).

Según la Organización Mundial de la Salud OMS, 90% de los casos de diarrea, considerada en todas sus formas son atribuibles a la mala cantidad y mala calidad del agua y deficiente saneamiento e higiene; asimismo el Ministerio de Salud Peruano, indica que 4.6% de los casos de mortalidad infantil en el año 2000 se debieron a enfermedades intestinales, lo que entre otras incidencias se estima que el costo de los problemas de salud ambiental en el Perú provoca aproximadamente 8.4 millones de casos anuales de morbilidad en niños y 11.8

millones de casos en adultos.

Nuestro país no es ajeno a la situación de pobreza y en especial la población del área de influencia de la Cuenca Alta del río Ramis pues tienen limitaciones en infraestructuras y equipamientos de servicios sociales (centros de salud, escuelas), así como la insatisfacción de la demanda de agua potable, alcantarillado, energía, iluminación, comunicación y cocción de alimentos, así como vías de comunicación deficientes, que no permiten mayores áreas de desarrollo. Los ingresos se limitan a la venta de sus productos, lo que constituye ser una zona deprimida en la cual la calidad de vida es baja.

La producción agrícola realizada generalmente no tiene significado económico por ser de autoconsumo o de subsistencia. La ganadería es carente en la mayoría de casos de asistencia técnica y la producción de derivados de la leche, carnes y lana involucran un proceso de deterioro de los suelos por sobre pastoreo y mal manejo del recurso hídrico. Respecto a la vivienda, ellas son en las áreas rurales en su mayoría de adobe, techos de paja y calamina y pisos de tierra, no tienen ambientes separados y no disponen de servicios de agua potable y desagüe.

Los niveles de contaminación siguen incrementándose, lo cual está generando la preocupación y el malestar de la población, quienes han efectuado una serie de reuniones y manifestaciones con la finalidad de expresar su voz de protesta, a efectos de que se den alternativas de solución concreta a esta problemática.

En la cuenca las autoridades no están realizando un trabajo coordinado para enfrentar los problemas medulares, como son formalizar, supervisar, fiscalizar la

actividad minera que se realiza en esta zona con el objeto de evitar el vertimiento de sólidos en suspensión, y básicamente, efectuar un análisis actualizado de las aguas del río Ramis a efectos de determinar en forma específica cuales son los metales pesados y/o agentes contaminantes que existen en el curso de sus aguas. Ver Figura N°4.11.



Figura N°4.11. Una niña toma el agua turbia contaminada por presencia de SST y SDT por la falta de control de efluentes cerca al pueblo de Ananea.

Las mineras clandestinas han causado impacto toxicológico y negativo al río, contaminando todas sus aguas, perjudicando a las poblaciones que usan esta agua para el sustento diario de sus habitantes: esta situación es insostenible.

4.8. IMPACTOS SOBRE EL SISTEMA SOCIOECONÓMICO

La ciudad también puede considerarse como una unidad productiva donde el estado del ambiente causa impactos sobre su productividad, su eficiencia, su estado de salud y sobre la calidad de vida de la población. Un ambiente

degradado requiere procesos de descontaminación, recuperación y reconstrucción de los componentes naturales y construidos, que significan un costo social para la economía urbana. También implican pérdidas de días laborales y productividad, gastos en atención médica y curación de la salud, además de compensaciones por daños diversos.

Producción de malos olores, en épocas de estiaje se percibe malos olores producto de las descargas de aguas residuales domésticas, lo cual genera desprendimiento de sulfuro de hidrógeno, carga microbiológica más concentrada.

Desbordes e inundaciones en cuenca del río Carabaya-Ramis. La cuenca del río Carabaya-Ramis se encuentra en permanente riesgo de inundación a consecuencia de la baja capacidad de conducción que presenta el cauce del río y la presencia de residuos sólidos en las riberas que la acondicionan para su desborde; en la cual ante la ocurrencia de este evento aparte de ocasionar daños materiales y económicos, causaría una epidemia en la zona afectada por la alta contaminación de las aguas del río.

Necesidades de servicios básicos. Los habitantes de las comunidades no cuentan con los servicios básicos de agua y desagüe, el agua lo obtienen de cisternas que lo venden, y de los pozos de agua subterráneas que se ubican en las afueras de sus viviendas en donde necesitan su total desinfección para su consumo. Los habitantes aledaños a la ribera del río Ramis afirman que sus familias sufren de enfermedades respiratorias, en la piel y diarreas entre otras enfermedades. El problema radica en la deficiencia de gestión ambiental de recojo y manejo de residuos sólidos de las municipalidades que intervienen en la

cuenca alta y baja, la falta de educación y sensibilización ambiental por parte de los mismos pobladores del lugar y de las autoridades municipales.

Impacto al paisaje. El intenso laboreo minero en el área ha causado una modificación de las condiciones iniciales del aspecto físico del área de estudio, por ello es quizás este impacto el más visible al medio ambiente.

La forma de recuperar la estabilidad de medios será motivo de estudios amplios de Geotecnia con diseño de taludes afectados y perfilado adecuado según consideraciones geotécnicas de los taludes aperturados por los mineros. Ver figuras adjuntas.



Figura N°4.12 El río Ramis en la margen izquierda la población y desmontes después del tratamiento de minerales.



Figura N°4.13 La población se ve afectada por la alta turbidez de las aguas

4.9. GENERACIÓN DE RIESGOS GEODINÁMICOS POR LAS ACTUALES OPERACIONES MINERAS

En la actualidad se tiene la presencia de más de 2500 mineros informales dedicados a esta actividad de minería aluvial y el impacto al medio físico actual es bastante considerable, con resultados de disturbación negativa en el área.

La excavación es el la principal actividad en un yacimiento aluvial de oro que al final deviene en el efecto negativo a la cuenca que los mineros han cambiado la estructura del área evaluada, asimismo, la geodinámica externa del área es intensa y permite afirmar que en esencia los taludes iniciados por lo mineros están siendo erosionados intensamente por el agua en época de avenida.

Las excavaciones de los mineros afectan a los taludes en forma directa y se generan riesgos de derrumbes y caídas de rocas, por la inestabilidad generada en los taludes los mismos que en épocas de precipitación pluvial se reactivan y se activa intensamente la geodinámica externa.

Cabe mencionar que los materiales removidos son arrastrados por el agua de la precipitación pluvial que discurre por la ladera de las terrazas y hace que éstas se desestabilicen.

Los mineros informales han explotado las laderas de los cerros sin ningún tipo de asesoramiento técnico, por lo que han trabajado en forma empírica, desordenada y caótica, dejando impactado y disturbado el área de las terrazas, lo cual ha dado lugar a que las aguas de precipitación pluvial erosionen y socaven intensamente llevando los materiales finos presentes de las laderas al cauce de la Cuenca del río Ramis. Ver Figura N°4.14.



Figura N°4.14 Desmontes inestables y riesgos geodinámicos.

CAPÍTULO V

MONITOREO AMBIENTAL Y RESULTADOS DE LABORATORIO

5.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se orientó especialmente a tomar muestras de aguas y complementariamente coleccionar sedimentos recientes.

Se realizó previamente un trabajo de gabinete, donde se construyó un plano de monitoreo en base a los cuadrángulos del Instituto Geográfico Nacional correspondiente a: Macusani, Azángaro, Juliaca, Limbani, La Rinconada, Putina y Puno, escala 1/100,000 indicando puntos de monitoreo, accesibilidad y ubicación aproximada de los puntos con sus respectivas coordenadas.

Así mismo se seleccionó los materiales y equipos que se indican a continuación:

1. Frascos de polietileno de 1 litro para toma de muestras de aguas y preservación. Jarra para toma de muestra.
2. Bolsas de polietileno para muestreo de sedimentos. Espátula para el muestreo.
3. Equipo Water Tester marca Hanna para medición durante la toma de muestras de agua en el río del pH, conductividad, potencial redox y temperatura.
4. GPS para ubicación de puntos de monitoreo.

5.2. TRABAJO DE CAMPO

El diseño de la ubicación de los puntos de monitoreo así como el Plan de Acción de las Actividades de Campo fueron planificadas considerando los planos del INGEMMET y los puntos de toma de muestras de aguas y sedimentos utilizando el GPS. En cada punto se procedió a tomar la muestra de agua aplicándoles los preservantes adecuados. Las muestras fueron tomadas en partes del río con agua fluyendo. Además con el equipo de multi-parámetros se midió los parámetros de campo: el pH, conductividad, potencial Redox y temperatura en el agua del punto muestreado. Del mismo entorno se colectaron los sedimentos. Los preservantes para la conservación de las muestras de agua se adjunta en la tabla N°11 del anexo N°2.

5.3. CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

Los criterios considerados para la ubicación y selección de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Ramis son los siguientes:

1. La ubicación de los poblados importantes.
2. Distancia entre los puntos de monitoreo.
3. Posibles existencias de fuentes contaminantes.
4. Accesibilidad al punto de monitoreo.

5.4. PUNTOS DE MONITOREO

En la cuenta total del río Ramis desde Ananea hasta el lago Titicaca se estableció doce puntos de monitoreo. Los resultados del análisis de agua de estos puntos se

indican la Tabla N°12 del Anexo N°4 y los gráficos de los parámetros de agua en los doce puntos de monitoreo en encuentran en la Figura N°16 del Anexo N°4. En el estudio de la cuenca alta del río Ramis se ha establecido estudiar los siguientes cuatro puntos de monitoreo:

Punto de Monitoreo N°1

“Quebrada Cerro Lunar, antes de la desembocadura en la Laguna Rinconada.”La ubicación y altitud se determinó mediante las lecturas en el G.P.S., las coordenadas UTM del punto de monitoreo son: 450014E y 8383004N con una altura de 4,630 msnm. En el punto de muestreo el valle es glaciar en forma de U, desarrollado sobre pizarras paleozoicas, en el fondo del valle material fluvioglaciar con clastos angulosos y boulders una altura está emplazada el campamento minero La Rinconada (mina y planta). Ver Figura N°5.1.



Figura N°5.1 Punto de Monitoreo N°1

○ **Punto de Monitoreo N°2**

Laguna La Rinconada. La ubicación y altura se determinó mediante las lecturas en el G.P.S. siendo las coordenadas U.T.M. del punto de muestreo los siguientes: 447051E y 8379049N con una altura de 4548 msnm.

Laguna Rinconada, emplazada sobre material fluvioglacial, se observan en las orillas el material morrénico anguloso constituido principalmente por pizarras. El aluvión fluvioglacial al Sur Este intensamente trabajado por los mineros informales extrayendo el oro libre de placer donde se observa el abanico del material removido como producto de su actividad, se encuentra a una distancia de 131 km de la Mina San Rafael. (Distrito de Antauta, Provincia Melgar). Ver Figura N°5.2



Figura N°5.2 Punto de Monitoreo N°2

- **Punto de Monitoreo N°3**

Río Grande (Río Ramis). La ubicación y altura se determinó mediante las lecturas en el G.P.S. Siendo las coordenadas U.T.M. del punto de muestreo las siguientes: 431853E y 8382336N con una altura de 4 493 msnm. Ver Figura N°5.3.

Ver plano N°6 y plano N°7 en el anexo N°4 (Plano de monitoreo de agua y sedimentos)



Figura N°5.3 Punto de Monitoreo N°3

- **Punto de Monitoreo N° 4**

Río Ramis en el puente de la localidad de Crucero. Se ha muestreado en la localidad de Crucero, cerca al puente denominado "Puente Caído".

La ubicación y altura se determinó mediante las lecturas en el G.P.S. Siendo las coordenadas U.T.M. del punto de muestreo las siguientes: 412767E y 8401891N con una altura de 4 243 msnm.

El que se encuentra a una distancia de 74 km de la Mina San Rafael (Distrito Antauta, Provincia de Melgar). El valle poco profundo, amplio el río está con poca agua (época de estiaje), el material está constituido por cuarcitas y volcánicos. Los flancos del valle son calizas del Grupo Copacabana.

La flora está constituida por pastos (lchu) y los animales silvestres como parihuanas, patos, etc., además otros animales como corderos, llamas, vicuñas, etc. Ver figuras adjuntas.



Figura N°5.4 Punto de Monitoreo N°4

Así mismo podemos ver en la siguiente imagen satelital la localización de los cuatro puntos de monitoreo.

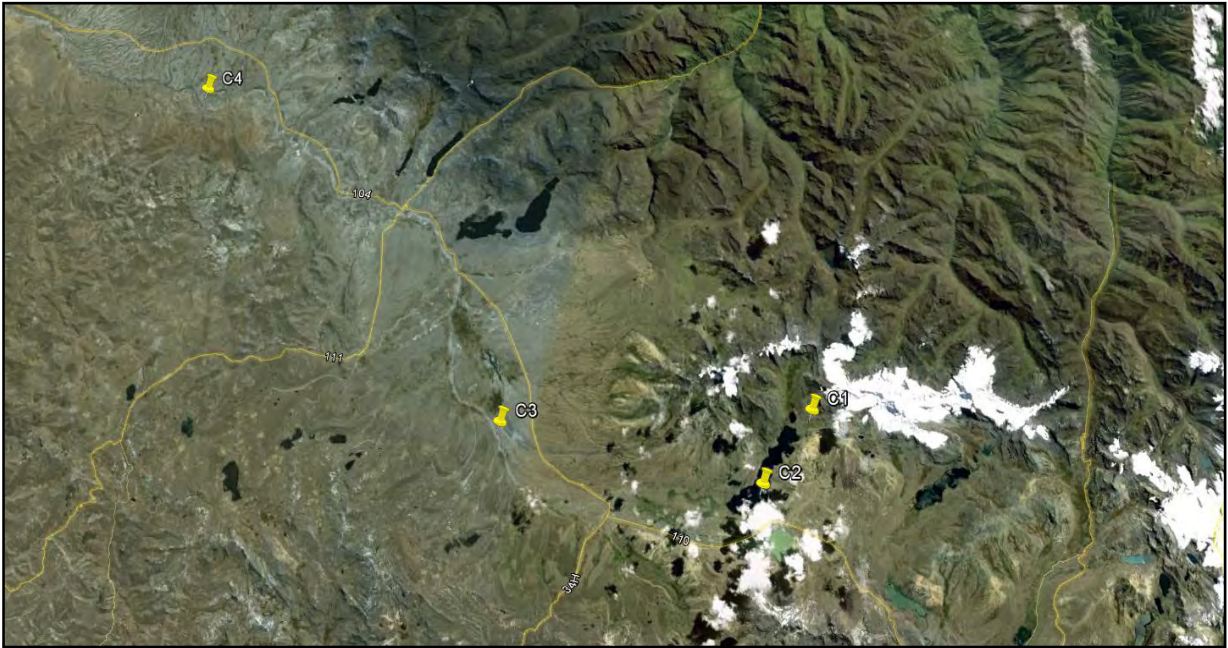


Figura N°5.5 Ubicación de los puntos de monitoreo en vista satelital.

5.5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Los análisis concernientes se realizaron en el Instituto de Minería y Medio Ambiente y Laboratorio de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería y de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de Aguas del MEM, utilizando materiales e instrumentos como: turbidímetro, espectrofotómetro visible, ionómetro para cianuro y espectrofotómetro de absorción atómica para la determinación de parámetros fisico-químicos y metales en las aguas tales como: turbidez, sulfatos, SST (sólidos en suspensión totales) Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, As y cianuro y mercurio. Ver planos N°7 en el anexo N°4 (12 puntos de monitoreo)

5.5.1. Resultados de Calidad de Agua

En las tablas siguientes se presentan los resultados de los 03 monitoreos

realizados durante el año 1996 y 01 monitoreo realizado en el año 2010.

○ **Punto de monitoreo C-1**

Tabla N°5.1 Resultados de análisis del agua en el Punto C-1

Parámetros	1996			2010	ECA-3
pH	6.3	5.1	4,9	8.4	6.5 – 8.5
Conductividad (Us/cm)	170	170	170	110	<=5000
Turbidez(NTU)	123	26.9	35.6	79.36	
T (°C)	13.5	11.1	14.7	12	
Sulfatos(mg/L)	54.77	29.75	28.09		500
SST(mg/L)	10	134	122	90.7	
SDT(mg/L)	86	50	136	65	
Fe(mg/L)	1.027	0.085	0.012	63	1
Zn(mg/L)	0.087	0.133	0.187	1.21	2
Cu(mg/L)	0.004	0.004	0.016	0.3	0,2
Mn(mg/L)	0.346	0.404	0.333	3.2	0,2
Pb(mg/L)	0.004	0.005	0.006	0.21	0,5
Cd(mg/L)	0.0002	0,0007	0.0004	0.008	0,005
As(mg/L)	0.0009	0.0047	0.0037	0.6	0,05
Hg (mg/L)	0.0081	0.0091	0.0078	0.021	0.001
Caudal(m3/día)	6024	8184	11145.6	12800	

Fuente: Elaboración Propia, Análisis realizados en el Laboratorio de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

○ **Punto de monitoreo C-2**

Tabla N°5.2 Resultados de análisis del agua en el Punto C-2

Parámetros	1996			2010	ECA-4
Ph	6.5	6.2	6.2	7.2	6.5 – 8.5
conductividad umhos/cm)	50	60	60	80	
Turbidez(NTU)	4,6	2,4	2.7	4.9	
T (°C)		11,2	14	3.08	
Sulfatos(mg/L)	16,89	9,67	13.14	198	
SST(mg/L)	14	24	28	0.0011	<=25
SDT(mg/L)	12	48	52	0.025	500
Fe(mg/L)	0	0.023	0.008	60	
Zn(mg/L)	0	0.019	0.014	0.398	0.03
Cu(mg/L)	0.001	0.001	0.002	0.0011	0.02
Mn(mg/L)	0.001	0.014	0.002	0.027	
Pb(mg/L)	0.005	0.002	0.002	0.0025	0.001
Cd(mg/L)	0.001	0.0003	0.0003	0.01	0.004
As(mg/L)	0.0037	0.0067	0.0057	0.0005	0.01
Hg (mg/L)	0.017	0.012	0.029	0.004	0.0001

Fuente: Resultados de Análisis realizados en el Laboratorio de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Elaboración Propia

○ **Punto de monitoreo C-3**

Tabla N°5.3 Resultados de análisis del agua en el Punto C-3

Parámetros	1996			2010	ECA-3
pH	6.7	7	7	7.5	6.5 – 8.5
Conductividad(umhos/cm)	200	190	130	120	<=5000
Turbidez(NTU)	15600	15576	15576	16673	
T(oC)	5.7	2.5	13.7	13	
Sulfatos(mg/L)	46.77	20.77	48	48,5	500
SST(mg/L)	9958	10410	10256.67	11340,88	
SDT(mg/L)	138	120	73	50	
Fe(mg/L)	0.039	0.241	3	40	1
Zn(mg/L)	0.012	0.021	1	2.5	2
Cu(mg/L)	0.001	0.005	1.4	1.85	0.2
Mn(mg/L)	0.039	0.009	1.8	14.5	0.2
Pb(mg/L)	0.026	0.006	0.045	0.9	0.05
Cd(mg/L)	0.001	0.0005	0.004	0.012	0.005
As(mg/L)	0.0005	0.0117	0.08	1.9	0.05
Hg (mg/L)	0.0038	0.0029	0.0042	0.005	0.001
Caudal(m3/día)	51500	52350	125263	63417.6	

Fuente: Elaboración Propia, Análisis realizados en el Laboratorio de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

○ **Punto de monitoreo C-4**

Tabla N°5.4 Resultados de análisis del agua en el Punto C-4

Parámetros	1996			2010	ECA-3
pH	6,7	7	6,7	8.9	6.5 – 8.5
conductividad (umhos/cm)	200	190	250	250	<=5000
Turbidez (NTU)	15600,0	15576,0	15552,0	8750	
T (oC)	5,7	2,5	3,7	13	
Sulfatos (mg/L)	46,77	20,77	24,87		500
SST(mg/L)	9958	10410	10402	920	
SDT(mg/L)	138	120	118	150	
Fe(mg/L)	0.039	0.241	1.187	35	1
Zn(mg/L)	0.012	0.021	0.016	0.95	2
Cu(mg/L)	0.001	0.005	0.005	0.12	0.2
Mn(mg/L)	0.039	0.009	0.021	2.56	0.2
Pb(mg/L)	0.026	0.006	0.004	0.1	0.05
Cd(mg/L)	0.001	0.0005	0.0002	0.0008	0.005
As(mg/L)	0.0005	0.0117	0.0117	0.24	0.05
Hg (mg/L)	0.0018	0.0018	0.0019	0.0039	0.001
Caudal(m3/día)	52902	54604	197856	126316.8	

Fuente: Análisis realizados en el Laboratorio de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Elaboración Propia,

5.5.2. Resultados de Sedimentos

En las siguientes tablas se muestran la relación de los puntos de monitoreo, así como los resultados de los mismos.

Puntos de Monitoreo de Sedimentos

Tabla N°5.5 Puntos de Monitoreo de Sedimentos

ESTACION DE MONITOREO DE SEDIMENTOS					
No.	Estación	Norte	Este	Cota	Descripción
1	S-3	8382336	331853	4493	Río Grande (Río Ramis)
2	S-4	8401891	312767	4243	Río Ramis, en el puente a la loc. de Crucero
3	S-5	8421327	360030	4243	Río Antauta (Río Ramis), después de la mina San Rafael
4	S-6	8414636	366076	4102	Río Ramis, después de la confluencia del Ajoyani
5	S-7	8412285	363672	4048	Río Ramis, después de la confluencia del Ajoyani y Antauta (El Carmen)
6	S-8	8388305	360510	3968	Río Ramis, antes del poblado San Antón
7	S-9	8352992	372155	3855	Río Azángaro(Río Ramis), antes del poblado Azángaro
8	S-11	8304958	385144	3802	Río Ramis, en el poblado Caminaca

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla siguiente se muestran los resultados de Monitoreo

Tabla N°5.6 Resultados de Análisis de Sedimentos

Análisis de Laboratorio								
Estación	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	As	Hg
S-3	2	55	13	349	18	0,3	6	1,16
S-4	2,8	62	18	342	19	0,4	71	0,1
S-5	2,1	46,25	8,4	510	8,2	0,4	7	0,0008
S-6	4,12	480	33	590	49	1	130	0,3
S-7	5,3	312	44	660	53	8,3	149	0,3
S-8	2,9	172	23	438	46	0,4	56	0,41
S-9	2,8	240	21	399	30	0,3	39	2,9
S-11	4	97	18	748	26	0,2	23	0,8
Muy Bajo		<150	<15		<50	<0.8	<5	<0.15
Bajo		150-300	15-25		50-150	0.8-2.0	5-10	1.15-0.3
Mod. Alto		300-1000	25-100		150-400	2.0-7.0	10-30	0.3-1
Alto		1000-5000	100-500		400-2000	7.0-35	30-150	1-5

Fuente: Elaboración Propia

5.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIDAD DE AGUA

○ Punto de Monitoreo C-1

De acuerdo al resultado de análisis de muestras de Aguas Superficial de los años 1996 (03 monitoreo) y en el año 2010, se ha identificado un incremento en las concentraciones de los siguientes parámetros Fe, Cu, Mn, Pb, Cd y As y en relación al pH éste mejora en comparación a los resultados del año 1996.

Cabe resaltar que los resultados han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-3), riego de vegetales para tallo alto y bajo, según D.S. 002-2008-MINAM.

En el siguiente gráfico se aprecia que los resultados obtenidos en el año 2010 de pH se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, mejorando la calidad de este parámetro en comparación con el ECA-3.

En la siguiente Figura N°5.6 se aprecia que los resultados obtenidos en el año 2010 de pH se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, mejorando la calidad de este parámetro en comparación con el ECA.

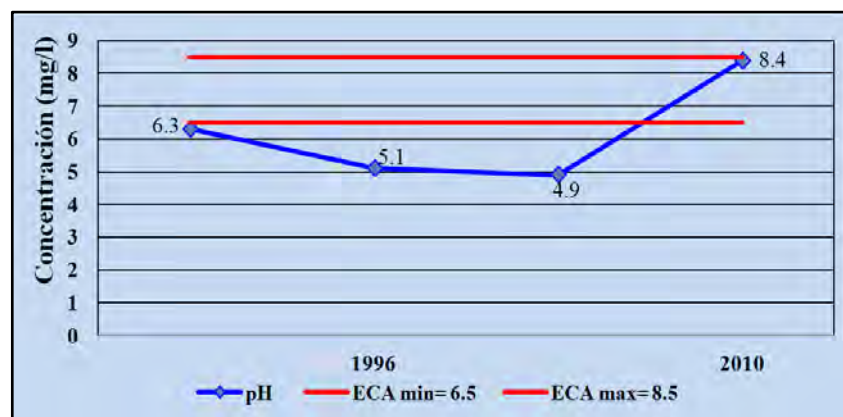


Figura N°5.6 Comportamiento del pH punto de monitoreo C-1

En el Figura N°5.7 se observa que los resultados obtenidos en el año 2010 de Fe se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, perjudicando la calidad del agua en el río Ramis.

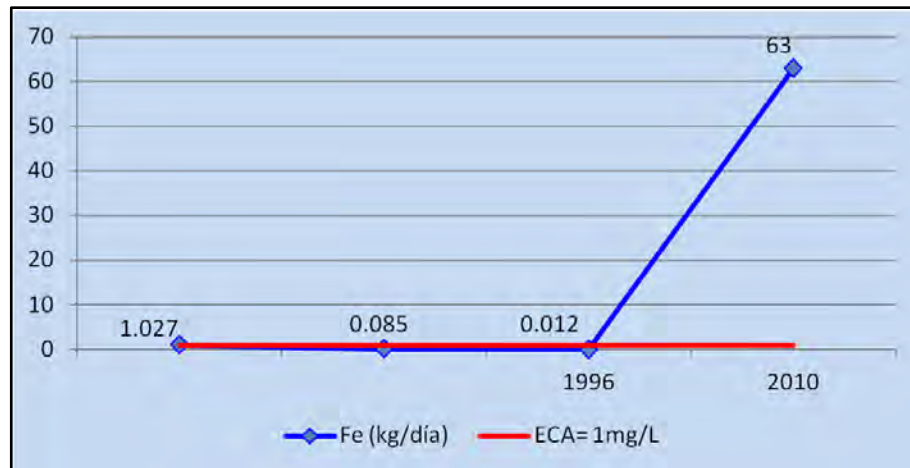


Figura N°5.7 Comportamiento del Fe punto de monitoreo C-1

En el Figura N°5.8 se observa que los resultados obtenidos en el año 2010 de Cu se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, sobrepasando el ECA-3, perjudicando la calidad del agua en el río Ramis.

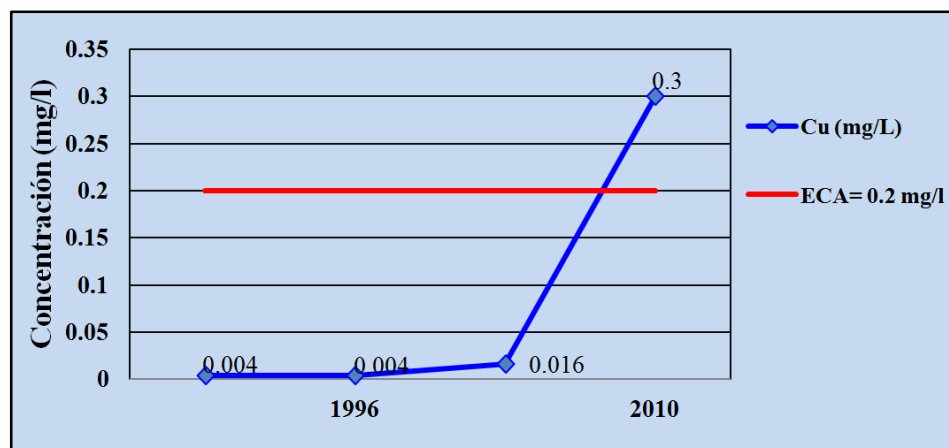


Figura N°5.8 Comportamiento del Cu punto de monitoreo C-1

En el Figura N°5.9 se observa que los resultados obtenidos en el año 2010 de Mn se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, perjudicando la calidad del agua en el río Ramis.

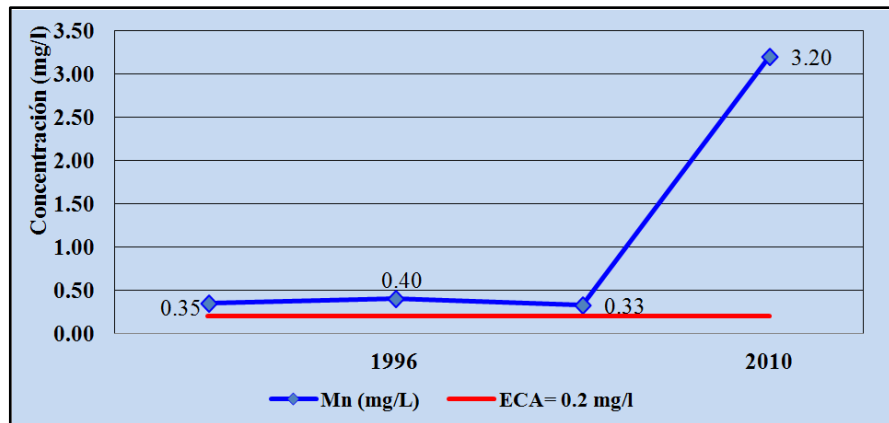


Figura N°5.9 Comportamiento del Mn punto de monitoreo C-1

En el Figura N°5.10 se observa que los resultados obtenidos en el año 2010 de Pb se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, sobrepasando el ECA-3, perjudicando la calidad del agua en el río Ramis.

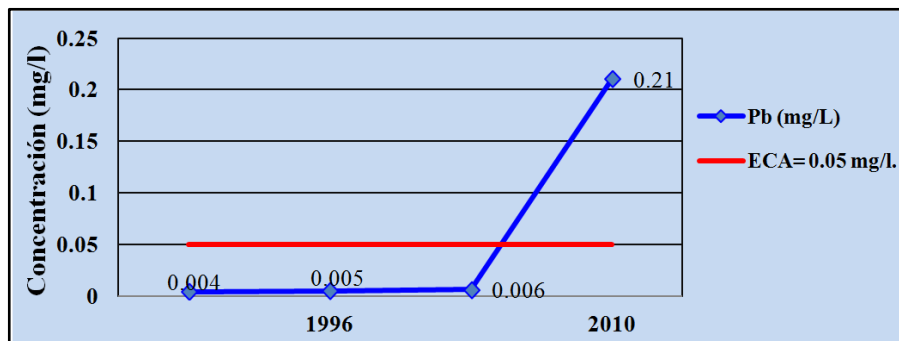


Figura N°5.10 Comportamiento de Pb Punto de Monitoreo C-1

En el Figura N°5.11 se observa que los resultados obtenidos en el año 2010 de Cd se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, sobrepasando el ECA-3, perjudicando la calidad del agua en el río Ramis.

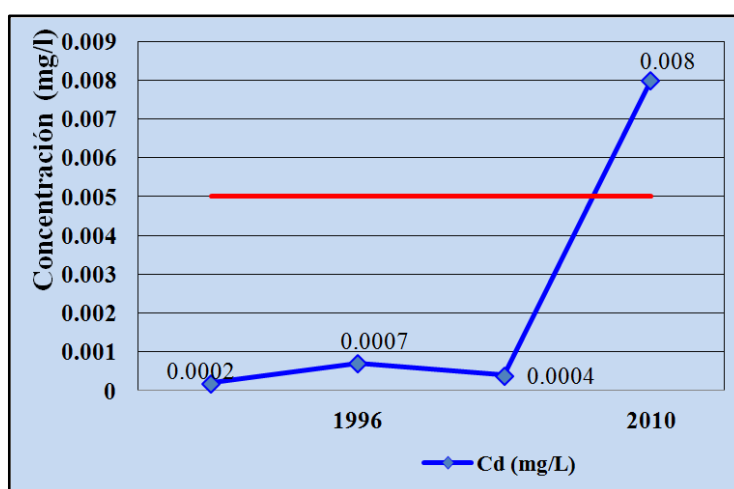


Figura N°5.11 Comportamiento de Cd Punto de Monitoreo C-1

En el Figura N°5.12 se observa que los resultados obtenidos en el año 2010 de As se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, sobrepasando el ECA-3, perjudicando la calidad del agua en el río Ramis.

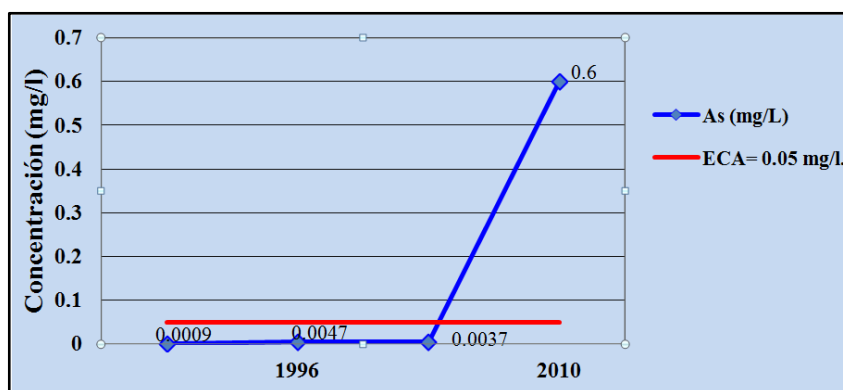


Figura N°5.12 Comportamiento del As punto de monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se puede apreciar que la concentración del mercurio en este punto se encuentra superando el ECA-3, para los monitoreos del año 1996 y 2010.

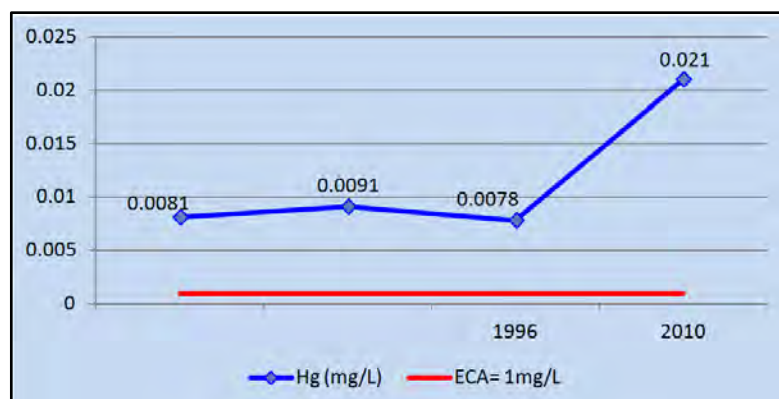


Figura N°5.13 Comportamiento del Hg punto de monitoreo C-1.

○ Punto de Monitoreo C-2

De acuerdo al resultado de análisis de muestras Aguas Superficial de los años 1996 (03 monitoreo) y en el año 2010, se ha identificado un incremento en las concentraciones de los siguientes parámetros SST, Pb, Hg y Cd y en relación al pH este mejora en comparación a los resultados del año 1996. Cabe resaltar que los resultados han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-4), Lagos y Lagunas, según D.S. 002-2008-MINAM.

En el siguiente gráfico se aprecia que los resultados obtenidos en el año 2010 de pH se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, mejorando la calidad de este parámetro en comparación con el ECA-4.

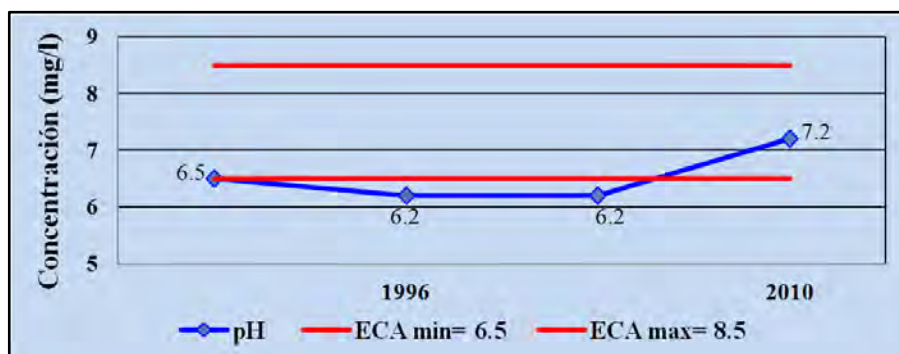


Figura N°5.14 Comportamiento del pH punto de monitoreo C-2

En el gráfico siguiente se aprecia que los resultados obtenidos en el año 2010 de SST han disminuido considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, mejorando la calidad de este parámetro en comparación con el ECA-4.

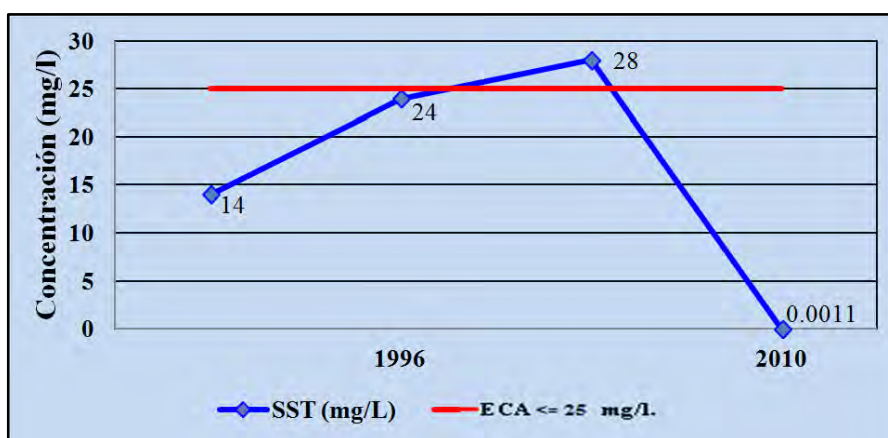


Figura N°5.15 Comportamiento del STS punto de monitoreo C-2

En el gráfico siguiente se aprecia que los resultados obtenidos en el año 2010 de Pb han disminuido considerablemente respecto al primer resultado obtenido en el año 1996, pero siempre se encuentra superando el ECA-4 del MINAM.

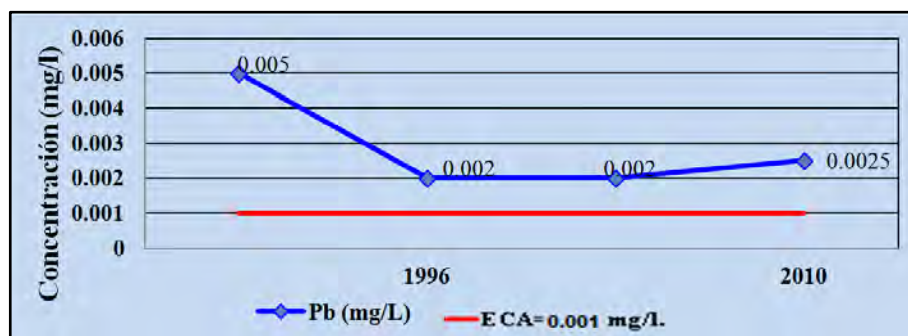


Figura N°5.16 Comportamiento del Pb punto de monitoreo C-2

En el gráfico siguiente se aprecia que los resultados obtenidos en el año 2010 de Cd se han incrementado considerablemente respecto a los resultados obtenidos en el año 1996, perjudicando la calidad de este parámetro en comparación con el ECA-4.

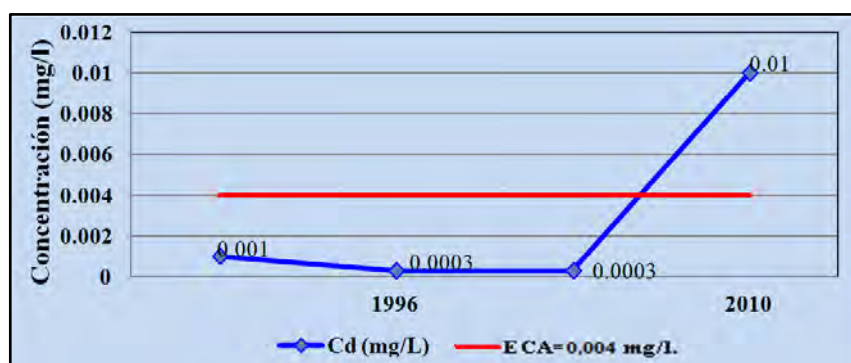


Figura N°5.17 Comportamiento del Cd punto de monitoreo C-2

En el siguiente gráfico se puede apreciar que la concentración del mercurio en este punto (Laguna La Rinconada) se encuentra superando el ECA-4, pero ha presentado una disminución en el tiempo.

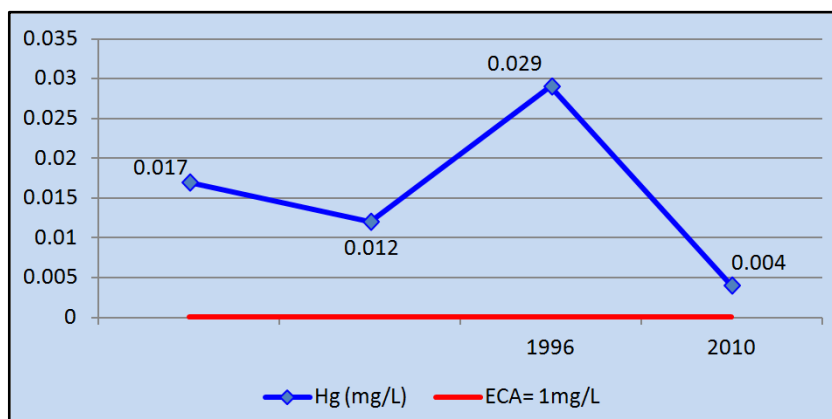


Figura N°5.18 Comportamiento del Hg, punto de monitoreo C-2.

○ **Punto de Monitoreo C-3**

De acuerdo al resultado de análisis de muestras Aguas Superficial de los años 1996 (03 monitoreo) y en el año 2010, se ha identificado un incremento en las concentraciones de los siguientes parámetros Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd y As. Cabe resaltar que los resultados han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-3), riego de vegetales para tallo alto y bajo, según D.S. 002-2008-MINAM

En el siguiente gráfico se aprecia que las concentraciones a lo largo del tiempo se han incrementado, es por ello que en el año 2010 de Fe se encuentran muy por encima del ECA-3 y también ver en el Plano 4.6 (plano de resultado de análisis de agua de los 12 puntos de monitoreo en la cuenca del río Ramis).

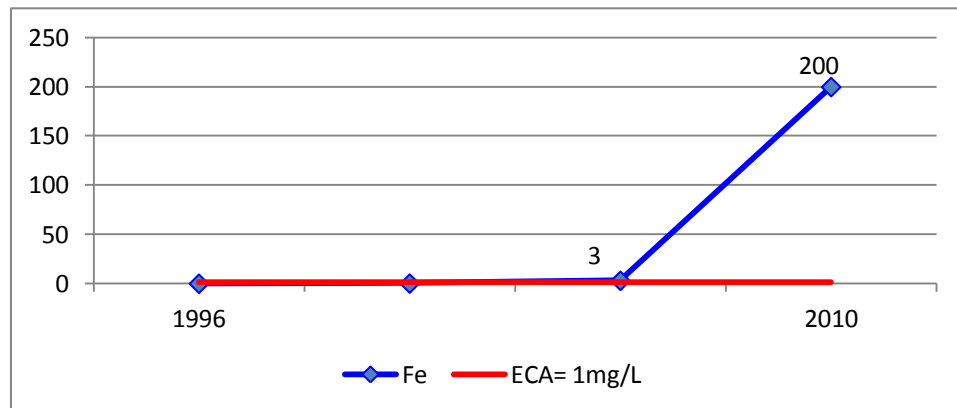


Figura N°5.19 Comportamiento del Fe punto de monitoreo C-3

En el Figura N°5.20, se puede observar que la concentración del Zn se ha incrementado a durante el tiempo, ya en el año 2010 de Zn supero del ECA-3.

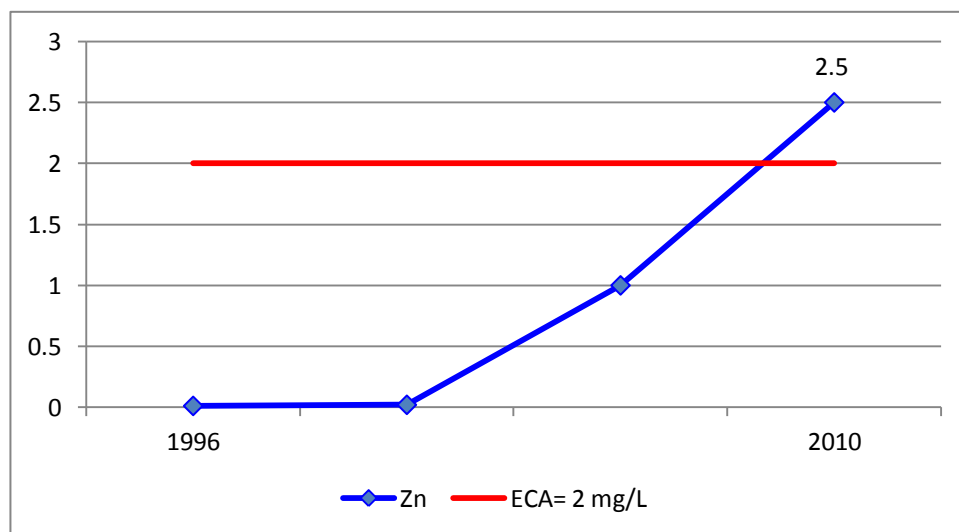


Figura N°5.20 Comportamiento del Zn punto de monitoreo C-3

De igual manera, el cobre ha aumentado su concentración, como se puede apreciar en el Figura N°5.21.

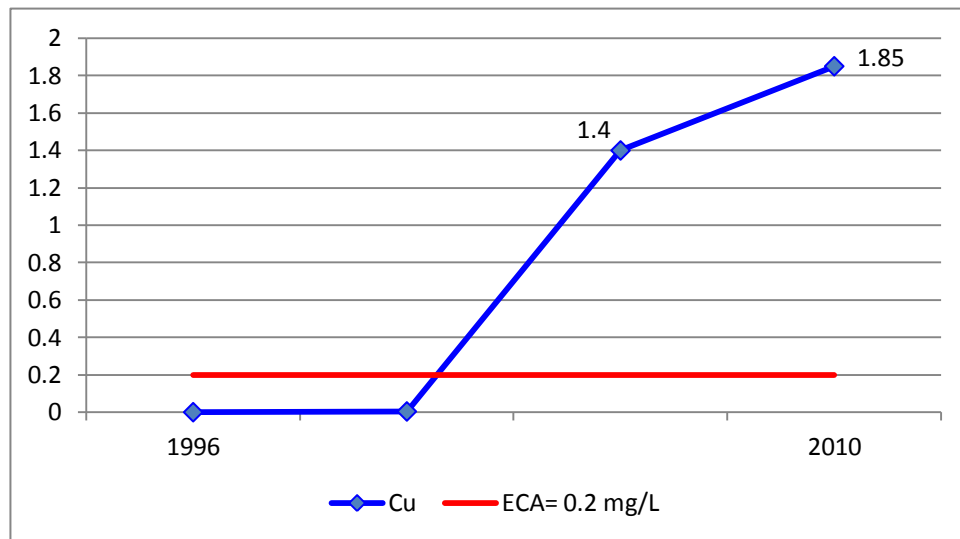


Figura N°5.21 Comportamiento del Cu punto de monitoreo C-3

El Mn tiene la misma tendencia, superando el ECA-3 hasta en 72.5 veces, con una concentración de 14.5 mg/l para el año 2010, ver gráfico siguiente:

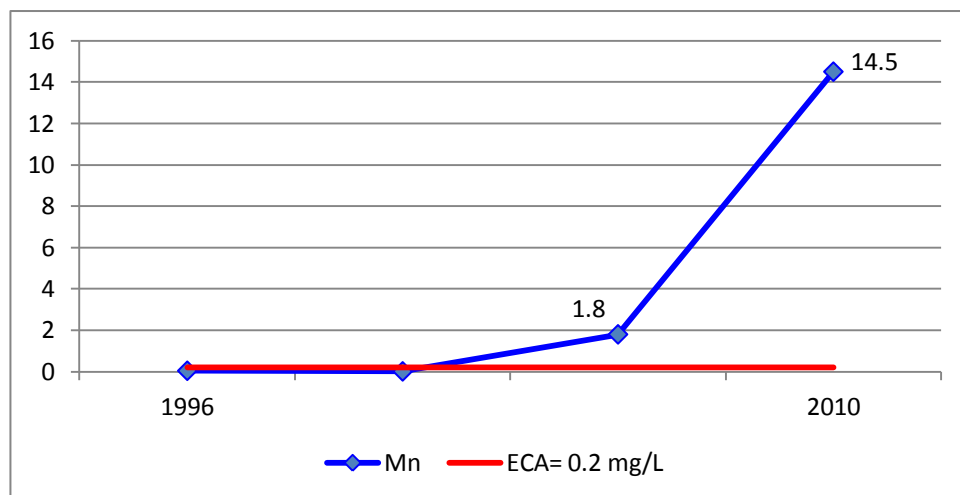


Figura N°5.22 Comportamiento del Mn punto de monitoreo C-3

La concentración del Pb en el último monitoreo (2010), ha incrementado el ECA-3: de 0.05 mg/l a 0.9 mg/l.

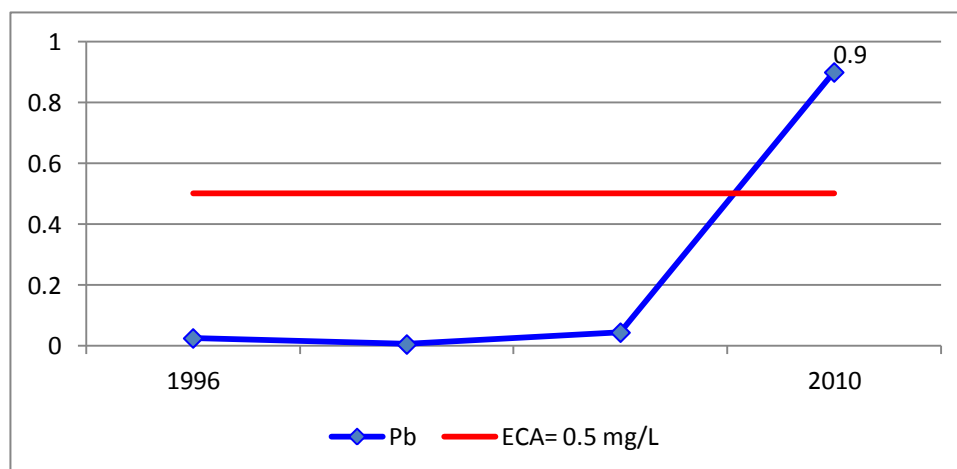


Figura N°5.23 Comportamiento del Pb punto de monitoreo C-3

En el año 2010 la concentración de Cd supero el ECA-3, con una concentración de 0.012 mg/l, a comparación del ECA-3:0.005 mg/l.

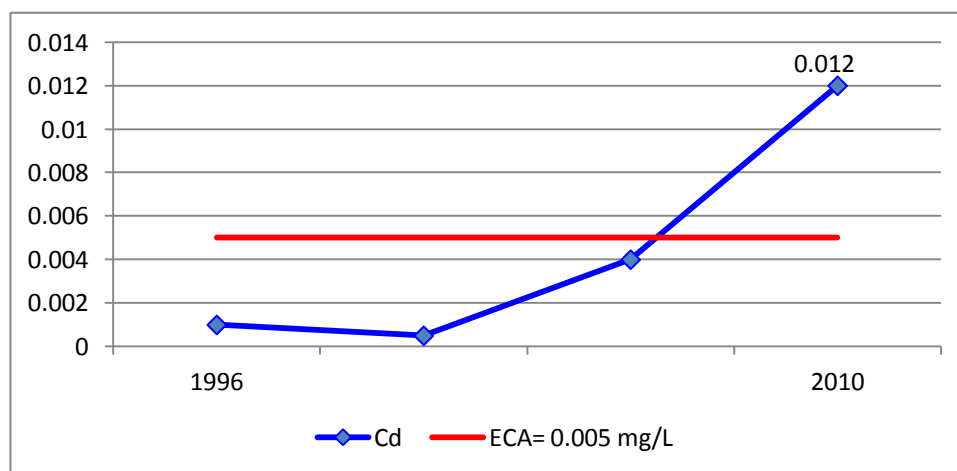


Figura N°5.24 Comportamiento del Cd - punto de monitoreo C-3

Siguiendo la misma tendencia que los parámetros anteriormente evaluados, el As supera considerablemente dicho parámetro con una concentración de 1.9 mg/l, siendo mayor en 38 veces al ECA.

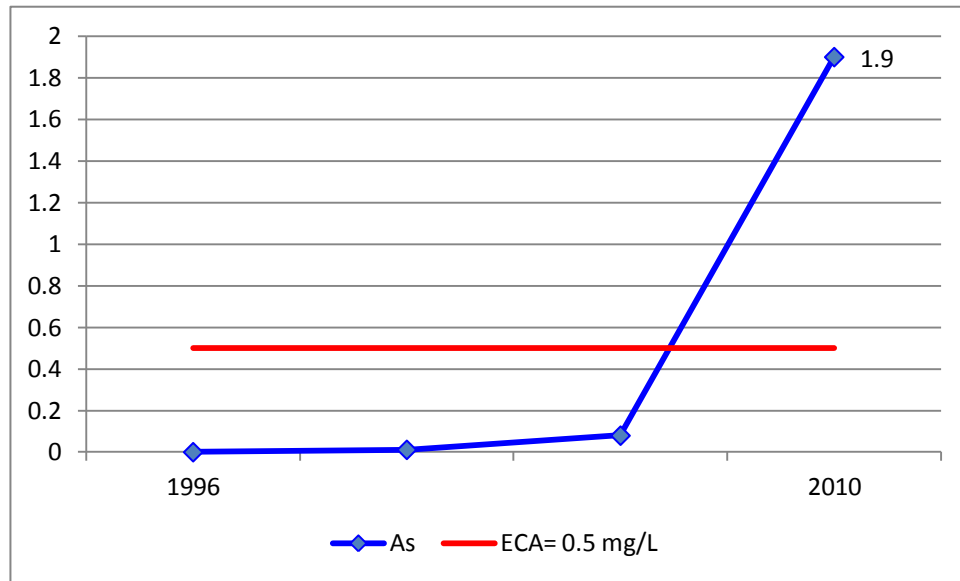


Figura N°5.25 Comportamiento del As punto de monitoreo C-3

En la siguiente Figura se puede apreciar que la concentración del mercurio en este punto se encuentra superando el ECA-3 y experimentando un pequeño crecimiento.

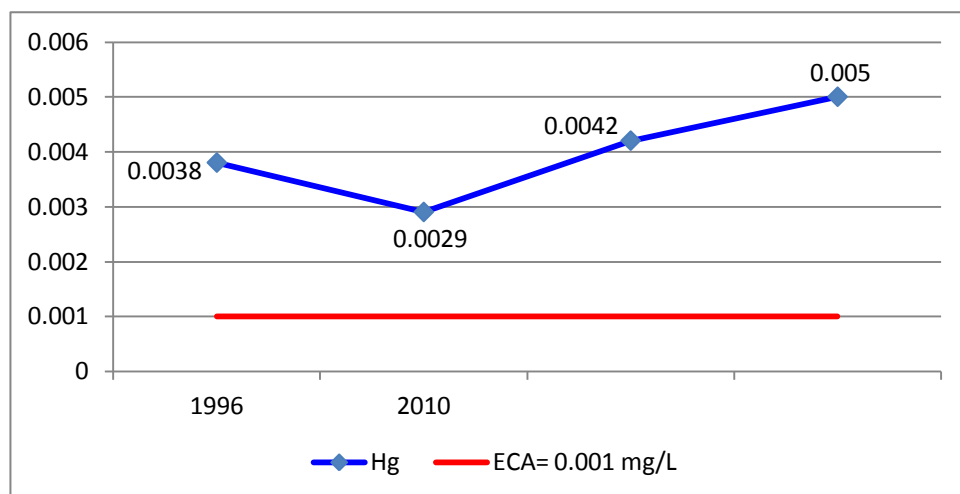


Figura N°5.26 Comportamiento del Hg para el monitoreo del año 1996 - 2010.

○ **Punto de Monitoreo C-4**

De acuerdo al resultado de análisis de muestras Aguas Superficial de los

años 1996 (03 monitoreo) y en el año 2010, se ha identificado un incremento en las concentraciones de los siguientes parámetros Fe, Mn, Pb y As. Cabe resaltar que los resultados han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-3), riego de vegetales para tallo alto y bajo, según D.S. 002-2008-MINAM.

El siguiente gráfico se observa que el valor del pH ha sobrepasado ligeramente el valor máximo del ECA-3, a comparación de los resultados del año 1996, los cuales se encuentran dentro de los márgenes.

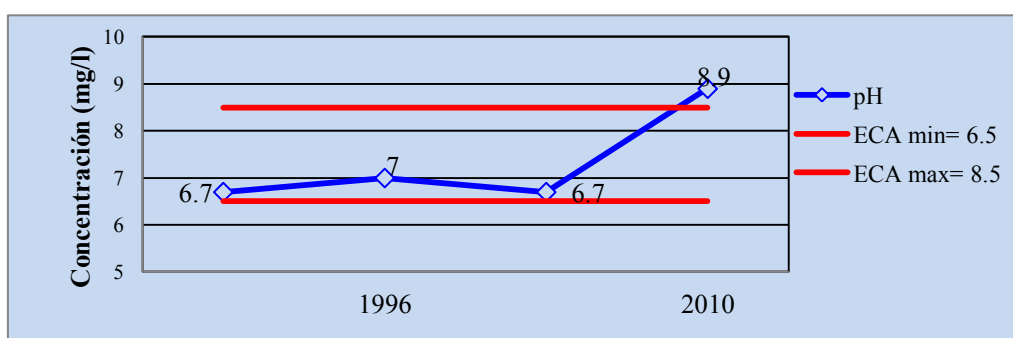


Figura N°5.27 Comportamiento del pH punto de monitoreo C-4

La concentración del Fe mejoró en relación al último monitoreo del año 1996, el cual se encontró en 1187 mg/l, siendo en el año 2010 igual a 85 mg/l, de igual forma, este parámetro se encuentra muy por encima del ECA-3.

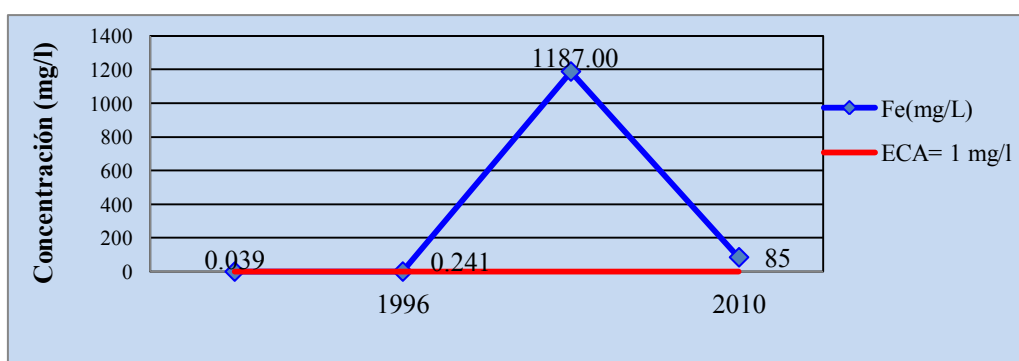


Figura N°5.28 Comportamiento del Fe punto de monitoreo C-4

La concentración del Mn en el último monitoreo (2010) se encontró superando el ECA-3, con un valor de 2.56 mg/l.

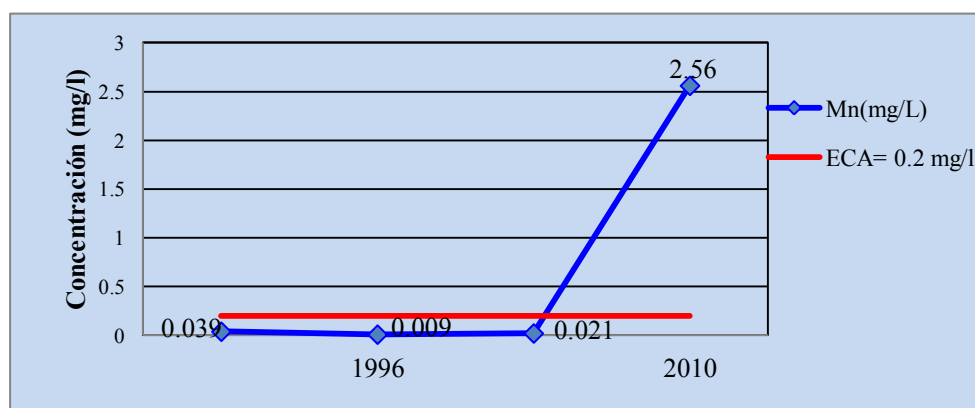


Figura N°5.29 Comportamiento del Mn punto de monitoreo C-4

La concentración del Pb en el último monitoreo (2010) se encontró superando el ECA-3, con un valor de 0.1 mg/l, siendo 2 veces mayor.

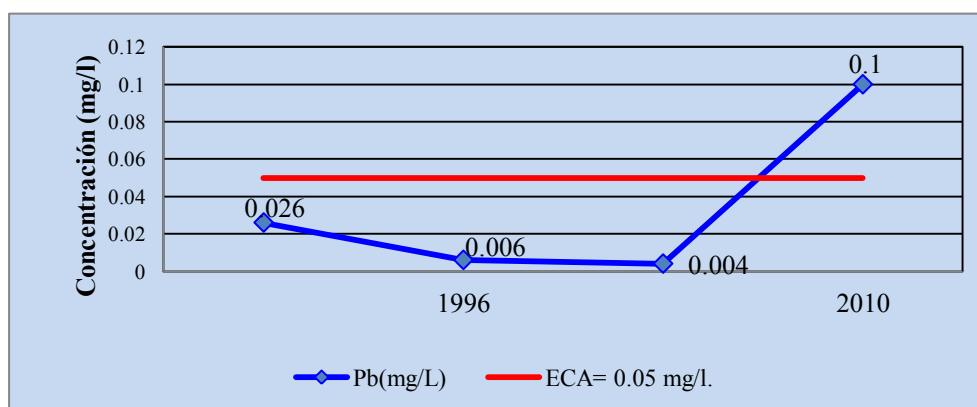


Figura N°5.30 Comportamiento del Pb punto de monitoreo C-4

La concentración del As en el último monitoreo (2010) se encontró superando el ECA-3, con un valor de 0.24 mg/l.

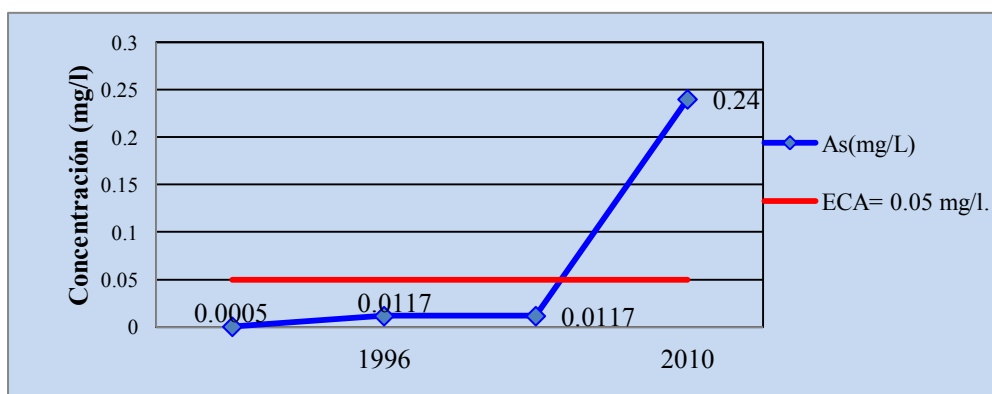


Figura N°5.31. Comportamiento del As punto de monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se puede apreciar que la concentración del mercurio en este punto se encuentra superando el ECA-3, con un incremento en el tiempo.

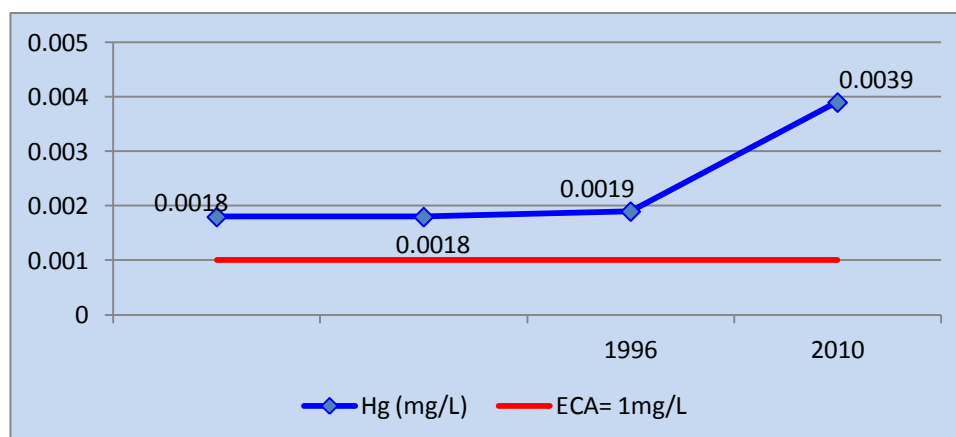


Figura N°5.32 Comportamiento del Hg para el monitoreo del año 2010.

5.7 ANÁLISIS DE CARGA CONTAMINANTE

En las siguientes Figuras se puede observar la concentración másica, carga metálica o carga contaminante en kg/día de cada parámetro que se encontró superando el ECA-3 en los puntos de monitoreo C-1, C-3 y C-4, el C-2 no se consideró ya que corresponde a un cuerpo receptor de Laguna, el cual no presenta caudal. La fórmula para hallar la carga contaminante metálica es la siguiente:

$$C_m = (Q \cdot C) / 1000$$

Siendo:

C_m : Carga contaminante metálica (kg/día).

Q : Caudal (m³/día).

C : Concentración (mg/l).

○ **Punto de Monitoreo C-1**

El punto de monitoreo C-1, se encuentra ubicado en la quebrada Cerro Lunar, antes de la descarga hacia la Laguna La Rinconada.

En la siguiente tabla se puede observar las concentraciones de los parámetros mencionados, así como la C_m .

Tabla N°5.7 Análisis de Carga Contaminante en el cuerpo receptor C-1

Parámetros	1996			Promedio 1996	2010	Carga contaminante kg/día	
	1996	1996	1996			1996	2010
pH	6,3	5,1	4,9	5,43	8,4		
Conductividad (Us/cm)	170	170	170	170	110		
Turbidez(NTU)	123	26,9	35,6	61.83	79,36		
T (°C)	13,5	11,1	14,7	13.1	12		
Sulfatos (mgr/l)	54,77	29,75	28,09	37.53			
SST (mgr/l)	10	134	122	88.66	90,7		
SDT (mgr/l)	86	50	136	90.66	65		
Fe (mgr/l)	1,027	0,085	0,012	0,375	63	3.2	806.4
Zn (mgr/l)	0,087	0,133	0,187	0,14	1,21	1.1	15.5
Cu (mgr/l)	0,004	0,004	0,016	0,01	0,3	0.1	3.84
Mn (mgr/l)	0,35	0,4	0,33	0,36	3,2	3.1	41.0
Pb (mgr/l)	0,004	0,005	0,006	0,005	0,21	0.032	2.688
Cd (mgr/l)	0,0002	0,0007	0,0004	0,0004	0,008	0.003	0.1024
As (mgr/l)	0,0009	0,0047	0,0037	0,0031	0,6	0.020	7.68
Hg (mgr/l)	0,0081	0,0091	0,0078	0,0083	0,021	0.054	0.2688
Caudal (m ³ /día)	3024	5184	11145,6	6451,2	12800		

En la Figura N°5.28 se aprecia que en el año 1996, la C_m de Fe era de 3.2 kg/día y en el año 2010 aumento enormemente a 806.4 kg/día. El aumento de la

Cm se debe al incremento de la concentración de Fe que pasó de 0.375 a 63 mg/L de 1996 al 2010 respectivamente.

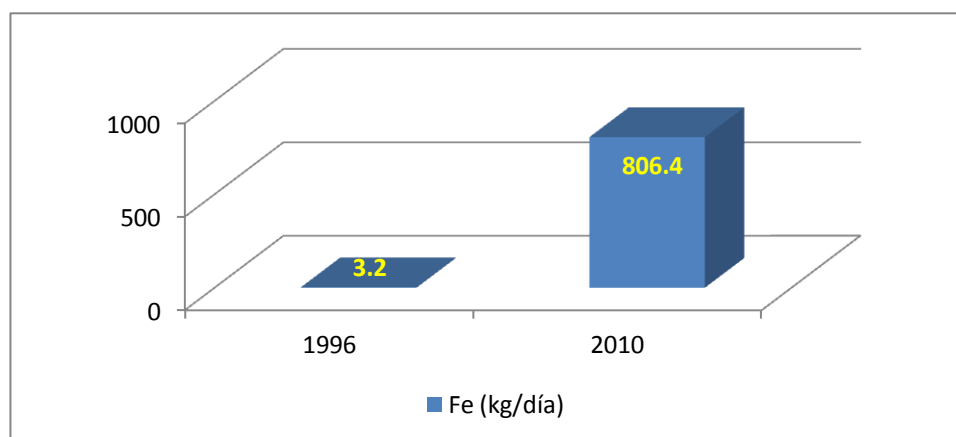


Figura N°5.33 Carga Contaminante de Fe (kg/día) Punto de Monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Zn era de 1.1 kg/día y en el año 2010 aumento a 15,5 kg/día.

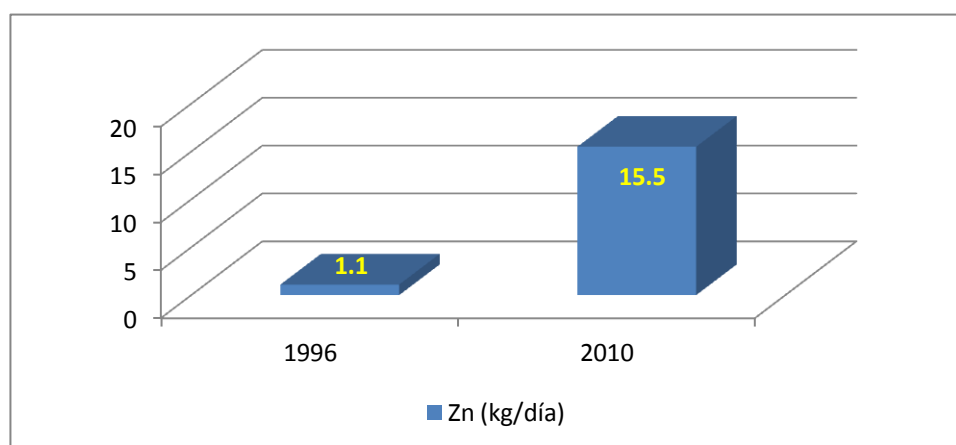


Figura N°5.34 Carga Contaminante de Zn (kg/día) Punto de Monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Cu era de 0.1 kg/día y en el año 2010 aumento a 3,84 kg/día, depositándose a la laguna la Rinconada dicha cantidad diariamente de Cu.

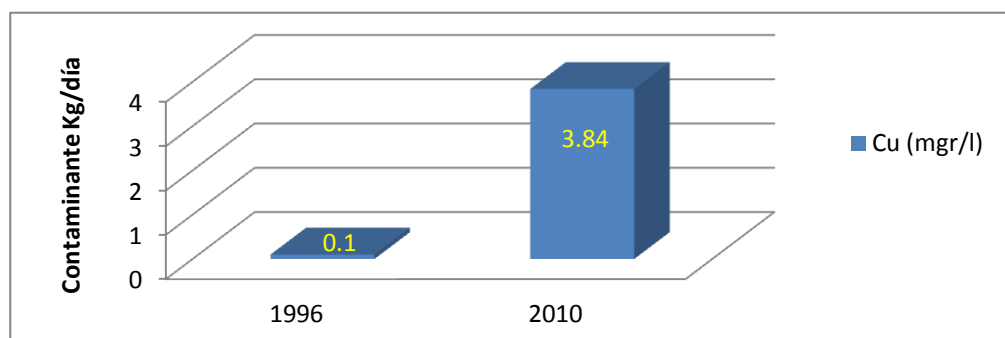


Figura N°5.35 Carga Contaminante de Cu (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Mn era de 3.1 kg/día y en el año 2010 aumento a 41 kg/día, depositándose a la laguna la Rinconada dicha cantidad diariamente de Mn.

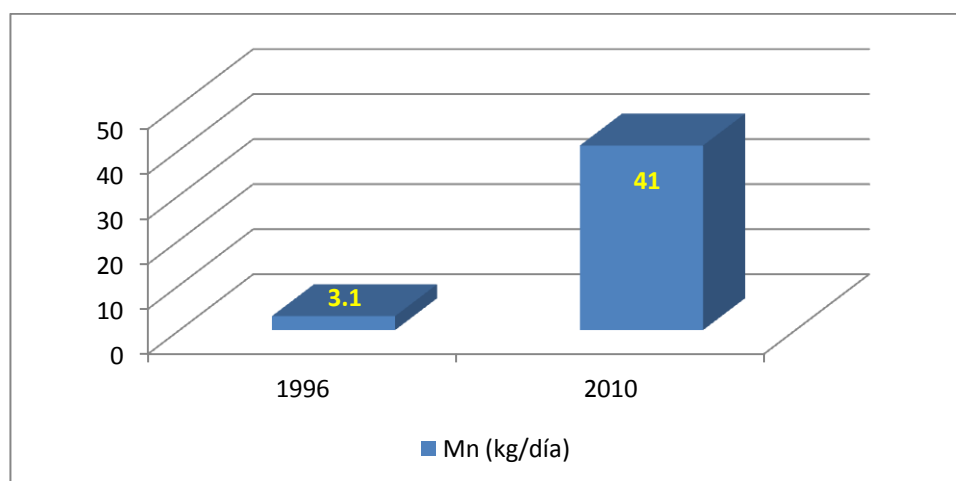


Figura N°5.36 Carga Contaminante de Mn (kg/día) Punto de Monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Pb era de 0.032 kg/día y en el año 2010 aumento a 2,688 kg/día, depositándose a la laguna la Rinconada dicha cantidad diariamente de Pb.

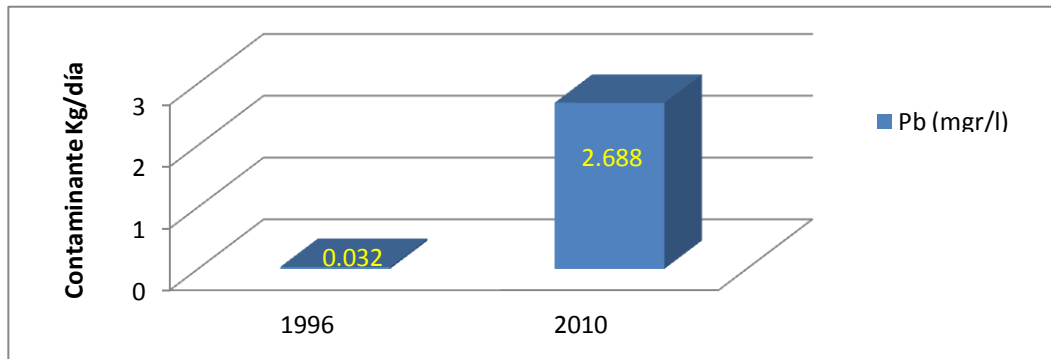


Figura N°5.37 Carga Contaminante de Pb (kg/día) Punto de Monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Cd era de 0.003 kg/día y en el año 2010 aumento a 0.1024 kg/día, depositándose a la laguna la Rinconada dicha cantidad diariamente de Cd.

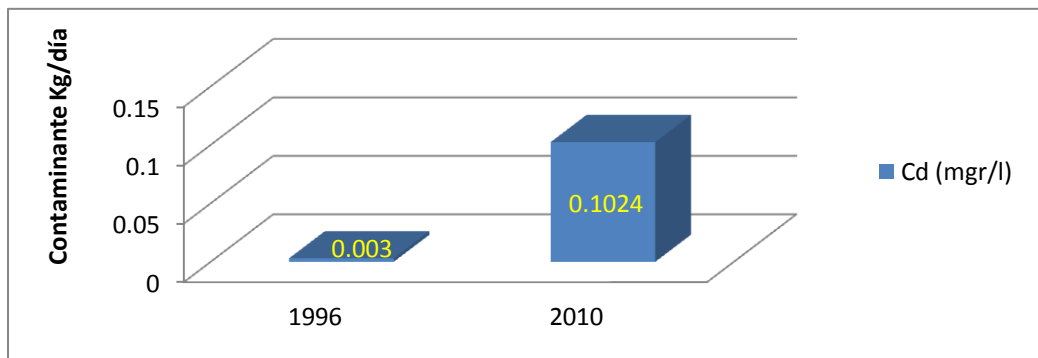


Figura N°5.37 Carga Contaminante de Cd (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm As era de 0.02 kg/día y en el año 2010 aumento a 7,68 kg/día, depositándose a la laguna la Rinconada dicha cantidad diariamente de Cd.

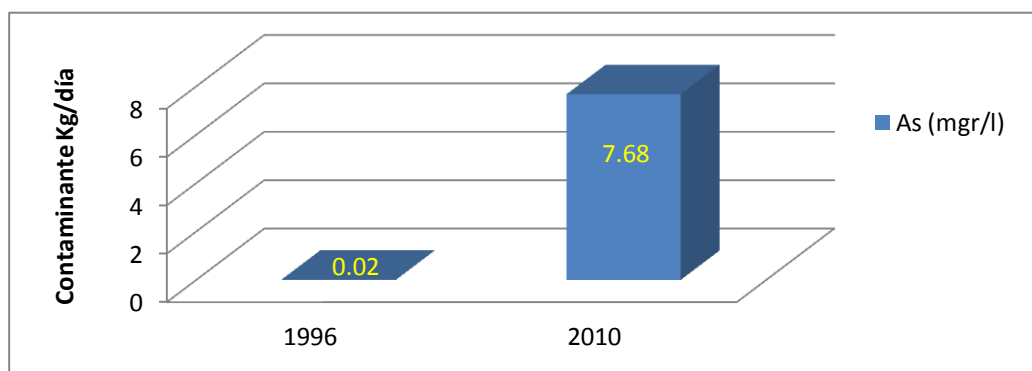


Figura N°5.38 Carga Contaminante de As (Kg/día) Punto de Monitoreo C-1

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm Hg era de 0.054 kg/día y en el año 2010 aumento a 0.2688 kg/día.

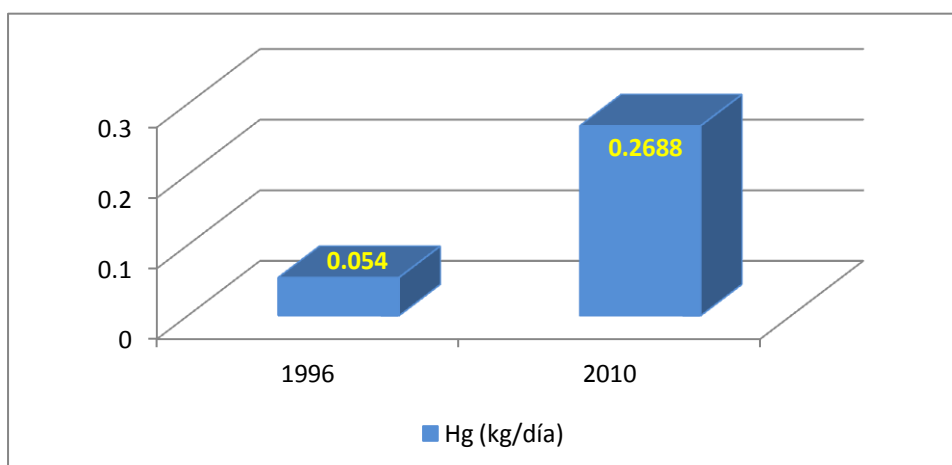


Figura N°5.39 Carga Contaminante de Hg (kg/día) Punto de Monitoreo C-1

○ Punto de Monitoreo C-3

El punto de monitoreo C-3, se encuentra ubicado en el Río Grande, a una altitud de 4493 msnm, área de influencia del estudio.

En la siguiente tabla se puede observar las concentraciones de los parámetros mencionados, así como la Cm.

Tabla N°5.8 Punto de Monitoreo C-3

Parámetros	1996			Promedio 1996	2010	Carga contaminante kg/día	
						1996	2010
pH	6.7	7	7	6.9	7.5		
Conductividad(umhos/cm)	200	190	130	173.33	120		
Turbidez(NTU)	15600	15576	15576	15584	16673		
T(°C)	5.7	2.5	13.7	7.3	13		
Sulfatos(mg/L)	46.77	20.77	48	38.51	48,5		
SST(mg/L)	9958	10410	10256.67	10208	11341		
SDI(mg/L)	138	120	73	110.33	50		
Fe(mg/L)	0.039	0.241	3	1.09	40	83.5	2536.7
Zn(mg/L)	0.012	0.021	1	0.34	2,5	26.3	158.5
Cu(mg/L)	0.001	0.005	1.4	0.47	1,85	35.8	117.3
Mn(mg/L)	0.039	0.009	1.8	0.62	14,5	47.0	919.6
Pb(mg/L)	0.026	0.006	0.045	0.03	0,9	2.0	57.1
Cd(mg/L)	0.001	0.0005	0.004	0.0018	0,012	0.1	0.8
As(mg/L)	0.0005	0.0117	0.08	0.03	1,9	2.3	120.5
Hg (mg/L)	0.0038	0.0029	0.0042	0.0036	0.005	0.3	0.3
Caudal(m ³ /día)	51500	52350	125263	96371	63417.6		

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm Fe era de 83.5 kg/día y en el año 2010 aumento a 2536.7 kg/día, siendo transportado y sedimentándose en el cauce del río Ramis.

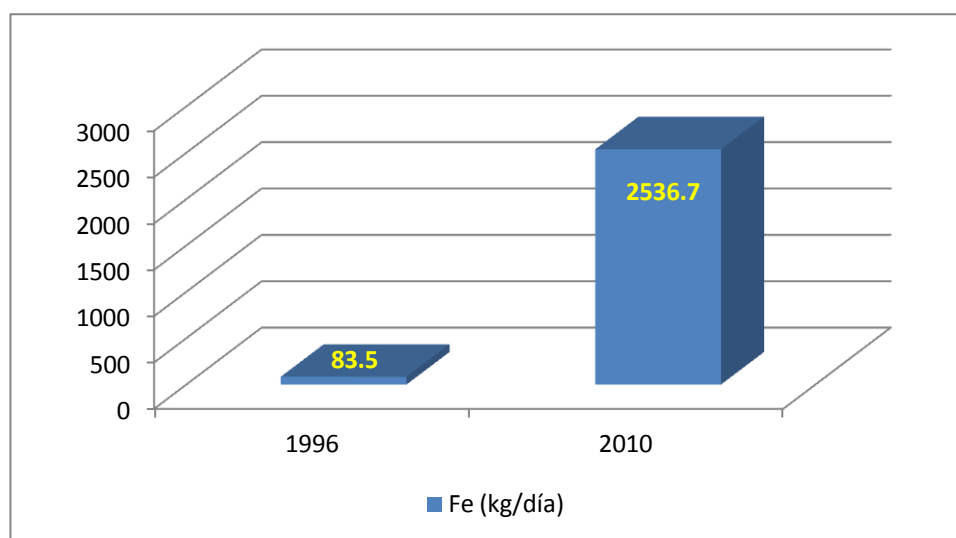


Figura N°5.40 Carga Contaminante de Fe (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm Zn era de 26.3

kg/día y en el año 2010 aumento a 158.5 kg/día.

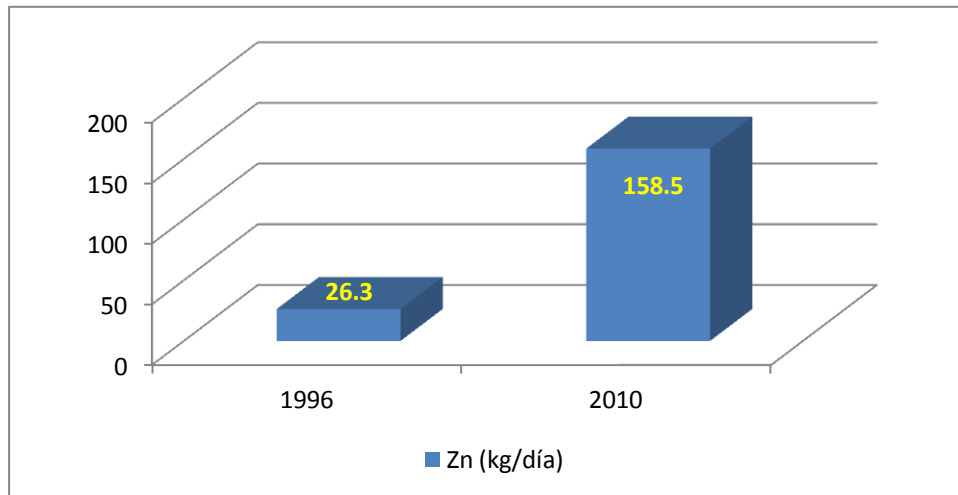


Figura N°5.41 Carga Contaminante de Zn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-3

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm Cu era de 35,8 kg/día y en el año 2010 aumento a 117,3 kg/día.

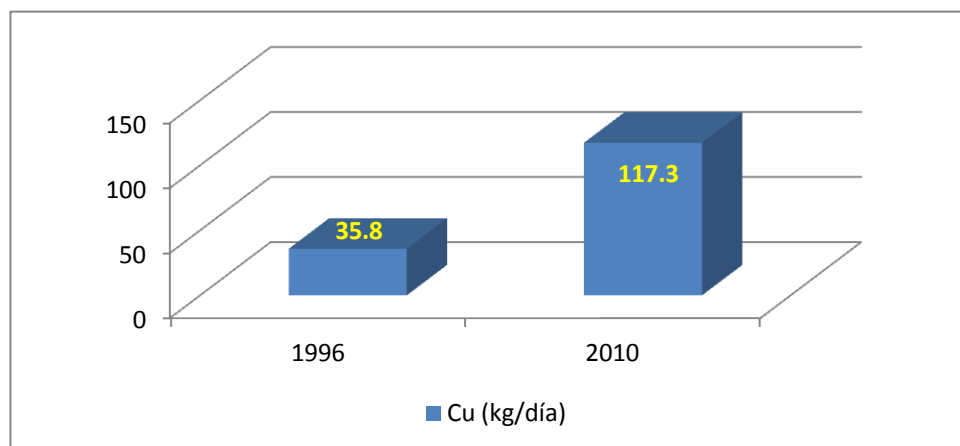


Figura N°5.42 Carga Contaminante de Cu (Kg/día). Punto de Monitoreo C-3

En la siguiente figura se observa que en el año 1996 la Cm Mn era de 47 kg/día y en el año 2010 aumento a 919.6 kg/día.

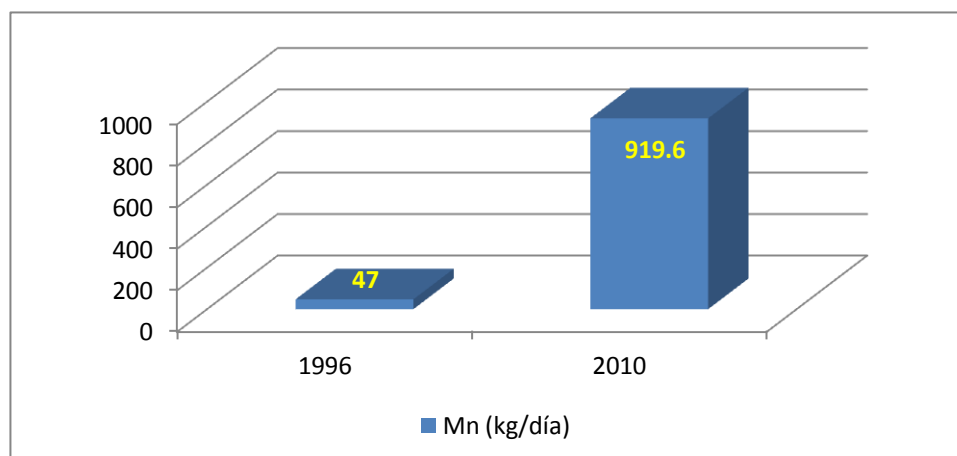


Figura N°5.43 Carga Contaminante de Mn (kg/día) Punto de Monitoreo C-3

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm Pb era de 2 kg/día y en el año 2010 aumenta considerablemente a 57,1 kg/día.

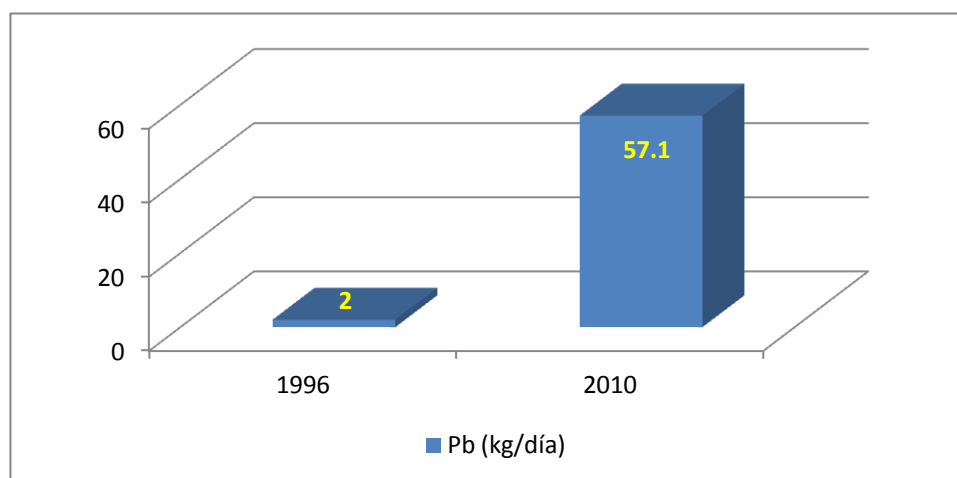


Figura N°5.44 Carga Contaminante de Pb (kg/día) Punto de Monitoreo C-3

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm Cd era de 0.1 kg/día y en el año 2010 aumenta a 0.8 kg/día.

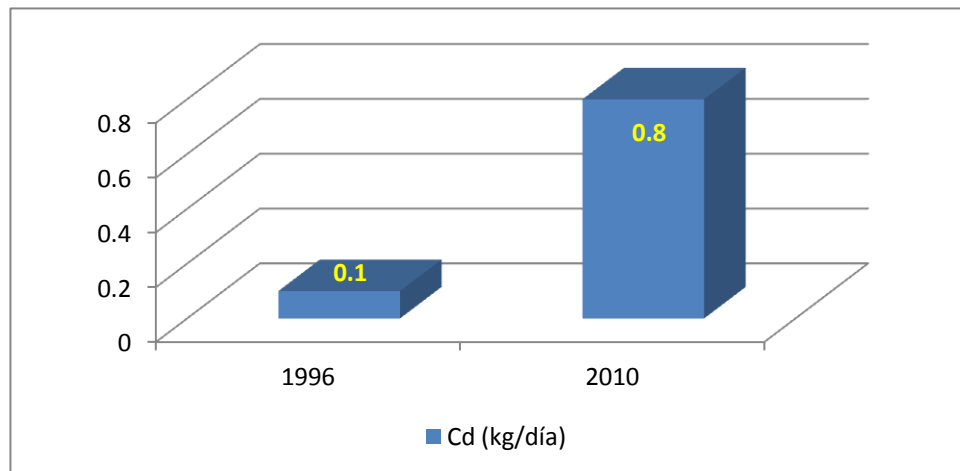


Figura N°5.45. Carga Contaminante de Cd (kg/día) Punto de Monitoreo C-3

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm As era de 2.3 kg/día y en el año 2010 aumenta considerablemente a 120.5 kg/día.

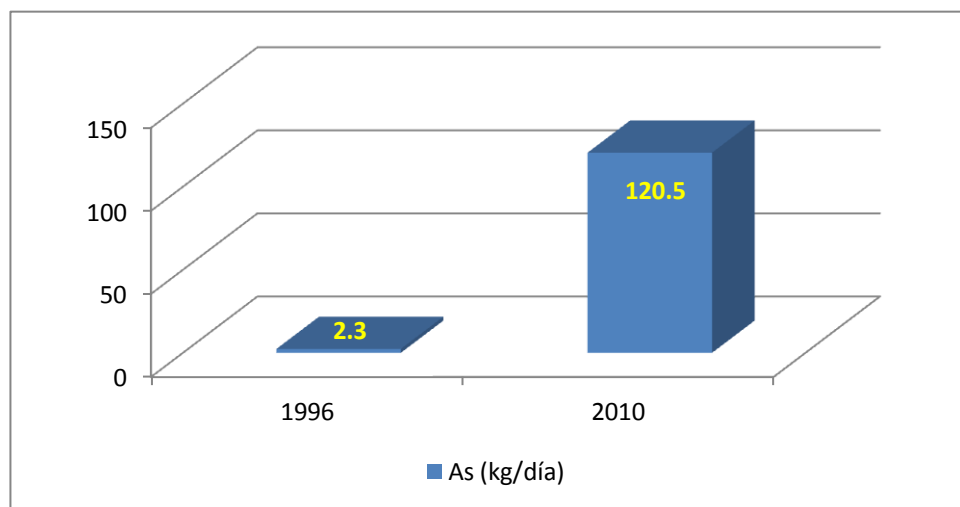


Figura N°5.46 Carga Contaminante de As (kg/día) Punto de Monitoreo C-3

En el siguiente gráfico se observa que la Cm Hg tanto en el año 1996 y el 2010 fue de 0.3 kg/día.

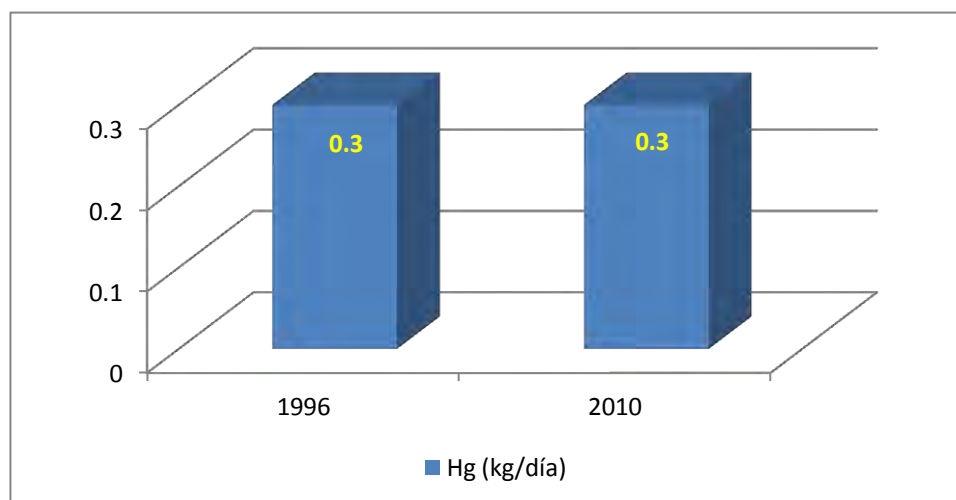


Figura N°5.47 Carga Contaminante de Hg (kg/día) Punto de Monitoreo C-3

○ **Punto de Monitoreo C-4**

El punto de monitoreo C-4, se encuentra ubicado en el Río Ramis, en el puente de la localidad de crucero.

En la siguiente tabla se puede observar las concentraciones de los parámetros mencionados, así como la Cm.

Tabla N°5.9 Punto de Monitoreo C-4

Parámetros	1996			Promedio 1996	2010	ECA-3	Carga contaminante Kg/día	
							1996	2010
pH	6.7	7	6.7	6.80	8.9	6.5 – 8.5		
Conductividad (Us/cm)	200	190	250	213.33	250	<=5000		
Turbidez(NTU)	15600,0	15576	15552	15576	8750			
T (°C)	5,7	2,5	3,7	3.96	13			
Sulfatos (mgr/l)	46,77	20,77	24,87	30.80		500		
SST (mgr /l)	9958	10410	10402	10256.66	920			
SDT (mgr /l)	138	120	118	125.33	150			
Fe mgr /l)	0.039	0.241	1.187	0.049	35	1	49.8	4421.1
Zn (mgr /l)	0.012	0.021	0.016	0.02	0.95	2	1.7	120.0
Cu (mgr /l)	0.001	0.005	0.005	0.00	0.12	0.2	0.4	15.2
Mn (mgr /l)	0.039	0.009	0.021	0.02	2.56	0.2	2.3	323.4
Pb (mgr /l)	0.026	0.006	0.004	0.01	0.1	0.05	1.22	12.6
Cd (mgr /l)	0.001	0.0005	0.0002	0.0006	0.0008	0.005	0.061	0.101
As (kg/l)	0.0005	0.0117	0.0117	0.0080	0.24	0.05	0.81	30.3
Hg (mgr/l)	0.0018	0.0018	0.0019	0.0018	0.0009	0.001	0.2	0.5
Caudal (m3/día)	52902	54604	197856	101787.3	126316.8			

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Fe era de 49,8 kg/día y en el año 2010 aumento considerablemente a 4421,1 kg

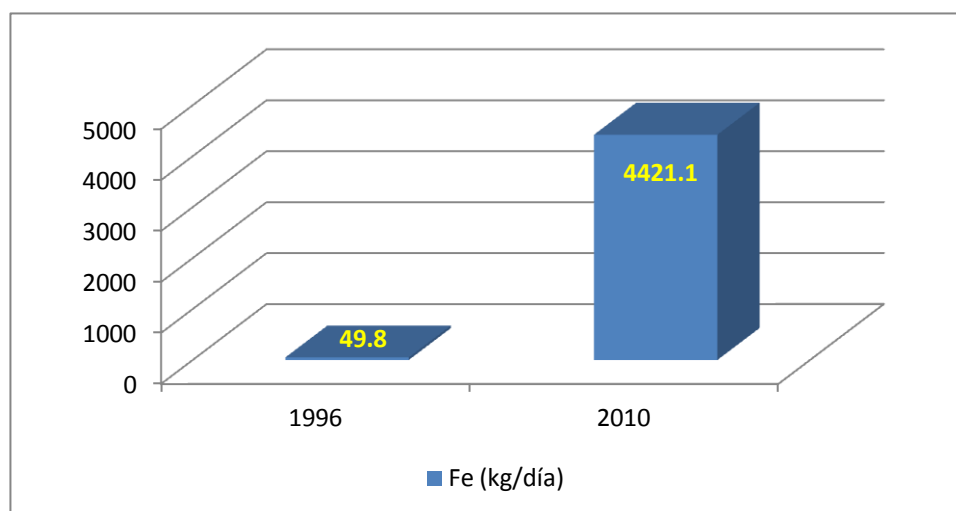


Figura N°5.48 Carga Contaminante de Fe (kg/día) Punto de Monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Zn era de 1.7 kg/día y en el año 2010 aumento considerablemente a 120 kg/día.

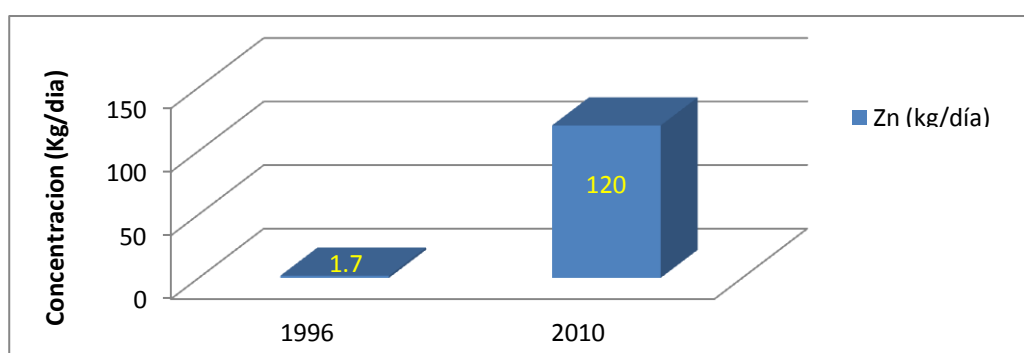


Figura N°5.49 Carga Contaminante de Zn (kg/día) Punto de Monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Cu era de 0.4 kg/día y en el año 2010 aumento considerablemente a 15.2 kg/día.

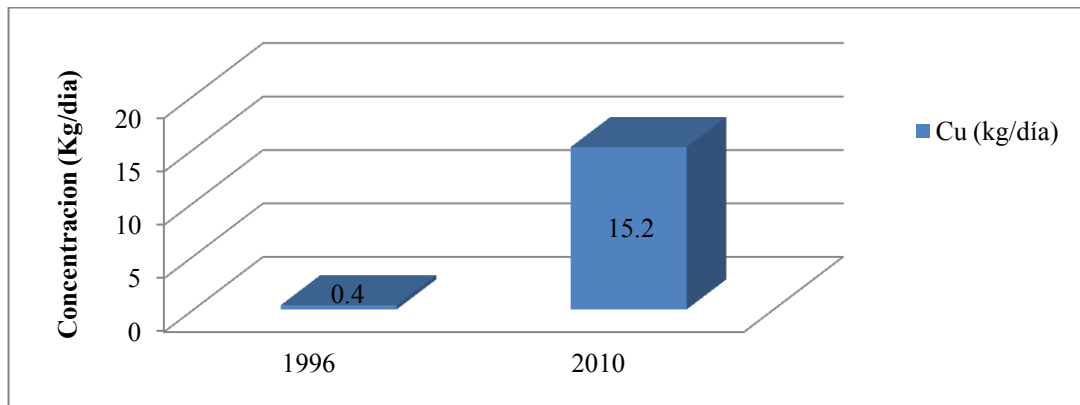


Figura N°5.50 Carga Contaminante de Cu (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Mn era de 2.3 kg/día y en el año 2010 aumento considerablemente a 323.4 kg/día

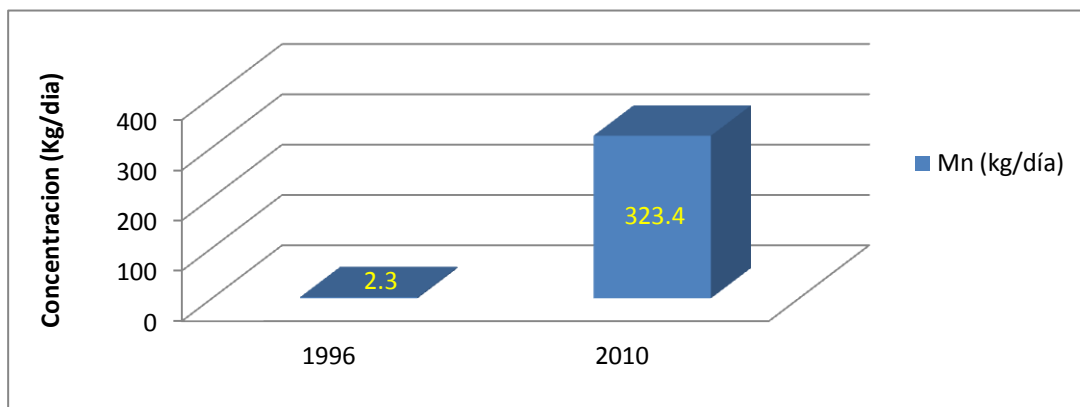


Figura N°5.51 Carga Contaminante de Mn (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Pb era de 1.221 kg/día y en el año 2010 aumento considerablemente a 12.6 kg/día.

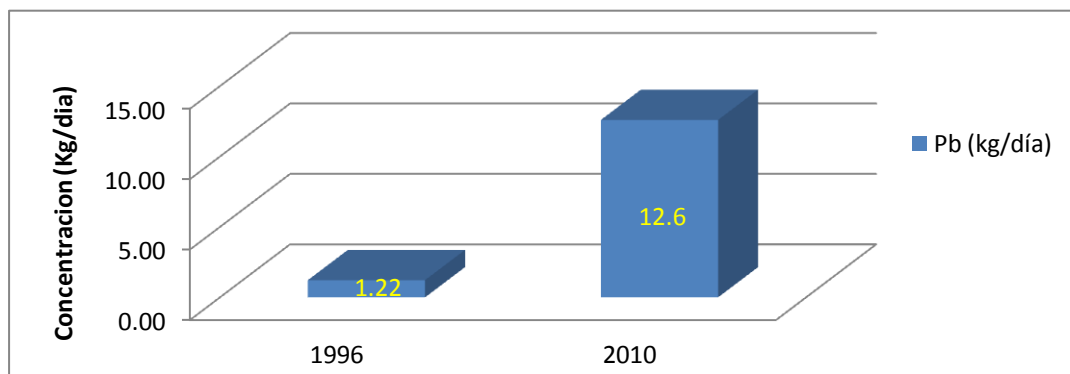


Figura N°5.52 Carga Contaminante de Pb (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Cd era de 0.061 kg/día y en el año 2010 aumento a 0.101 kg/día.

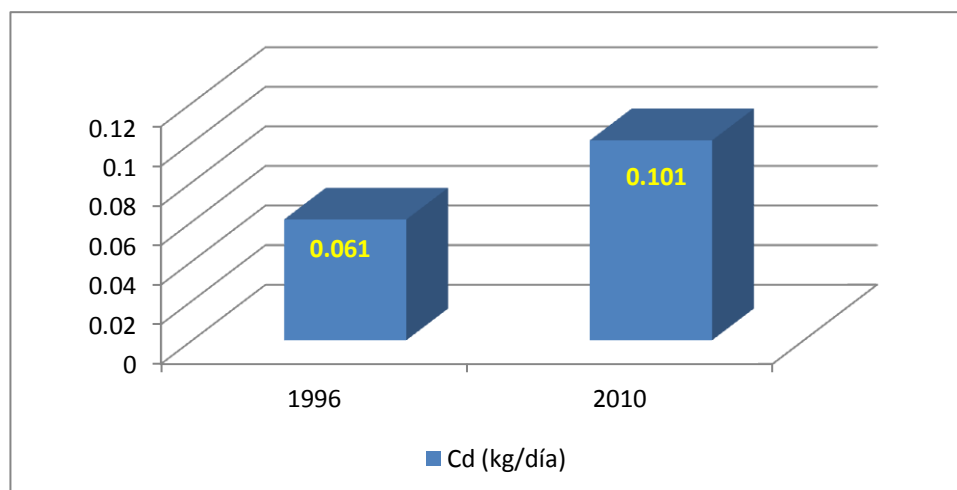


Figura N°5.53 Carga Contaminante de Cd (kg/día) Punto de Monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de As era de 0.81 kg/día y en el año 2010 aumento considerablemente a 30.3 kg/día

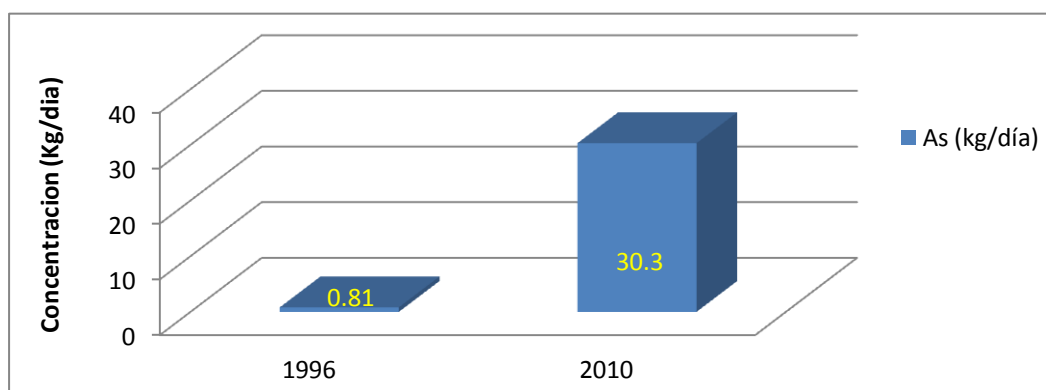


Figura N°5.54 Carga Contaminante de As (Kg/día) Punto de Monitoreo C-4

En el siguiente gráfico se observa que en el año 1996 la Cm de Hg era de 0.2 kg/día y en el año 2010 aumento a 0.5 kg/día

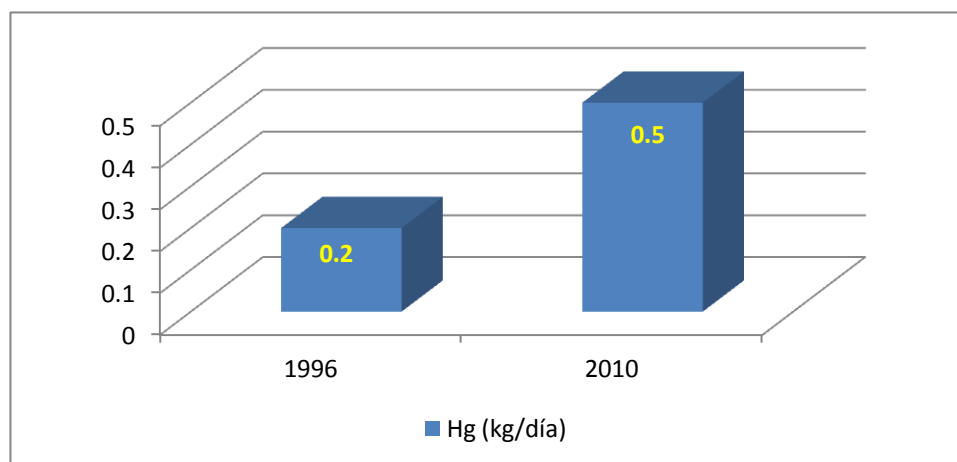


Figura N°5.55 Carga Contaminante de Hg (kg/día) en Punto de Monitoreo C-4

5.8. ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

Con respecto al análisis de los sedimentos se tomó en cuenta el monitoreo a lo largo del río Ramis, desde la naciente del río Grande hasta el río Ramis, centro poblado Caminaca, esto con el objetivo de ver el grado de contaminación por arrastre, transporte y sedimentación de la Carga contaminante (ítem anterior) en el cuerpo receptor y como este perjudica las actividades de los beneficiarios por el recurso hídrico y suelo (agricultura y ganadería) en la parte baja del río Ramis. Los puntos de monitoreo de sedimentos se presentan en las tablas siguientes:

Tabla N°5.10 Puntos de Monitoreo de Sedimento

ESTACIONES DE CONTROL				
Estación	Norte	Este	Cota	Descripción
S-3	8382336	331853	4493	Río Grande
S-4	8401891	312767	4243	Río Ramis, en el puente a la loc. De Crucero
S-5	8421327	360030	4243	Río Antauta, después de la mina San Rafael
S-6	8414636	366076	4102	Río Ramis, después de la confluencia del Apoyan
S-7	8412285	363672	4048	Río Ramis, después de la confluencia del Apoyan y Antauta (El Carmen)
S-8	8388305	360510	3968	Río Ramis, antes del poblado San Antón
S-9	8352992	372155	3855	Río Azángaro, antes del poblado Azángaro
S-11	8304958	385144	3802	Río Ramis, en el poblado Caminaca

Tabla N°5.11 Resultados de Sedimentos

Análisis de Laboratorio								
Estación	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	As	Hg
S-3	2	55	13	349	18	0.3	6	1.16
S-4	2.8	62	18	342	19	0.4	71	0.1
S-5	2.1	46.25	8.4	510	8.2	0.4	7	0.0008
S-6	4.12	480	33	590	49	1	130	0.3
S-7	5.3	312	44	660	53	8.3	149	0.3
S-8	2.9	172	23	438	46	0.4	56	0.41
S-9	2.8	240	21	399	30	0.3	39	2.9
S-11	4	97	18	748	26	0.2	23	0.8
MUY BAJO		<150	<15		<50	<0.8	<5	<0.15
BAJO		150-300	15-25		50-150	0.8-2.0	5--10	1.15-0.3
MOD. ALTO		300-1000	25-100		150-400	2.0--7.0	10--30	0.3-1
ALTO		1000-5000	100-500		400-2000	7.0--35	30--150	1—5

- Análisis de Zinc (Zn)

Para realizar el análisis del parámetro Zinc nos basamos a los rangos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla N°5.12 Rangos Zinc

Muy Bajo	<150	4	S-3, S4, S5 y S-11
Bajo	150-300	2	S-8 y S-9
Moderadamente Alto	300-1000	2	S-6 y S-7
Alto	1000-5000		

De lo cual se concluye que los puntos S-3, S4, S5 y S-11 presentan concentraciones muy bajo, los puntos S-8 y S-9 concentraciones bajo y los puntos S-6 y S-7 presentan concentraciones de Zn moderadamente alto, por lo que después de la confluencia del Ajoyani, el Zn incrementa su concentración.

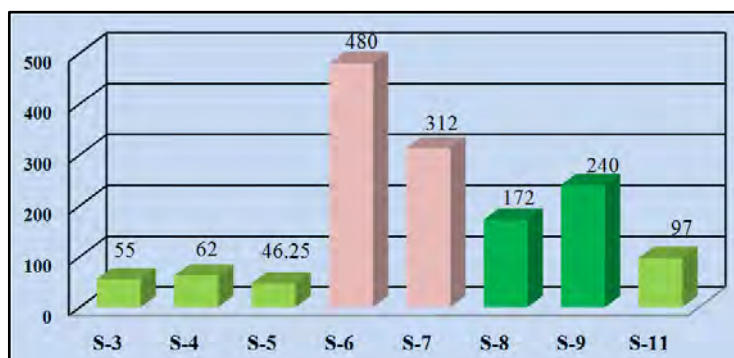


Figura N°5.56 Concentración de Zn ppm

- Análisis de Cobre (Cu)

Para realizar el análisis del parámetro cobre nos basamos en los rangos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla N°5.13 Rangos Cobre

Muy Bajo	<15	2	S-3 y S5
Bajo	15-25	4	S-4, S-8, S-9 y S-11
Moderadamente Alto	25-100	2	S-6 y S-7
Alto	100-500		

De lo cual se concluye que los puntos S-3 y S5 presentan concentraciones muy bajo, los puntos S-4, S-8, S-9 y S-11 concentraciones bajo y los puntos S-6 y S-7 presentan concentraciones de Cu moderadamente alto, por lo que después de la confluencia del Ajoyani, el Cu incrementa su concentración.

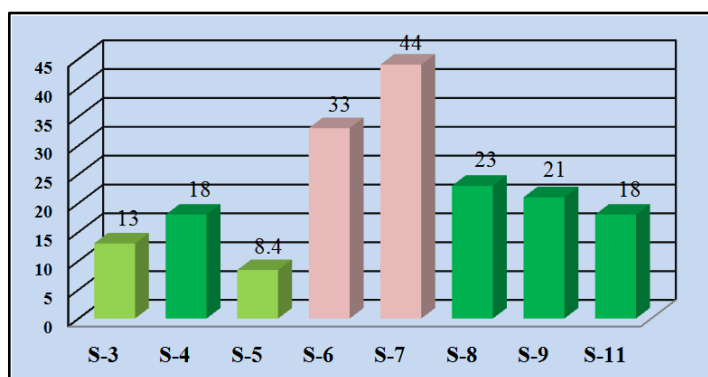


Figura N°5.57 Concentración Cu ppm

- Análisis de Plomo (Pb)

Para realizar el análisis del parámetro plomo nos basamos en los rangos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla N°5.14 Rangos Plomo

Muy Bajo	<50	7	S-3, S-4, S5, S-6, S-8, S-9 y S-11
Bajo	50-150	1	S-7
Moderadamente Alto	150-400		
Alto	400-2000		

De lo cual se concluye que los puntos S-3, S-4, S5, S-6, S-8, S-9 y S-11 presentan concentraciones muy bajo de Pb, mientras que el punto S-7 presenta una concentración en el rango de bajo, por lo que después de la confluencia del Ajoyani, el Pb incrementa su concentración, pero disminuyendo a lo largo de su recorrido en el río Ramis.

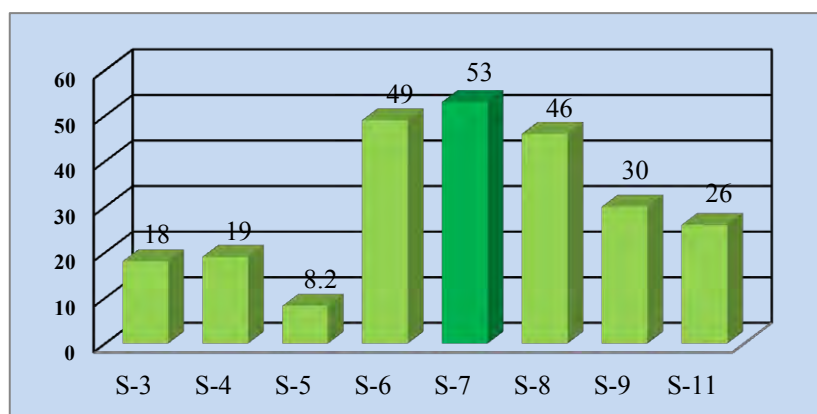


Figura N°5.58 Concentración de Pb ppm

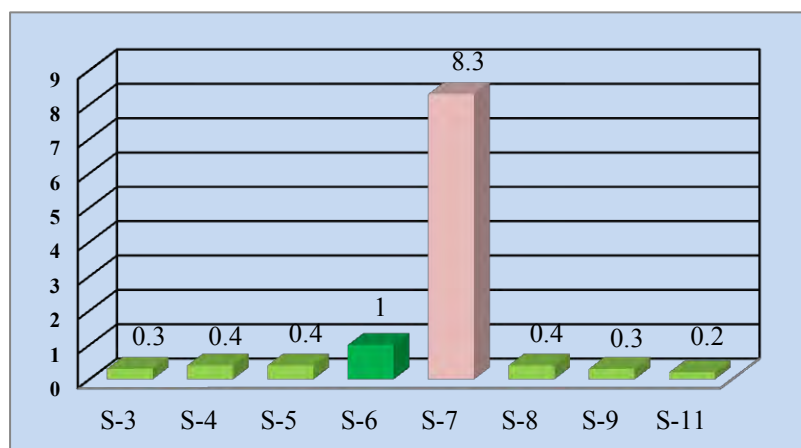
- Análisis de Cadmio (Cd)

Para realizar el análisis del parámetro cadmio nos basamos en los rangos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla N°5.15 Rangos Cadmio

Muy Bajo	<0.8	6	S-3, S-4, S5, S-8, S-9 y S-11
Bajo	0.8-2.0	1	S-6
Moderadamente Alto	2.0--7.0	1	S-7
Alto	7.0--35		

De lo cual se concluye que los puntos S-3, S-4, S5, S-8, S-9 y S-11 presentan concentraciones muy bajo de Cd, mientras que el punto S-6 presenta una concentración en el rango de bajo y el punto S-7 se encuentra con una concentración moderadamente alto, por lo que después de la confluencia del Ajoyani, el Cd incrementa su concentración, pero disminuyendo a lo largo de su recorrido en el río Ramis.

**Figura N°5.59** Concentración de Cd ppm

- Análisis de Arsénico (As)

Para realizar el análisis del parámetro arsénico nos basamos en los rangos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla N°5.16 Rangos Arsénico

Muy Bajo	<5		
Bajo	5--10	2	S-3 y S-5
Moderadamente Alto	10--30	5	S-11
Alto	30--150	1	S-4, S-6, S-7, S-8 y S-9

De lo cual se concluye que los puntos S-3 y S-5 presentan concentraciones muy bajo de As, mientras que el punto S-11 presenta una concentración en el rango de bajo y los puntos S-4, S-6, S-7, S-8 y S-9 se encuentran con una concentración moderadamente alto, por lo que después de la confluencia del Ajoyani, el As incrementa su concentración, pero disminuye radicalmente a lo largo de su recorrido en el río Ramis.

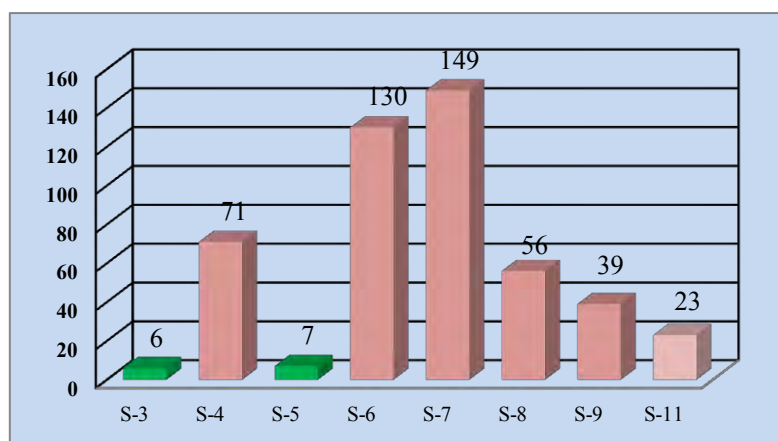


Figura N°5.60 Concentración de As ppm

- Análisis de Mercurio (Hg)

Para realizar el análisis del parámetro mercurio nos basamos a los rangos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla N°5.17 Rangos Mercurio

Muy Bajo	<5		
Bajo	5--10	2	S-3 y S-5
Moderadamente Alto	10--30	5	S-11
Alto	30--150	1	S-4, S-6, S-7, S-8 y S-9

De lo cual se concluye que los puntos S-4 y S-5 presentan concentraciones muy bajo de Hg, mientras que los punto S-6 y S-7 presentan una concentración

en el rango de bajo, los puntos S-8 y S-11 se encuentran con una concentración moderadamente alto y finalmente el S-3 y S-9 presentan concentraciones de rango alto, por lo cerca al centro poblado la rinconada (S-3) la concentración de Hg es mayor al igual que antes del centro poblado de Azángaro.

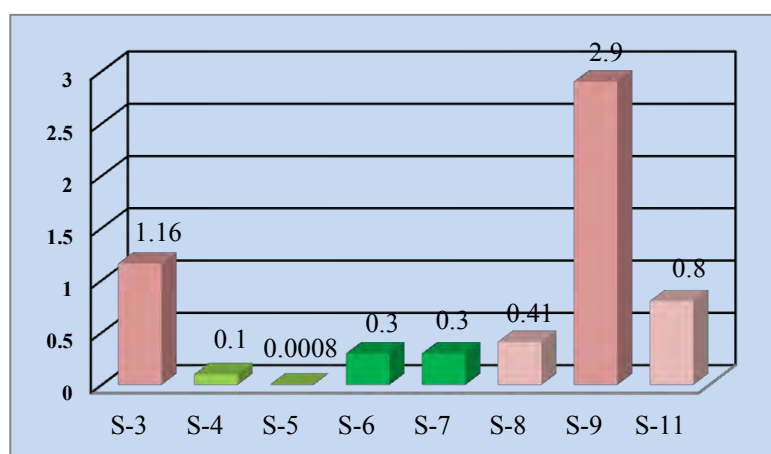


Figura N°5.61 Concentración de Hg ppm

5.9. INTERPRETACIÓN

La actividad minera en la parte alta del río Ramis ha sido una causal importante para que las concentraciones de Fe, Zn, Mn, Cu, Cd y As se elevaran considerablemente del año 1996 al año 2010, contaminando la calidad de agua en el río, así como la flora y fauna del mismo cuerpo.

Debido a las altas concentraciones de metales en los cuerpos receptores, la poblaciones aledaña al curso de agua, quebrada Cerro Lunar, Laguna Rinconada y río Ramis se han visto perjudicadas, ya que debido a la ausencia del agua potable en la zona, la población se ve obligada a consumir el agua contaminada, tanto para uso personal, agricultura y ganadería, con consecuencias dañinas para la salud humana y biodiversidad.

A consecuencia de la contaminación de los cuerpos de agua, las poblaciones del distrito de La Rinconada, así como la de Crucero han presentado enfermedades relacionadas a la presencia metálica, como mercurio en la sangre, plomo en el cuerpo humano, alterando el sistema nervioso, entre otros.

CAPÍTULO VI

PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL

Los programas de remediación ambiental tienen como fin la recuperación del recurso hídrico alterado por los altos niveles de SST, alta turbidez y presencia de metales pesados producto de la intensa actividad minera artesanal e informal en la Zona Alta de la Cuenca del río Ramis. Por consiguiente se logrará la remediación y protección del medio ambiente del área de influencia de las actividades mineras (artesanales e informales) y poblaciones aledañas.

El objetivo de dichos programas se logrará a través de la aplicación de medidas técnico-ambientales que en principio corregirán y/o mitigarán los impactos negativos y optimizarán los impactos positivos producto de la ejecución de los programas de remediación.

6.1. PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL

Los programas de remediación de la cuenca alta del Río Ramis consisten en la mitigación de los sólidos suspendidos totales, de la turbidez del agua y de la remoción de metales pesados.

Para la remediación de la cuenca del río Ramis se propone medidas técnicas, los cuales permitirán que las aguas del río Ramis mejoren en condición fisicoquímico, trayendo consigo la mejora en la calidad del agua del río Ramis.

La puesta en marcha de los programas de remediación y la gestión del mismo servirá de modelo para el diseño de estrategias piloto a diversos problemas ambientales en cuencas hidrográficas a nivel nacional.

Se propone los siguientes programas de remediación:

- Programa de remediación para el tratamiento del agua:

- Alternativa N°1: Proceso de extracción minera por el método Circuito cerrado de las Aguas.
- Alternativa N°2: Proceso de mitigación por el método de Pozas secuenciales de las Aguas del Río Ramis
- Alternativa N°3: proceso de mitigación por el método de presa (B3) de Retención de las Aguas del Río Ramis.

- Programa de Remediación de Desmontes.

Se adjunta la Figura N° 6.1, donde se puede observar las propuestas técnicas que se plantean y las 3 alternativas para el tratamiento de agua en la cuenca del río Ramis.



Figura N°6.1 Gráfico que muestra las 3 alternativas para el tratamiento de agua en la cuenca del río Ramis.

6.1.1. Programa de remediación para el tratamiento del agua

En este programa técnico de remediación se tiene 3 alternativas ver Plano N°8 en el anexo N°4 (Tres alternativas de remediación de la cuenca del río Ramis)

6.1.1.1. Alternativa N°1: Proceso de extracción minera por el método del circuito cerrado de las aguas

Actualmente los productores mineros vierten sus efluentes líquidos de las operaciones minero-metalúrgicas a la cuenca del Río Ramis, en contra de los dispositivos legales vigentes, el cual establece que no se debe verter efluentes minero-metalúrgicos contaminados a los cuerpos receptores de agua (Ríos, Lagunas) y medioambiente en general, razón por la cual se propone este programa de circuito cerrado de las aguas.

A. Criterios para el diseño de Pozas de Sedimentación

Profundidad. La eficiencia de los tanques de sedimentación (pozas de sedimentación) estaría afectada por el grado de floculación de los sólidos suspendidos, el cual, a la vez, depende del tiempo de retención. El volumen del tanque de sedimentación = $A(\text{área}) \times d(\text{profundidad})$

El tiempo de retención es igual al volumen del tanque dividido por el caudal:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{Ad}{Q}$$

Se tiene que, el tiempo de retención teórico es directamente proporcional a la profundidad; por ello, la eficiencia de remoción de partículas floculentas dependerá de la profundidad del tanque.

Sin embargo debemos considerar que la eficiencia de remoción no está relacionada linealmente con el tiempo de retención; así, por ejemplo, si el 80% de los sólidos suspendidos son removidos con un tiempo de retención de dos horas, es posible que con 3 horas de retención solo se remuevan 90%.

Tiempo de retención en las pozas de sedimentación. El tiempo de retención depende del propósito del sedimentador por eso para tanques de sedimentación simple, el tiempo de retención será lo suficientemente largo como para permitir el asentamiento de partículas con velocidad de asentamiento muy baja; en este caso el tiempo de retención puede ser de varios días.

En tanques convencionales usados para sedimentación de los sólidos provenientes de coagulación o ablandamiento de aguas, un tiempo de retención de 2 a 4 horas es generalmente suficiente como preparación del agua para su filtración subsecuente. Cuando el agua va a ser usada sin filtración se proveen

tiempos de retención hasta de 12 horas.

Almacenamiento de lodos. Los lodos generalmente serán extraídos mediante bombas de succión hidráulica, los mismos que serán transportados hacia las pozas de secado.

Sedimentadores. Los sedimentadores deben tener capacidad suficiente para permitir segmentación adecuada de los caudales extremos en las operaciones mineras (artesanales e informales).

Forma. El número de tanques se determina mediante el caudal total, el grado de flexibilidad de operación y la economía del diseño. Debe proveerse un mínimo de dos pozas, para poder sacar una unidad para mantenimiento y limpieza.

B. Diseño de las pozas de sedimentación para el circuito cerrado del agua.

El programa consiste en la reutilización del agua, mediante un circuito cerrado del agua a partir de las 4 pozas de sedimentación que todo pequeño minero y minero artesanal debe construir en su entorno de trabajo para que el agua recircule a la planta de lavado en el proceso de recuperación de oro, de esta forma no se genera ni acumule aguas con sólidos suspendidos, alta turbidez y metales pesados en el río Ramis y por ende se reduzca el consumo de agua fresca.

Objetivos. El proceso de tratamiento debe ser utilizando el agua en circuito cerrado (recirculando las aguas usadas) y difundir una estrategia piloto para un mejor uso del agua.

Para lo cual consideramos:





- a. Capacitar y sensibilizar a los productores mineros sobre el presente programa de remediación “Circuito Cerrado del Agua” y de las ventajas

y beneficios ambientales que se conseguirá con la ejecución del mismo.

- b. El procesamiento final de minerales de todos los productores artesanales y de pequeña minería debe realizarse utilizando el agua con el método de circuito cerrado (agua reciclada al 100%), de esta manera no se descargaría agua contaminada al río Ramis.

Para el diseño de las pozas de sedimentación y conseguir la clarificación del agua se han tomado como dato práctico el caudal máximo (250 L/seg) que se opera en la extracción del mineral.

Para este circuito cerrado del agua en las operaciones mineras, se tiene en cuenta la construcción de las siguientes pozas:

-  01 desarenador
-  02 sedimentadores
-  01 clarificador
-  02 pozas de secado de lodos

- **Medidas de las pozas a implementar en el circuito cerrado del agua:**

01 desarenador

Ancho: 15 m.

Largo: 37 m.

Altura: 3 m.

Calculando volumen= largo × ancho × altura= 1665 m³

Caudal (Q) = volumen/tiempo= 0.25 m³/seg.

Tiempo de llenado por Poza: 1.85 horas o 6660 seg.

02 sedimentadores

Cada sedimentador tendrá la siguiente medida:

Ancho: 15 m.

Largo: 65 m.

Altura: 4 m.

Calculando volumen para cada sedimentador: $\text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura} = 3900 \text{ m}^3$

Caudal (Q) = $0.25 \text{ m}^3/\text{seg} = \text{volumen}/\text{tiempo}$

Tiempo de llenado por Poza: 4.20 horas o 15 600 seg.

Por lo tanto, el tiempo de retención de las aguas en los 02 sedimentadores estarán en un rango de 8.40 horas, pasando inmediatamente al clarificador, proceso final del circuito de pozas.

01 clarificador

Ancho: 15 m.

Largo: 42 m.

Altura: 4 m.

Calculando volumen para cada sedimentador: $\text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura} = 2520 \text{ m}^3$

Caudal (Q) = $0.25 \text{ m}^3/\text{seg} = \text{volumen}/\text{tiempo}$

Tiempo de llenado por Poza: 2.48 horas o 10 080 seg.

Por lo tanto, el tiempo de retención de la poza de clarificación estará en un rango de 2.48 horas, pasando inmediatamente a la operación minera, para nuevamente ingresar al desarenador.

02 pozas de secado de lodos

Ancho: 67.5 m.

Largo: 100 m.

Altura: 4 m.

Calculando volumen para cada poza de secado de lodos: largo \times ancho \times altura = 27 000 m³.

En total las 02 pozas tendrán un volumen acumulativo de 54 000 m³, para el secado de los lodos, producto de la sedimentación de los sólidos en el desarenador y las pozas de sedimentación.

En consecuencia, el total de tiempo que el agua tendrá en el Circuito Cerrado de Agua, al ingresar hasta regresar para la operación minera, será de 13 horas y 19 minutos.

Con la implementación y construcción del sistema de Circuito Cerrado de Agua, el cual será aplicado para la producción minera, mineros artesanales, mineros informales o asociación/comités de mineros de la zona, se generaran impactos positivos ante la problemática ambiental suscitada en las áreas mineras de Ananea y la Rinconada, relacionada directamente a la contaminación de las aguas del río Ramis, flora, fauna y población en general de las áreas mencionadas.

La implementación del programa de remediación mencionado en el párrafo anterior, evitará las descargas de efluentes mineros sin tratamiento alguno hacia el cauce del río Ramis, se reducirá la contaminación ambiental del recurso hídrico de la zona, en el tiempo y las prácticas a realizarse, se notara la mejora en el manejo de aguas en las actividades extractivas (minería), un menor uso de agua fresca para las operaciones mineras, ésta agua se podrá utilizar para fines de uso doméstico y con ello se emprenderá la mejora de la calidad de vida de la población que se encuentra en el

entorno del área de estudio, así como las poblaciones y actividades económicas que se ubican y desarrollan en la parte baja de la cuenca del río Ramis, como parte del sistema hídrico de la cuenca antes mencionada.

Se adjuntan planos y gráficos del diseño del Método del Circuito Cerrado del Agua

Gráficos del diseño de las pozas de sedimentación

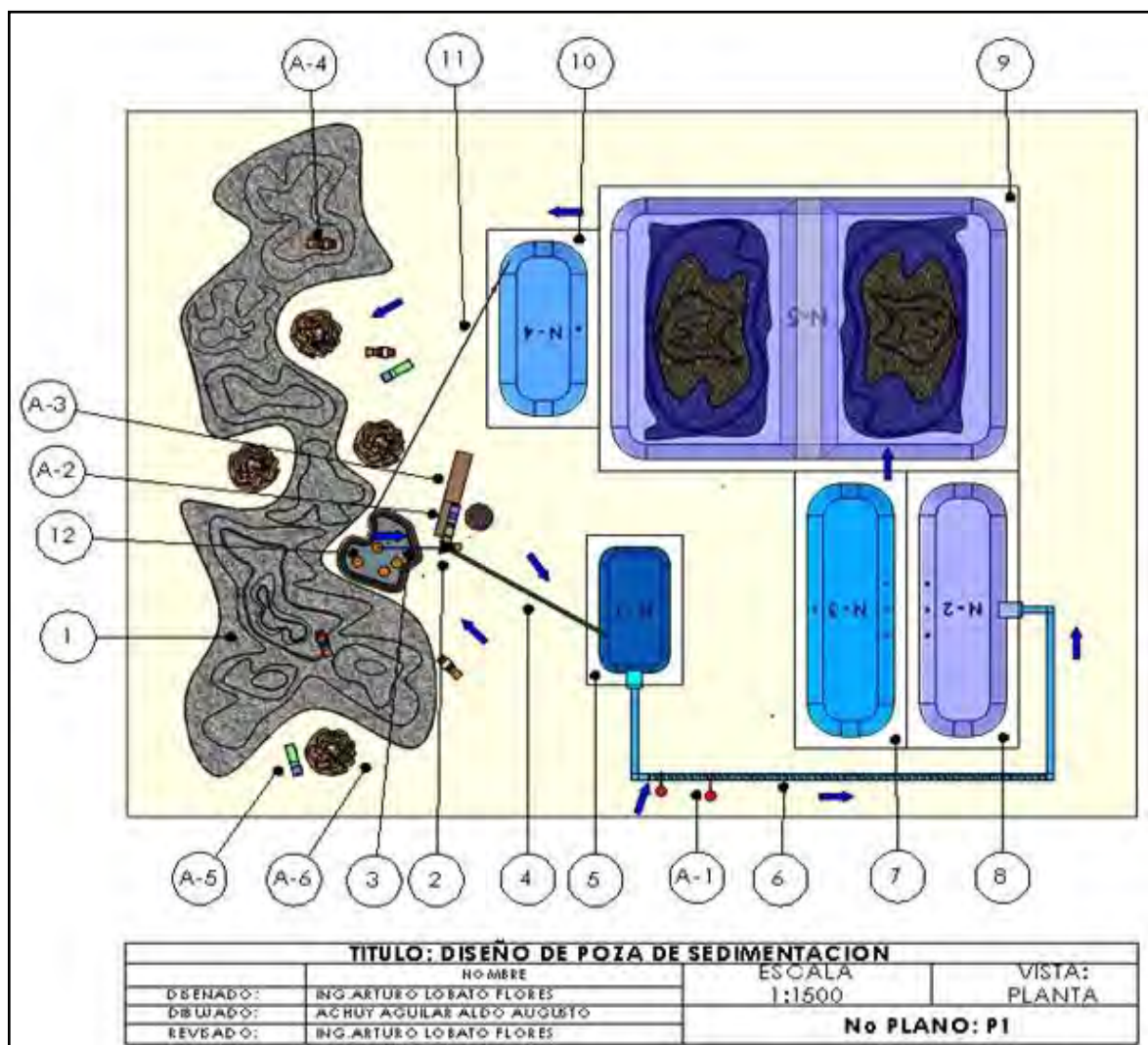


Figura N°6.2 Gráfico general de la planta de tratamiento circuito cerrado.

Especificaciones del plano:

1. Frente minado tajo abierto.	8. Poza de sedimentación y tratamiento secundario.	A-1. Tanque de floculante.
2. Via de acceso chute-frente de minado.	9. Poza de almacenamiento de lodos.	A-2. Mineral y chute-frente de minado.
3. Suministro de agua inyectando agua a la canaleta gravimétrica	10. Poza de almacenamiento de agua clarificada.	A-3. Rampa acceso chute.
4. Canal de concentración gravimétrica.	11. Tubería de polietileno de 4 pulgadas y bomba de agua para reciclar.	A-4. Cargador frontal.
5. Desarenador primario.	12. Tanques de agua.	A-5. Camión montacarga.
6. Canal mezcla lodos y floculante.		
7. Poza de sedimentación y tratamiento primario.		

Fuente: Elaboración propia.

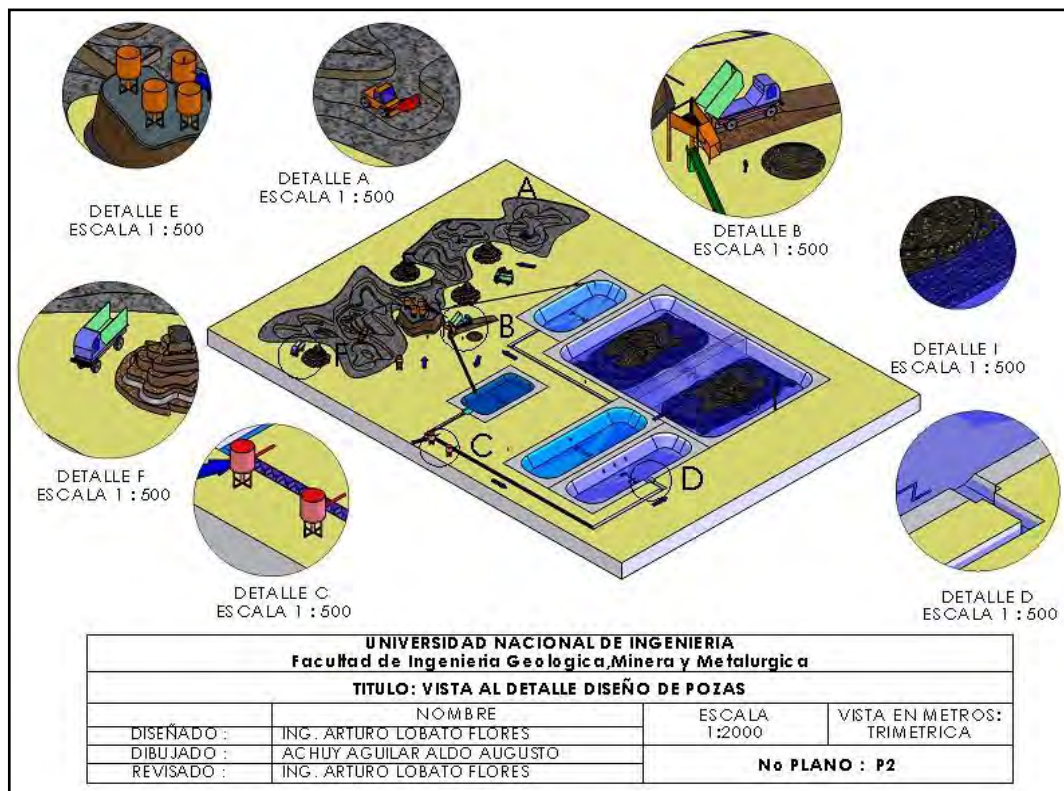


Figura N°6.3 Vistas estratégicas de la planta de tratamiento de circuito cerrado, Alternativa N°1 - Elaboración propia.

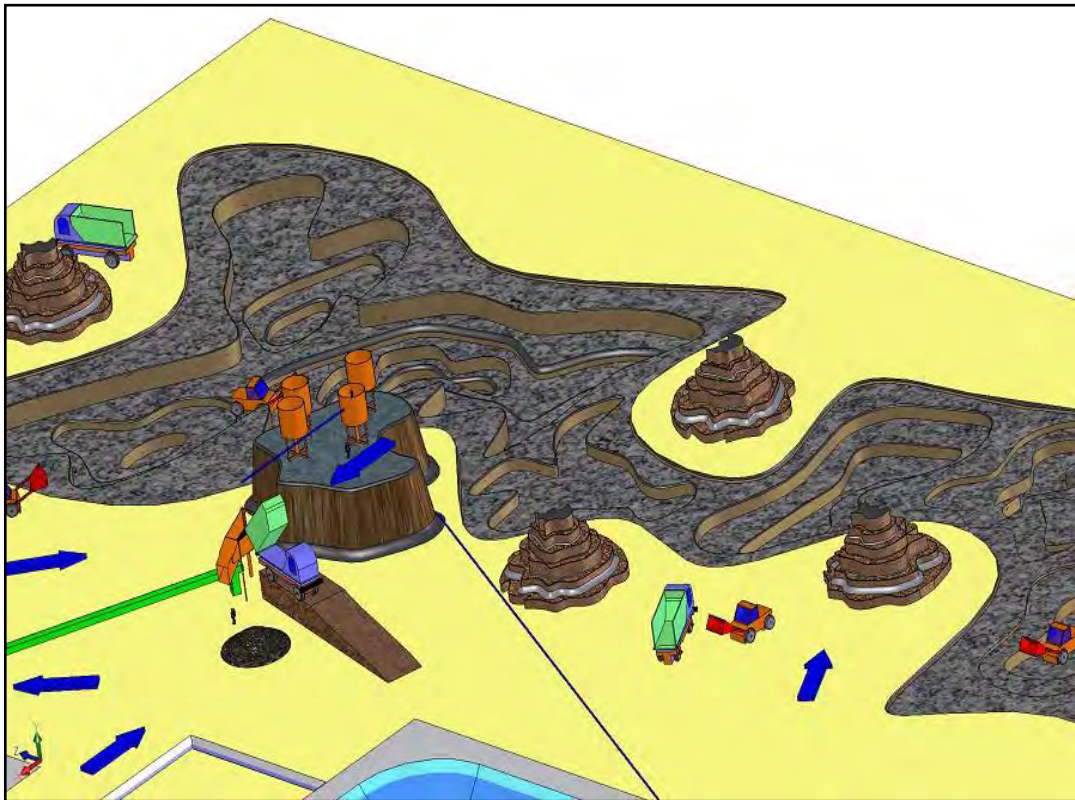


Figura N°6.4 Vista de minado -Elaboración propia.

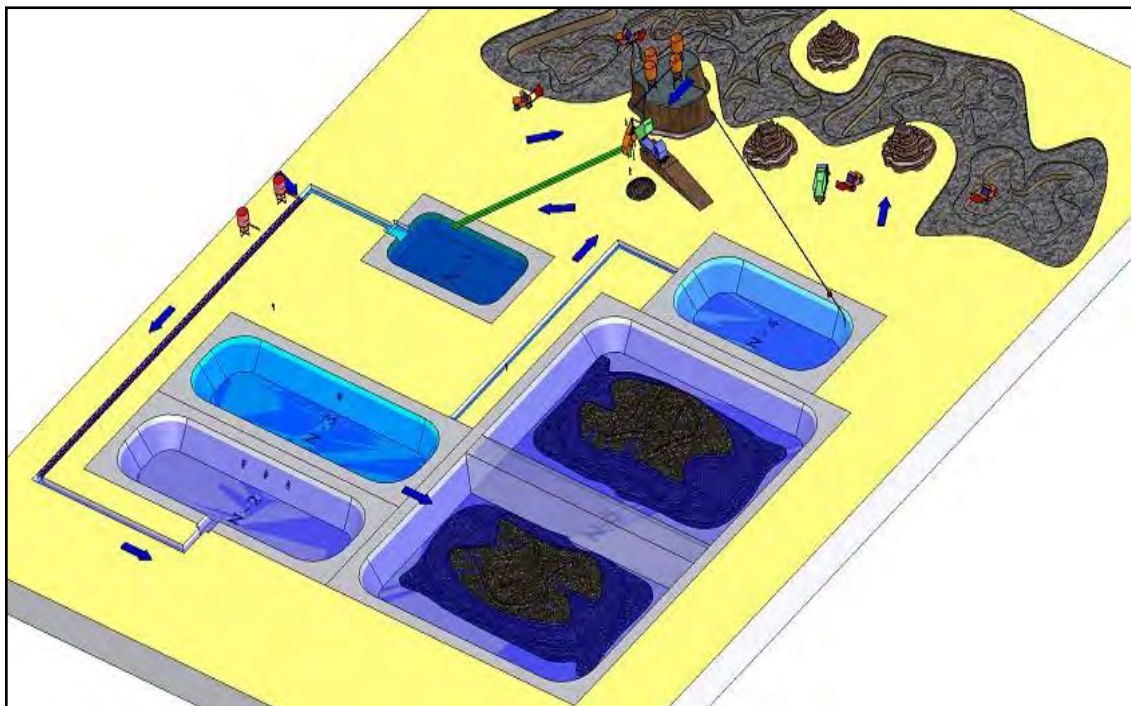


Figura N°6.5 Vista de las 4 pozas y pozas de lodos, Alternativa N°1- Elaboración propia.

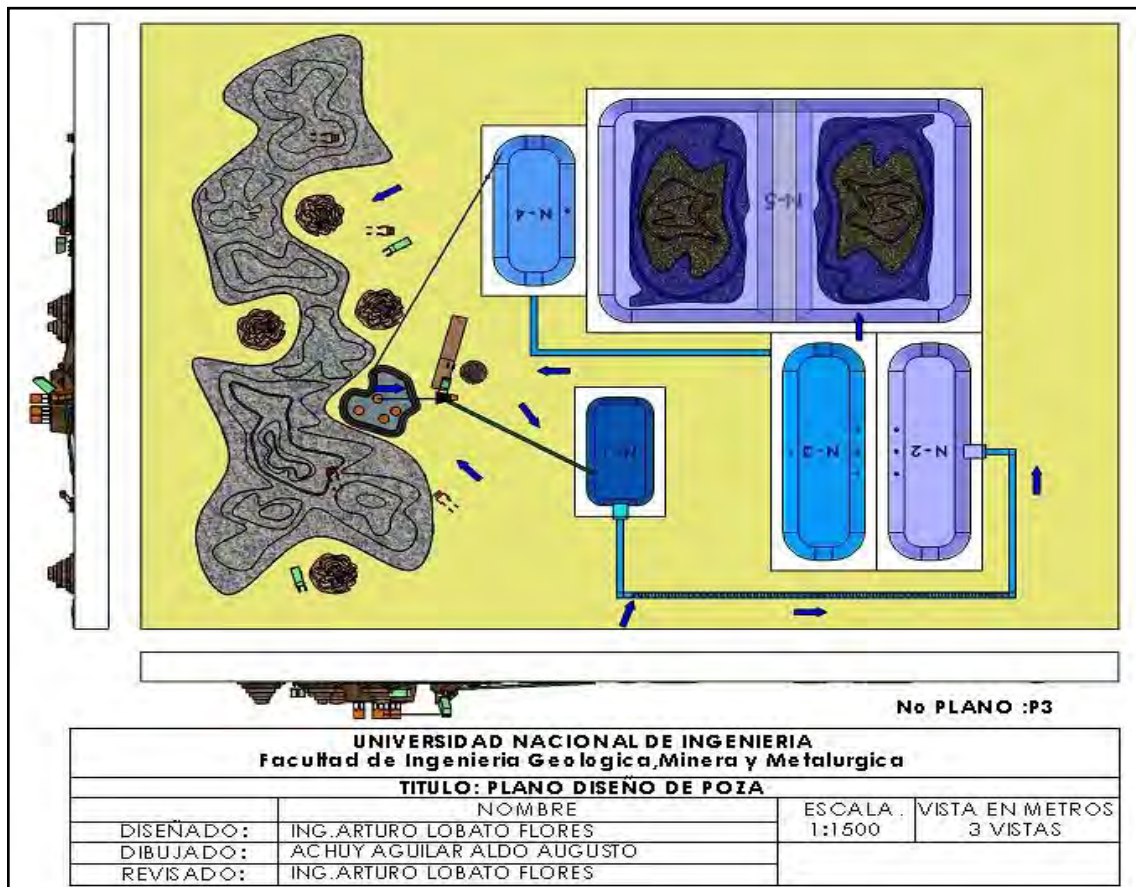


Figura N°6.6 Planos dimensionados de la planta de tratamiento de circuito cerrado, Alternativa N°1 - Elaboración propia.

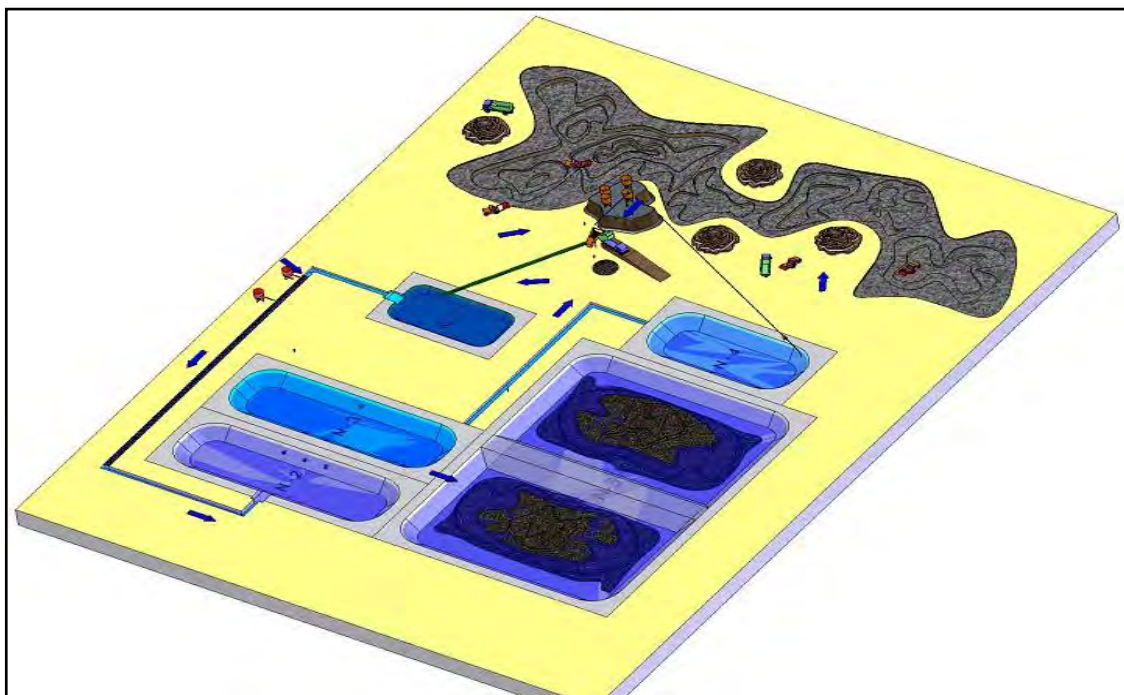
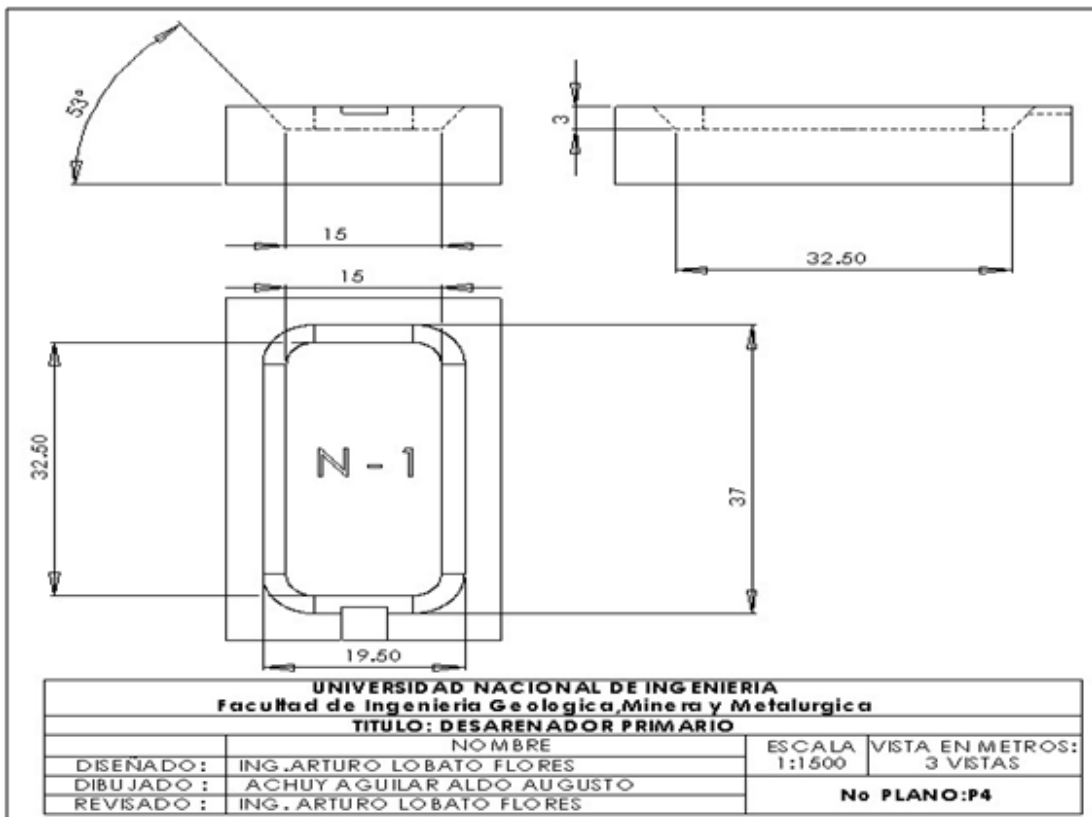
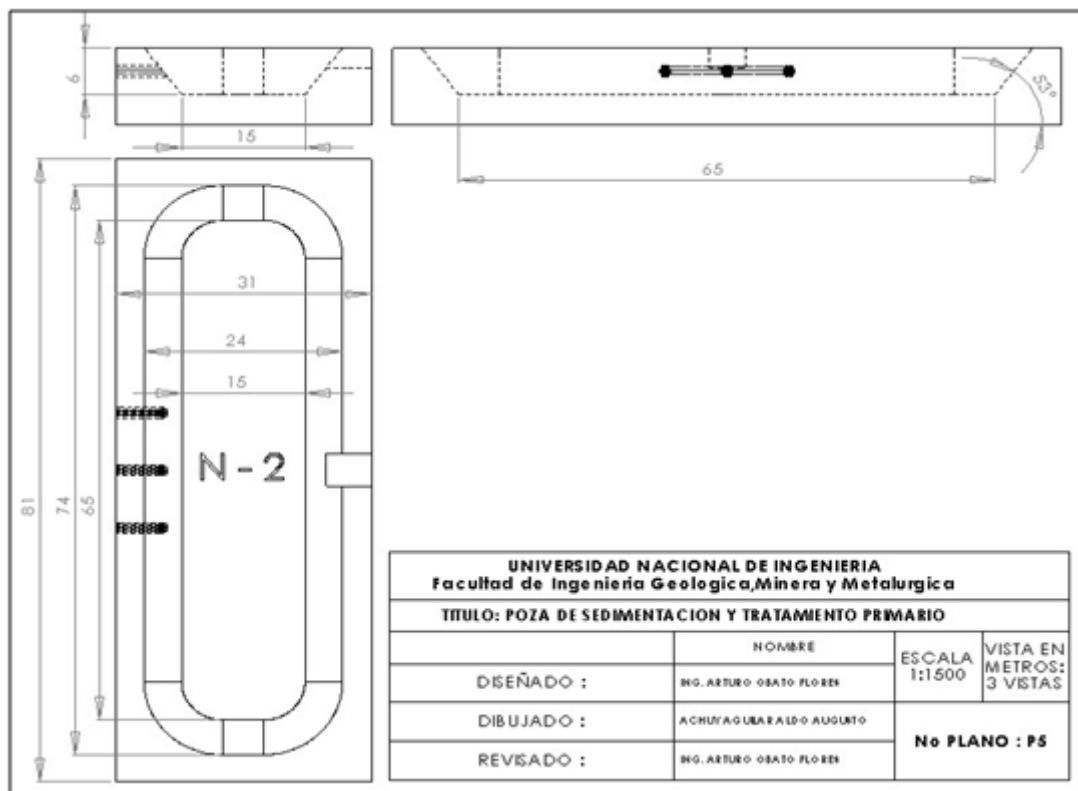


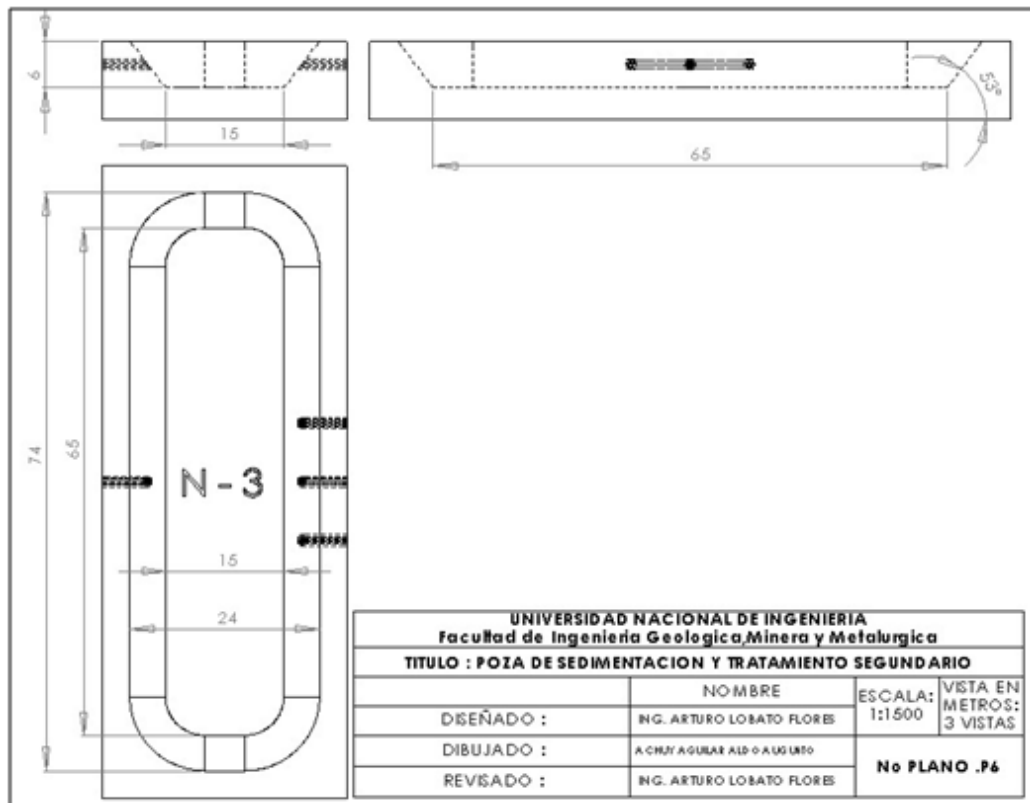
Figura N°6.7 Gráfico general de la planta de tratamiento circuito cerrado 3D, Alternativa N°1 - Elaboración propia.



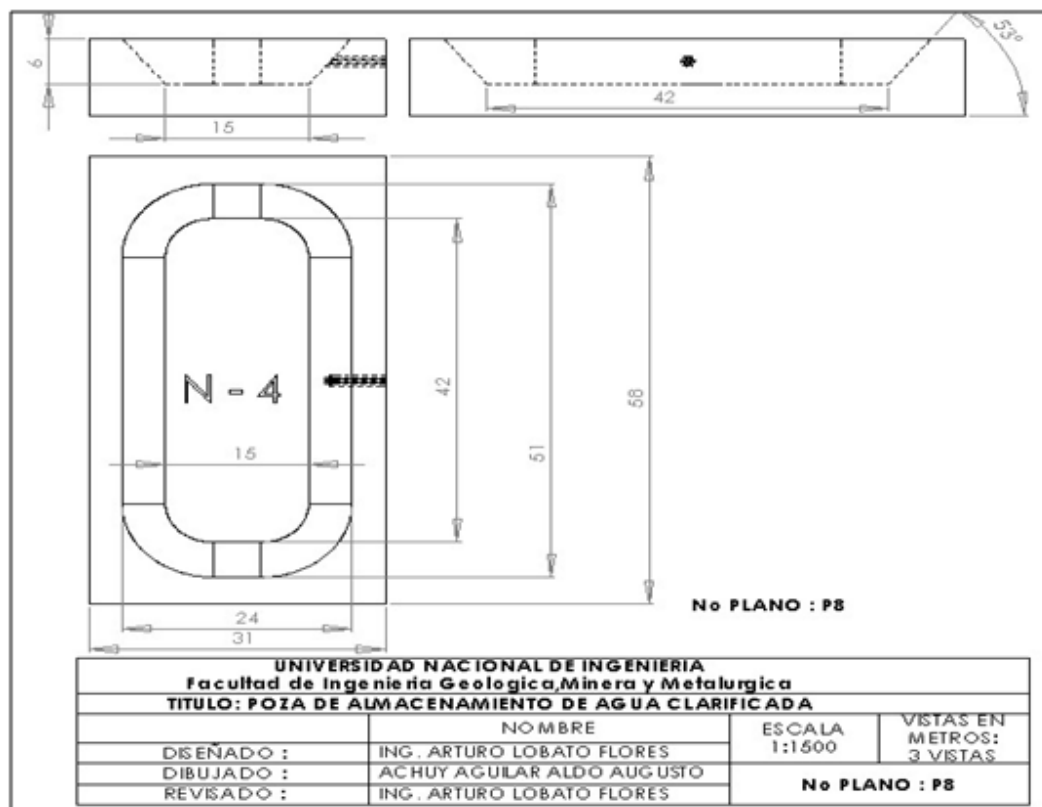
Plano N°6.1 Plano poza desarenador. - Elaboración propia.



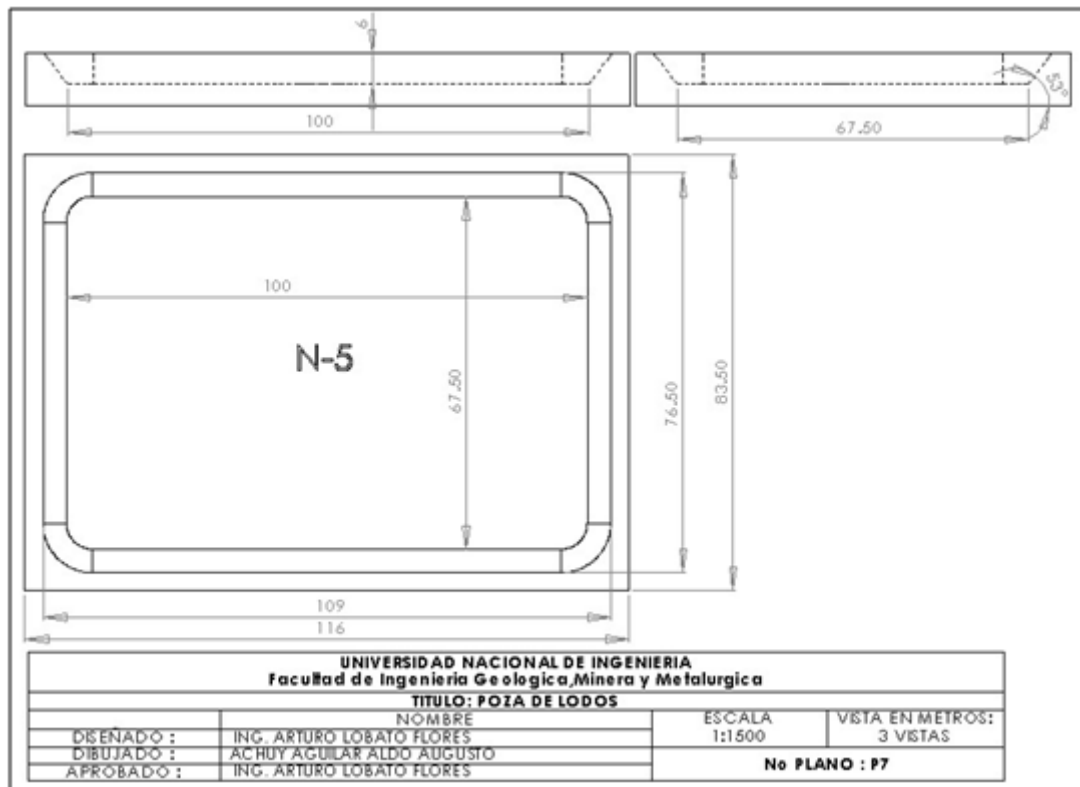
Plano N°6.2 Plano poza sedimentación primaria. Elaboración propia.



Plano N°6.3 Plano poza sedimentación secundaria - Elaboración propia.



Plano N°6.4 Plano poza clarificación de agua. - Elaboración propia.



Plano N°6.5 Plano poza de lodos. - Elaboración propia.

C. Modelo del método de circuito cerrado del agua

La Empresa denominada Cooperativa Santiago localizado a 500 m del Río Ramis y a 900 m de la municipalidad del pueblo de Ananea ha construido pozas de sedimentación de tierra artesanalmente con base de arcilla aplicando el proceso de producción por el método de circuito cerrado, siendo la única empresa que ha puesto en práctica este método pero en forma artesanal.

Estaciones de monitoreo en el proceso de producción por el método de circuito cerrado cooperativa Santiago.

- Estación N° 1: Antes de la poza N° 1, desarenadora- sedimentación.
- Estación N° 2: Después de la Poza N° 2, de Sedimentación.
- Estación N° 3: Después de la Poza N° 4, de Clarificación.

- Estación N°4: Muestra utilizando Floculante Magnafloc en la Poza de Sedimentación N°4.

En las siguientes fotografías se muestran las pozas que actualmente la Empresa Minera Cooperativa Santiago, utiliza para la reducción de sólidos y metales pesados, como parte del Circuito Cerrado del Agua.



Figura N°6.8 Obsérvese el tratamiento del mineral, las canaletas que contiene las arenas negras con oro y al fondo en el lado izquierdo, la zona de Pozas de Lodo.



Figura N°6.9 Se observa el proceso de recolección del concentrado de oro con la amalgama.



Figura N°6.10 El tratamiento del mineral utilizando las canaletas que contiene las arenas negras con oro y las pozas de sedimentación.



Figura N°6.11 Se observa primero la Poza N°1 Desarenador, luego la Poza N°2, Poza N°3, Sedimentadores.



Figura N°6.12 Monitoreando en el ingreso de la Poza N°2, Sedimentación



Figura N°6.13 Monitoreando al ingreso a la Poza N°3, Sedimentación



Figura N°6.14 Una vista panorámica de las (4) pozas de sedimentación y las Pozas de lodo.



Figura N°6.15 Monitoreando en la Poza de Sedimentación N°4, llamada Clarificador, observándose agua clarificada y las bombas – mangueras de succión para retornar al proceso de producción, “Circuito Cerrado del Agua”.

En la siguiente tabla se puede observar los resultados de análisis del agua (proveniente de las operaciones mineras) a la salida de la poza del desarenador, Poza de desarenador N°1, Poza de sedimentación N°3 y Poza de clarificación N°4, como parte del programa del Circuito cerrado del agua.

Tabla N°6.1 Resultados de calidad de agua del circuito cerrado del agua.

Parámetros	Después de Poza N° 1 Desarenador	Poza de sedimentación N°2	Poza de clarificación N°4	Con floculante magnafloc	ECA-3
pH	7,8	7,5	7,0	7	6.5 – 8.5
Conductividad (umhos/cm)	190	92	90	50	<=5000
Turbidez(NTU)	15234	36,3	22,4	15,1	
T(°C)	10	11	11	11	
Sulfatos(mg/L)	39	10	9	7	500
SST(mg/L)	10234	940	5	0,7	
SDT(mg/L)	130	40	20	12	
Fe(mg/L)	13,21	0,500	0,060	0,021	1
Zn(mg/L)	2.1	0,058	0,043	0,019	2
Cu(mg/L)	0.9	0,013	0,005	0,004	0.2
Mn(mg/L)	0,82	0,323	0,234	0,19	0.2
Pb(mg/L)	0,4	0,183	0,031	0,029	0.05
Cd(mg/L)	0,011	0,009	0,004	0,003	0.005
As(mg/L)	0,8	3,234	0,02	0,01	0.05
Cianuro(mg/L)	0.09	0.006	0,002	0,001	
Mercurio (Mg/L)	0,019	0,014	0,001	0,0008	0,001
Caudal(m3/día)	17280	---	---	---	

De acuerdo a la tabla anterior, se puede observar que el agua de la poza N°1, desarenador, presentó resultados de contenido de metales pesados altos, todos por encima de los ECA-3, luego del proceso de sedimentación, los resultados de calidad de agua en el rebose de la poza N°2 presentaron una disminución drástica de valores de contenido de metales pesados, seguidamente en la poza N°4 se observa también la disminución de las concentraciones de iones metálicos.

Finalmente al agua de la poza N°4, clarificación, se realizó las pruebas sedimentación mediante la adición de floculante, observándose que las concentraciones de los parámetros descritos en el cuadro anterior, se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-3). La justificación fisico-química se explica mediante los diagramas de Pourbaix; ver el anexo N°3.

Si el gobierno exige a toda las compañías mineras formales e informales

implanten el proceso de extracción de oro por el método de circuito cerrado del agua utilizada por los productores mineros se recircularía en circuito cerrado concluyendo que el efluente de agua al río Ramis sería cero.

A continuación se presenta las fotografías que detallan las pruebas en laboratorio, aplicación y/o dosificación del floculante Magnafloc, a la muestra de la poza N °4, de clarificación.



Figura N°6.16 Muestras de agua en frascos y sedimentos en bolsas tomada en la Poza N° 1 del Desarenador y preparando la muestra para las pruebas de sedimentación en los laboratorios del IMMA-UNI y Laboratorio N°9 de la FIGMM.



Figura N°6.17 Muestra tomada en la Poza N° 4 pruebas de sedimentación en los laboratorios del IMMA-UNI.



Figura N°6.18 Muestra dosificando el floculante MAGNAFLOG para incrementar las velocidad de sedimentación en los laboratorios del IMMA-UNI.



Figura N°6.19 Muestra finalizando el proceso de sedimentación. En los laboratorios del IMMA-UNI.

D. Presupuesto y cronograma de construcción de Pozas de sedimentación - Circuito Cerrado de Agua

Se ha considerado como propuesto de construcción de tres alternativas de materiales (concreto, Geomembrana y tierra), de las cuales se seleccionara según la capacidad económica y considerando la importancia del trabajo a realizar. Cabe resaltar que para las pozas de sedimentación a implementar se les considera 2 m más a la altura de diseño inicial, este criterio se ha tomado en cuenta en relación al grado de precipitación existente en la zona de estudio, es por ello que los análisis de costos para las pozas de sedimentación de ha realizado con una altura total de 6 m. Ver las siguientes tablas.

Alternativa 1: Pozas de sedimentación - Circuito Cerrado de Agua

Tabla N°6.2 Pozas de Concreto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		US\$	US\$
Sistema de captación del efluente	1	10000	10000
Poza desarenadora	1	150000	150000
Sedimentadores	2	150000	300000
Clarificador	1	150000	150000
Secado de lodos	2	70000	140000
Canales, tuberías y equipos	1	100000	100000
Otros	1	20000	20000
Pre Total			870000
Imprevistos			87000
Total			957000

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa 2: Pozas de sedimentación - Circuito Cerrado de Agua

Tabla N°6.3 Pozas con Geomembrana

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		US\$	US\$
Sistema de captación del efluente	1	10000	10000
Poza desarenadora	1	22500	22500
Sedimentadores	2	22500	45000
Clarificador	1	22500	22500
Secado de lodos	2	10500	21000
Canales, tuberías y equipos	1	20000	20000
Otros	1	15000	15000
Pre Total			156000
Imprevistos			15600
Total			171600

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa 3: Pozas de sedimentación - Circuito Cerrado de Agua

Tabla N°6.4 Poza de Tierra

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		US\$	US\$
Sistema de captación del efluente	1	4000	4000
Poza desarenadora	1	4000	4000
Sedimentadores	2	7200	14400
Clarificador	1	4800	4800
Secado de lodos	2	19200	38400
Canales, tuberías y equipos	1	20000	20000
Otros	1	15000	15000
Pre Total			100600
Imprevistos			10060
Total			110660

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°6.5 Cronograma de obra de construcción del circuito cerrado del agua

DESCRIPCION	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trabajos preliminares y campamento.	■	■										
Area de lavado morrenico y Canal de entrada al Circuito cerrado del agua		■	■	■	■	■	■					
Construccion de Pozas			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Implementacion de equipos (Bombas, etc)												■
Aliviadero de demasias.									■	■	■	■

Fuente: Elaboración Propia

6.1.1.2. Alternativa N°2 - Proceso de mitigación por el método de poza secuenciales de las aguas del río Ramis

A. Objetivo

El presente programa propuesto tiene como objetivo la sedimentación de sólidos suspendidos y remoción de metales de las aguas del río Ramis.

B. Característica de las agua del río Ramis a tratar

De acuerdo a los monitoreos realizados para la presente Tesis de investigación, pues se ha tomado la calidad del agua del punto de monitoreo C-3, ubicado en el río Grande, aguas abajo de la descarga de la laguna

La Rinconada. La caracterización se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°6.6 Resultados de Monitoreo-Noviembre 2010

Parámetros	1996			2010	*ECA-3
	pH	6,7	7	7	7.5
Conductividad(umhos/cm)	200	190	130	120	<=5000
Turbidez(NTU)	15600,0	15576,0	15576	16673	
T(°C)	5,7	2,5	13,7	13	
Sulfatos(mg/L)	46,77	20,77	48	48,5	500
SST(mg/L)	9958	10410	10256,667	11340,88	
SDT(mg/L)	138	120	73	50	
Fe(mg/L)	0,039	0,241	2	40	1
Zn(mg/L)	0,012	0,021	1	2,5	2
Cu(mg/L)	0,001	0,005	1,4	1,85	0,2
Mn(mg/L)	0,039	0,009	1,8	14,5	0,2
Pb(mg/L)	0,026	0,006	0,045	0,9	0,5
Cd(mg/L)	0,001	0,0005	0,004	0,012	0,005
As(mg/L)	0,0005	0,0117	0,08	1,9	0,05
Caudal(m3/día) 734 l/s	52902	54604		63417.6	

Fuente: Elaboración Propia. Análisis realizados en el Laboratorio de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

De acuerdo a la tabla anterior, se observa que la concentración de hierro, zinc, cobre, manganeso, plomo y arsénico han aumentado para el 2010 a comparación de los monitoreos realizados en el año 1996, para lo cual se propone el presente sistema de tratamiento, para la remoción de los metales contaminantes en las aguas del río Ramis en su cuenca alta.

Los criterios de diseño y su eficiencia se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N°6.7 Criterios de diseño y su eficiencia

Criterio de diseño	Agua del río Ramis - C-3	Eficiencia del tratamiento	
Caudal: L/s	1600	NA	alta
Flujo	Continuo	-	alta
pH	7.5	ECA	alta
Sólidos Suspendidos Totales: mg/L	11341	NA	alta
Conductividad eléctrica: uS/cm.	120	ECA	alta
Hierro	820	<ECA	alta
Cobre	1.85	<ECA	alta
Manganeso	14.5	<ECA	alta
Plomo	0.9	<ECA	alta
Arsénico	1.9	<ECA	alta
Generación de lodos.	Volumen alto	-	alta

Fuente: Elaboración propia

C. Descripción del proceso de tratamiento

Las aguas a tratar provienen de la cuenca alta del río Ramis, que en la zona toma el nombre de río Grande, estas aguas en la actualidad están siendo impactadas por los efluentes sin tratar de las mineras artesanales e informales que operan en la cabecera de cuenca y aledañas al cauce del río mencionado, ya que los efluentes mencionados son vertidos directamente al río, con alto grado de turbiedad y por ende de contaminación, como se puede evidenciar en Tabla 6.6.

El proceso de tratamiento comprende lo siguiente:

- ✓ Captación de las aguas en el Río Ramis.
- ✓ Poza de equalización y regulación del caudal para el tratamiento.
- ✓ Floculación.
- ✓ Sedimentación.
- ✓ Oxidación
- ✓ Clarificación
- ✓ Tratamiento de lodos
- ✓ Disposición final.

Descripción de las unidades del proceso de tratamiento

- **Captación de las aguas del río Ramis.**

Las aguas del río Ramis en su integridad, van a ser captadas y derivadas a la poza de equalización, para luego seguir con su tratamiento, en el sistema propuesto.

- **Poza desarenadora.**

Esta poza, homogenizara las características de calidad fisico-

química de las aguas del río Ramis. También ayuda a decantar y/o precipitar los sólidos en suspensión, a su vez regulara el caudal de tratamiento, de tal manera que se tenga un flujo constante para el tratamiento.

Este proceso, facilitara la dosificación del floculante en los procesos posteriores.

- **Regulación del caudal.**

El caudal para el tratamiento es regulado por un sistema automático. En el controlador se programa el caudal de tratamiento, y automáticamente una válvula regula el flujo.

- **Floculación.**

Tiene por finalidad la desestabilización y precipitación de los sólidos suspendidos coloidales, causantes de la turbiedad aparente de las aguas en el río Ramis.

La operación se realiza dosificando un polielectrolito orgánico (floculante) en una cámara de mezcla, la cual es contigua a la poza desarenadora y/o de ecualización.

La dosificación del floculante, se realiza por medio de una bomba dosificadora automática.

El proceso de floculación se completa a lo largo del canal de conducción del agua, al sedimentador.

- **Sedimentación.**

Tiene por finalidad la remoción de las partículas coaguladas y floculadas, mediante la fuerza de la gravedad.

La operación se realiza en un sedimentador convencional. Los lodos producto de este proceso, serán recolectados mediante un succionador (cisternas). En este proceso se prevé la precipitación de metales pesados.

- **Oxidación**

Tiene por finalidad la oxidación de los metales que son difíciles de precipitar con el uso del floculante, como es el caso del Manganeseo.

- **Tratamiento de lodos.**

Los lodos generados son evacuados a las canchas de secado para su posterior disposición final, en un depósito de lodos el cual estará ubicado a 50 km del pueblo de Ananea.

- **Disposición final**

El agua del río Ramis ya tratada y con buena calidad (el cual cumplir los ECA-Agua), será entregada al cauce del río para que siga su curso natural. Con ello se estaría remediando la cuenca alta del río Ramis.

D. Descripción detallada del tratamiento de las aguas del río Ramis.

Las características básicas para el tratamiento son las siguientes:

- Sistema de captación de agua cruda:
 - Canal de concreto armado.
 - Dimensiones: 40m × 3.00m × 1.50m (Largo-Ancho-Altura)
- Poza de desarenador:
 - Cantidad: 1 Unidad.
 - Forma: Rectangular.
 - Material: Concreto armado.
 - Capacidad: 5850 m³

- Dimensiones: 65.0m × 15.0m × 6.0m (Largo × Ancho × Altura)
- Floculador:
 - a. Tanque de mezcla.
 - Cantidad: 1 Unidad.
 - Forma: Rectangular.
 - Material: Concreto armado.
 - Capacidad: 43.2 m³.
 - Dimensiones: 6.0m × 4.0m × 1.8m (Largo × Ancho × Altura)
 - b. Tanque de Floculante.
 - Cantidad: 2 Unidades.
 - Forma: Cilíndrica.
 - Material: Polietileno.
 - Capacidad: 10.5 m³ / tanque.
 - Dimensiones: 2.37m × 2.37m (Diámetro × Altura)
 - Agitador: Mecánico de acero inoxidable.
 - Tipo de agitador: De hélice.
 - Potencia del motor: 5 HP
 - c. Dosificador de floculante.
 - Cantidad: 1 Unidad.
 - Tipo: Bomba peristáltica.
 - Capacidad: 20 – 30 LPM
 - Potencia: 1.5 HP

- Conexión: 1/2 pulgada
- Tensión de trabajo: 220 Vac/60 Hz / Monofásica.
- Pozas de Sedimentación:
 - Cantidad: 2 Unidades.
 - Forma: Rectangular.
 - Material: Concreto armado.
 - Capacidad: 39000 m³
 - Dimensiones: 100m × 65.0m × 6.0m (Largo × Ancho × Altura)
- Equipo de Aireación:
 - Cantidad: 2 Unidad.
 - Bandeja: Placa de acero inoxidable de 20.0m × 5.0m
 - Orificios de 3 pulgadas de diámetro.-1/8" de espesor.
 - Difusor de aire: De microburbuja.
 - Aireador: De 3.0 HP de potencia.
 - Capacidad: 120 kg de O₂ / día.
- Clarificador:
 - Cantidad: 1 Unidades.
 - Forma: Rectangular.
 - Material: Concreto armado.
 - Capacidad: 5850 m³
 - Dimensiones: 65m x 15.0m x 6.0m (Largo × Ancho × Altura)
- Depósito de lodos.

El depósito de lodos tiene las siguientes características:

Cancha de lodos:

- Cantidad: 2 unidades.
- Forma: Rectangular.
- Material: Concreto armado.
- Dimensiones: 200m × 100m × 6m (Largo × ancho × altura)
- Sistema eléctrico de los procesos del sistema de tratamiento.

Consiste de los siguientes tipos de servicios:

- Tensión eléctrica de 220 Vac / 60 Hz / Monofásica.
- Tensión eléctrica de 220 Vac / 60 Hz / Trifásica.
- Tableros de distribución y control de energía eléctrica.
- Sistemas de control y seguridad de procesos.
 - Características generales de control y seguridad de procesos.

Los sistemas de control y seguridad de procesos, tienen las siguientes características generales:

 - Sistema de control de caudales.
 - Sistema de control en la coagulación-floculación.
 - Sistema de control de parámetros físico-químicos.
 - pH
 - Conductividad.
 - Turbiedad.
 - Parámetros físico-químicos normalizados: Metales pesados.
- Instrumentación y automatización.

La instrumentación y automatización del sistema de tratamiento, se ha definido de acuerdo a las siguientes variables de proceso:

- Variables principales:
 - Flujos.
 - Turbiedad.
 - Concentración de reactivos químicos: Dosis óptimas.
- Variables secundarias:
 - pH
 - Conductividad.
- Variables referenciales:
 - Niveles.
 - Temperatura.

E. COSTOS DE INVERSIÓN.

Los costos de inversión del sistema de tratamiento se presentan en la siguiente tabla.

Tabla N°6.8 Costos de inversión del sistema de tratamiento/sin IGV

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$
Sistema de captación de agua de río	01	20 000	20 000
Poza de desarenador	01	150 000	150 000
Sistema de floculación	01	30 000	30 000
Sedimentadores	02	300 000	600 000
Clarificador	01	150 000	150 000
Equipo de aireación	01	30 000	30 000
Sistema de control de flujo	02	30 000	60 000
Sistema de control de dosificación de floculante.	01	25 000	25 000
Otros	01	20 000	20 000
Total			1 085 000

Fuente: Elaboración propia

F. COSTOS OPERATIVOS.

Los costos operativos anuales se presentan en las siguientes tablas.

Tabla N°6.9 Costos operativos anuales del sistema de tratamiento

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$
Operador	Mes	12	800	9 600
Ayudante	Mes	12	500	6 000
Coagulante-floculante	Mes	12	40 000	480 000
Energía eléctrica	Mes	12	2 500	5 000
Otros	Mes	12	2 000	10 000
Total				510 600

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°6.10 Cronograma de actividades de ejecución de proyecto

DESCRIPCION	MES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Trabajos preliminares	■	■	■										
Canal de captación y derivación		■	■	■	■	■	■						
Construcción de pozas			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Acabados y detalles											■	■	■
Adquisición e instalación de equipos										■	■	■	■
Canal de descarga hacia el río Ramis									■	■	■	■	

Fuente: Elaboración propia

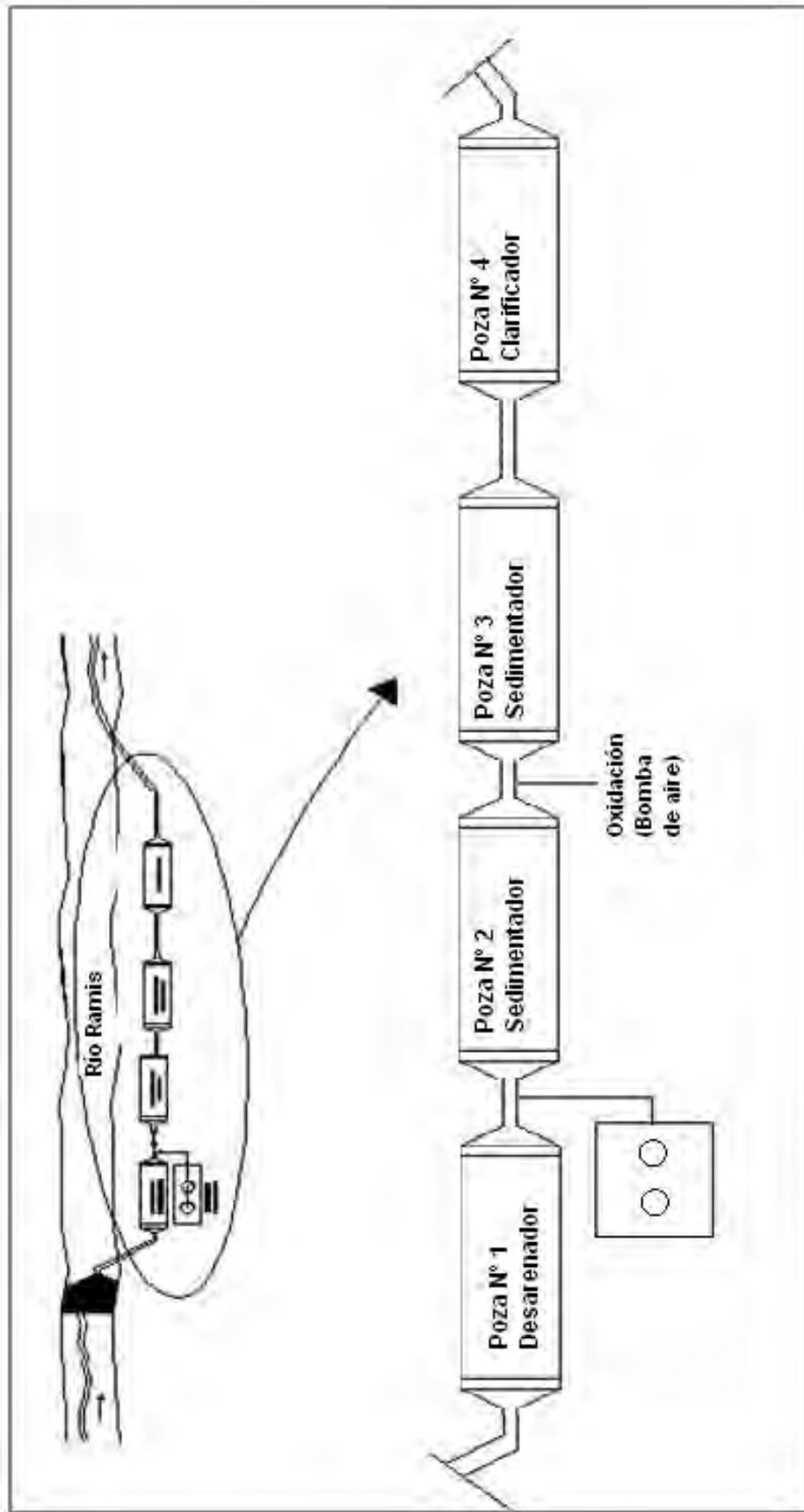
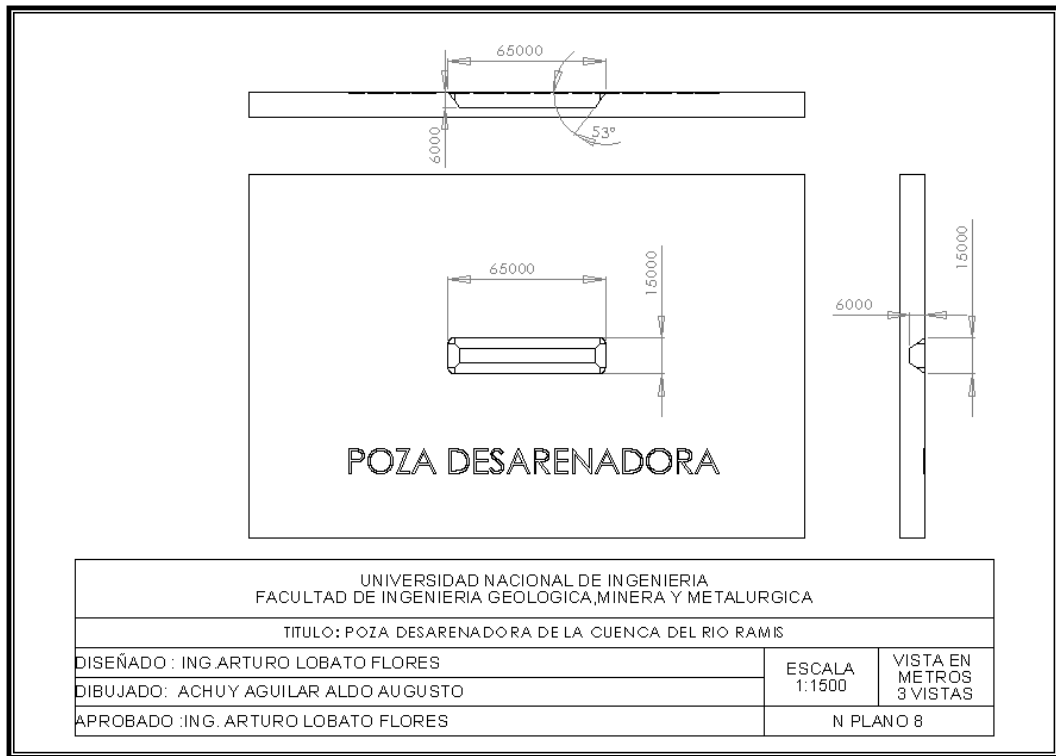
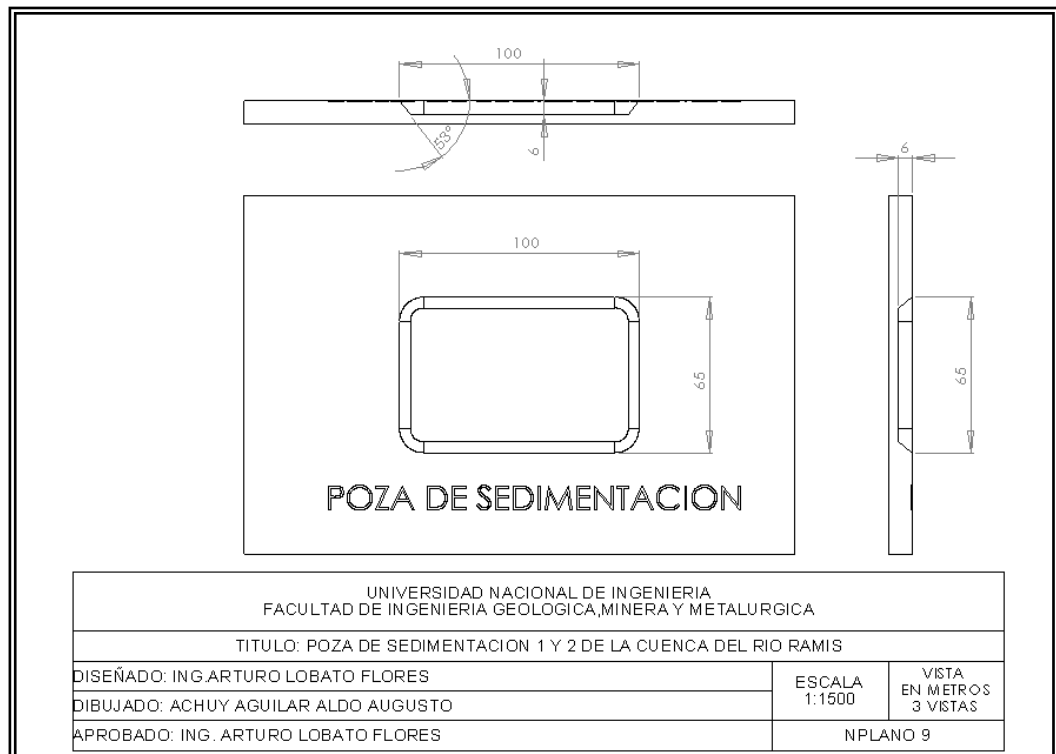


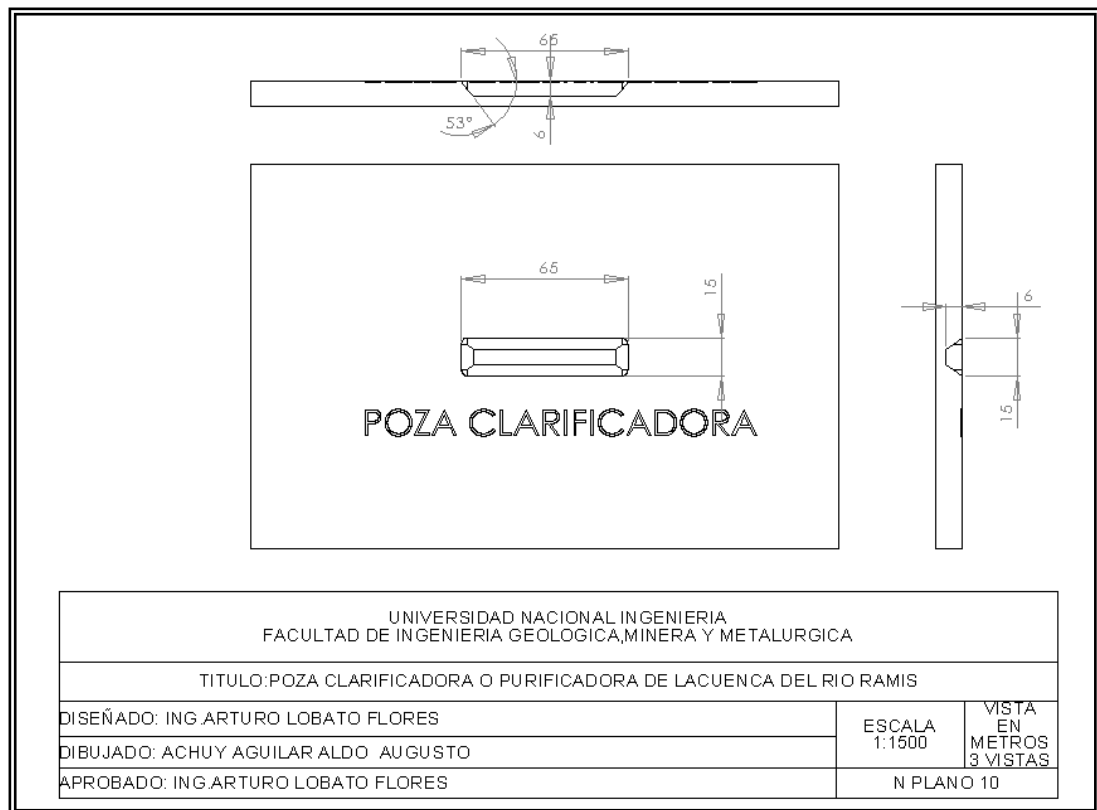
Figura N°6.20 Alternativa 2 por el método de pozas secuenciales-Diagrama de Flujo - Sistema de Tratamiento de Agua del Río Ramis.



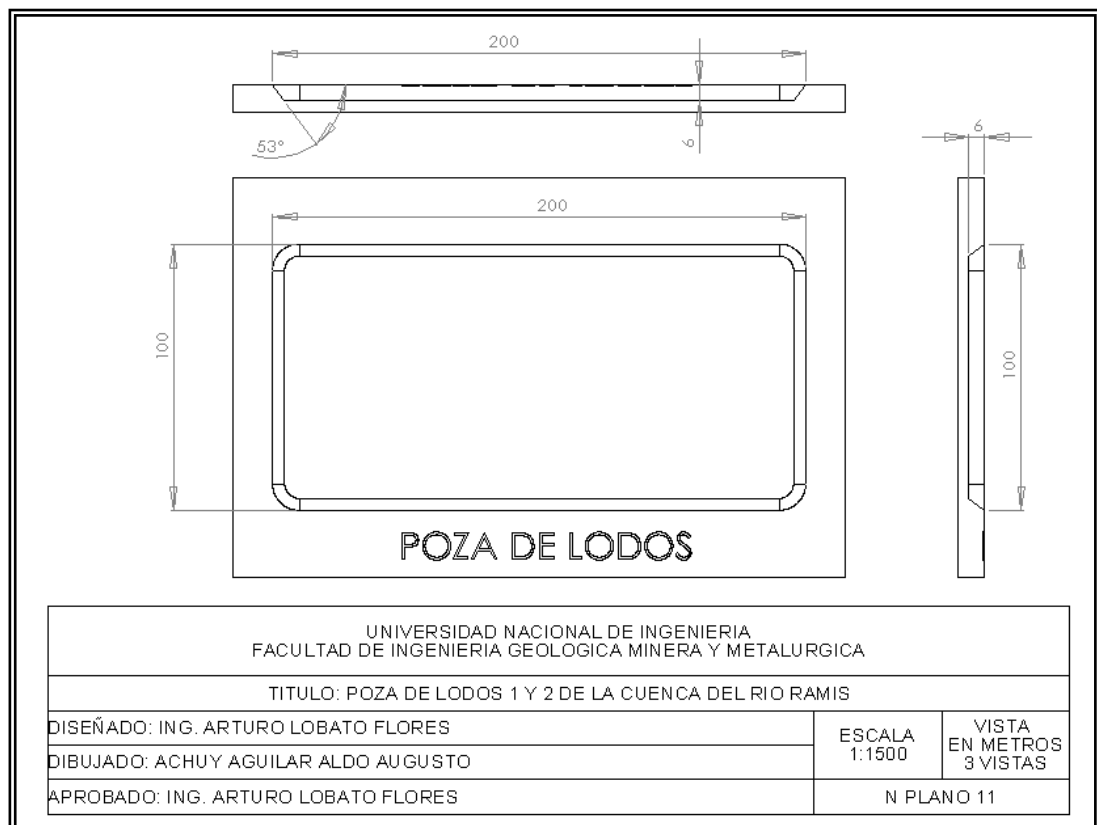
Plano N°6.6 Plano poza desarenador, Alternativa 2. - Elaboración Propia



Plano N°6.7 Plano poza de sedimentación. - Elaboración Propia



Plano N°6.8 Plano poza clarificadora. - Elaboración Propia



Plano N°6.9 Plano poza de lodos. - Elaboración Propia

6.1.1.3. Alternativa N°3 - Proceso de mitigación por el método de presas de retención de las aguas del río Ramis

De acuerdo al estudio realizado por el Ministerio de Energía y Minas, inicialmente se planteó la propuesta de construir secuencialmente tres presas para conseguir la retención de sedimentos mediante el emplazamiento de presas secuenciales en la cuenca alta del río Ramis (Ananea-Puno).

Las presas permitirán realizar la contención de los sedimentos sólidos en las barreras (presas) y el pase libre del caudal de agua durante la avenida máxima de diseño, incluyendo el desarrollo de las obras que conforman las barreras y obras conexas.

El presente proyecto de retención de sedimentos (desechos mineros) formo parte del sistema de protección del río Grande (Ananea-Puno); este río Grande pertenece también a la naciente de la cuenca del río Ramis.

Lo mencionado anteriormente formo parte del estudio elaborado por la Misión Brasileña del 2007, el cual determino que debe ejecutarse 3 presas en forma secuencial para contener los desechos de arcilla montmorillonítica; B1 (barrera/presa, Primaria), B2 (barrera/presa, Secundaria) y B3 (barrera/presa, Terciaria).

Sin embargo, según el estudio de Perfil “Retención de Sedimentos mediante el emplazamiento de Presas en la Cuenca del Río Grande (Ananea – Puno)”, elaborado por Agua y Agro Asesores Asociados S.A.C., luego del análisis respectivo, se determina que no es necesario la construcción de las tres presas sino, de sola una y sustentado en el análisis hidrológico, el cual determino que para un periodo de 100 años de vida, el volumen de sedimentos sería de 23MMC

y que incluso se podría tener un volumen disponible para uso agrícola o poblacional de 20MMC.

En tal sentido, de las tres alternativas propuestas de emplazamiento, sólo 2 tienen actitud para la construcción (B2 y B3) descartándose una de ellas (B1).

Las razones para descartar B1 fueron por lo siguiente:

- En lo topográfico y cartográfico, no tiene una conformación de tipo “vaso” para un embalse porque se encuentra en una zona de planicie donde una barrera podría contribuir a contaminar la planicie por reboses en avenidas (23MMC de sedimentos).
- En lo geológico y geotécnico, no reúne buenas condiciones de estabilidad para el emplazamiento de la presa (suelo firme) que garantice su seguridad.
- La cercanía que existe del emplazamiento con la zona de actividad minera informal (Ananea).

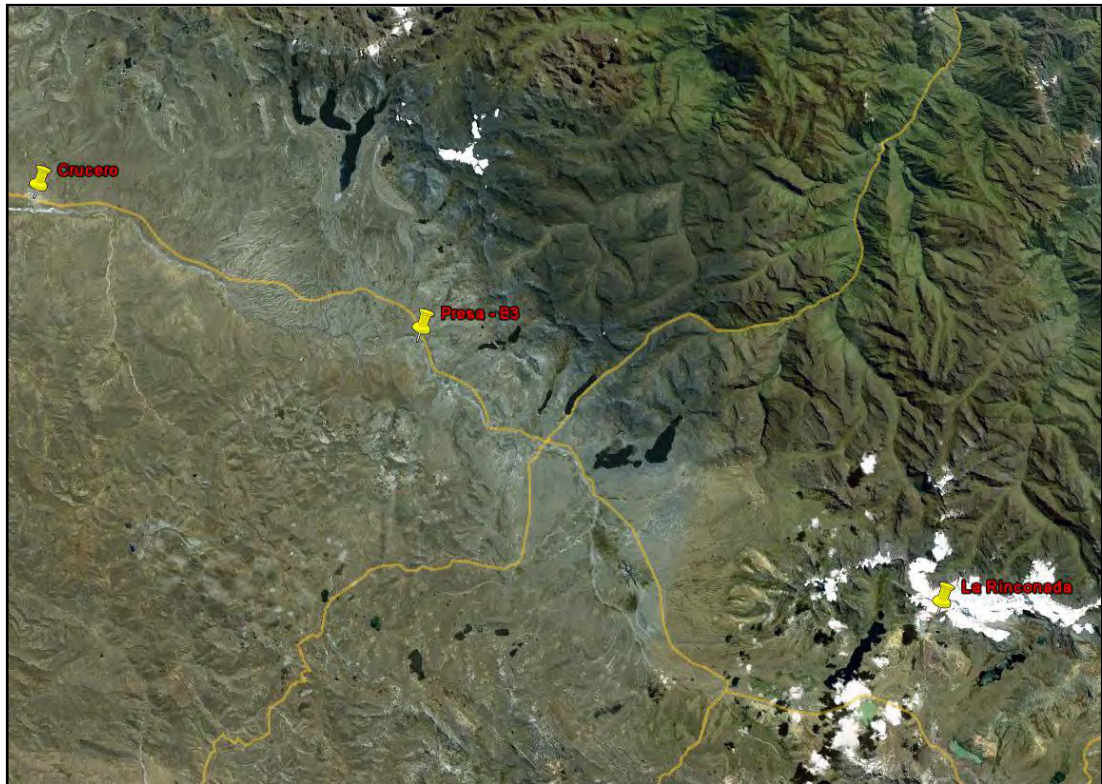


Figura N°6.21 Imagen Satelital de la ubicación de la Presa B3.

El objetivo en la presente tesis, en este acápite, para solucionar el problema de los sólidos en suspensión, es presentar la opinión técnica de la mejor opción, la misma que es la construcción de la presa B3, ello debido a la evaluación realizada (al tipo de infraestructura, ubicación geográfica, características geológicas, actividades económicas, entre otros aspectos). Ver Tabla N°6.11.

Tabla N°6.11 Alternativa para infraestructura y gestión administrativa

COMPONENTES	ALTERNATIVA 01
INFRAESTRUCTURA	<p>Presa B3 de tierra. Capacitación y sensibilización</p>
GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN	<p>Programa de formalización minera Programa de tecnificación de la minería pequeña y artesanal. Programa de monitoreo ambiental Programa de Salud Ocupacional.</p>

- **Alternativa de solución:**

Por lo tanto la alternativa adecuada para mitigar los impactos ambientales, sólidos en suspensión, producto de las actividades mineras en la parte alta del río Ramis, es la construcción de una presa (B3) para contener los sedimentos. Así como también una serie de actividades orientadas a regular y modernizar la actividad minera, como la sensibilización y capacitación de la población sobre el manejo y tratamiento del recurso hídrico.

Así pues la alternativa seleccionada se describe a continuación:

- **Descripción de la alternativa de construcción de la Presa B3 de tierra**

La Presa B3 se ubicara en un estrechamiento del río Grande, donde el río tiene una cota de fondo de 4295 msnm. En las Coordenadas UTM: 8'402,117 N - 416,652 E

Material

Se plantea que la presa debe ser construida de tierra homogénea, sea ésta de material propio o de préstamo seleccionado.

La impermeabilidad se diseña por medio de una pantalla de concreto de 0.60m de espesor a colocarse sobre el talud de aguas arriba, en tanto que para controlar las filtraciones en la fundación se plantea inyecciones.

Volúmenes de Almacenamiento

La presa ha sido diseñada para un volumen total de 43MMC; de los cuales 23MMC corresponden al volumen muerto y 20MMC al volumen útil.

El aliviadero con cota de ingreso de 4323 msnm se diseñó como canal abierto con capacidad de descarga de 252 m³/s correspondiente a un periodo

de retorno de 200 años, con base inicial de 20m que se amplía hasta los 40m; su pendiente varía de 0.005 hasta 0.131.

El desvío durante la construcción ha sido diseñado para evacuar un caudal de 52 m³/s de periodo de retorno de 5 años, de sección de arco medio punto de 4.50m de ancho y 7.0m de altura y de pendiente igual a 0.003, de concreto armado.

La captación se establece en la cota 4316 msnm; se diseña para captar 3m³/s. con una pendiente de 0.015 en una longitud de aprox. de 15m y con sección circular de 48" de diámetro para caer con 25m de longitud en ángulo de 45°.

Se ha proyectado la variación de parte del trazo de la trocha carrozable existente en una longitud aproximada de 8km; puesto que el espejo de agua del embalse en la presa B3 que estará a la cota 4369msnm inundará a la existente.

Las características de niveles del vaso de almacenamiento son los siguientes:

- Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias, que corresponde al nivel más alto que alcanzará el agua en el vaso bajo cualquier evento extraordinario = 4,323 msnm
- Nivel de Aguas Máximas Ordinarias o de Operación, es el máximo nivel del agua que puede operar la presa = 4,321 msnm.
- Nivel de Aguas Mínimas de Operación, corresponde al nivel más bajo con que opera la presa = 4,316 msnm.

➤ **Características Geométricas Cuerpo Presa**

Tendrá 31m de altura y 381m de longitud, taludes 2:1 aguas arriba y 2:1 aguas abajo con un ancho de coronación de 6m que a la vez servirá de camino.

➤ **Características geográficas**

A continuación se muestran las características geográficas del área donde se implementará la presa de retención.

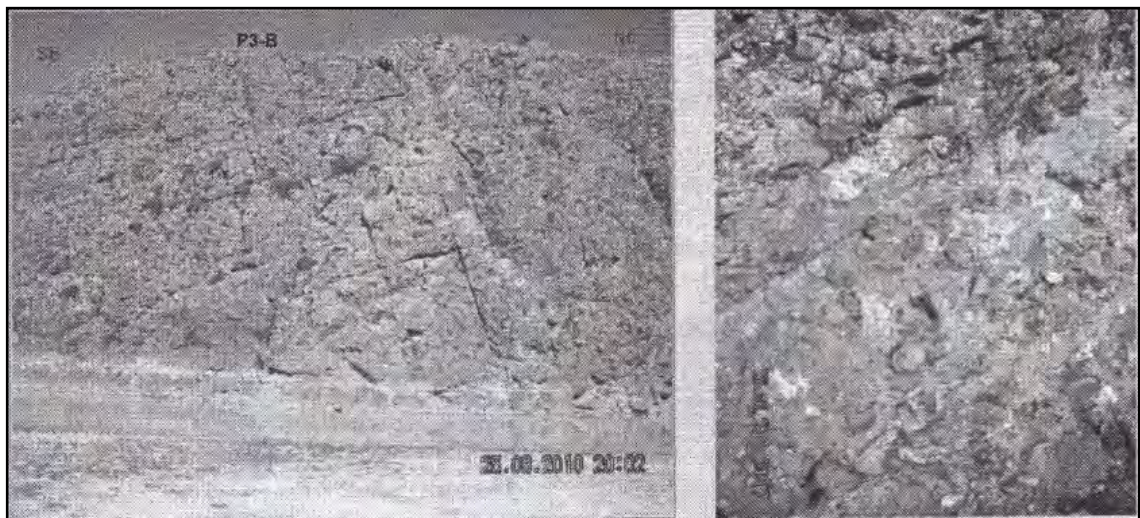


Figura N°6.22 Geología del área

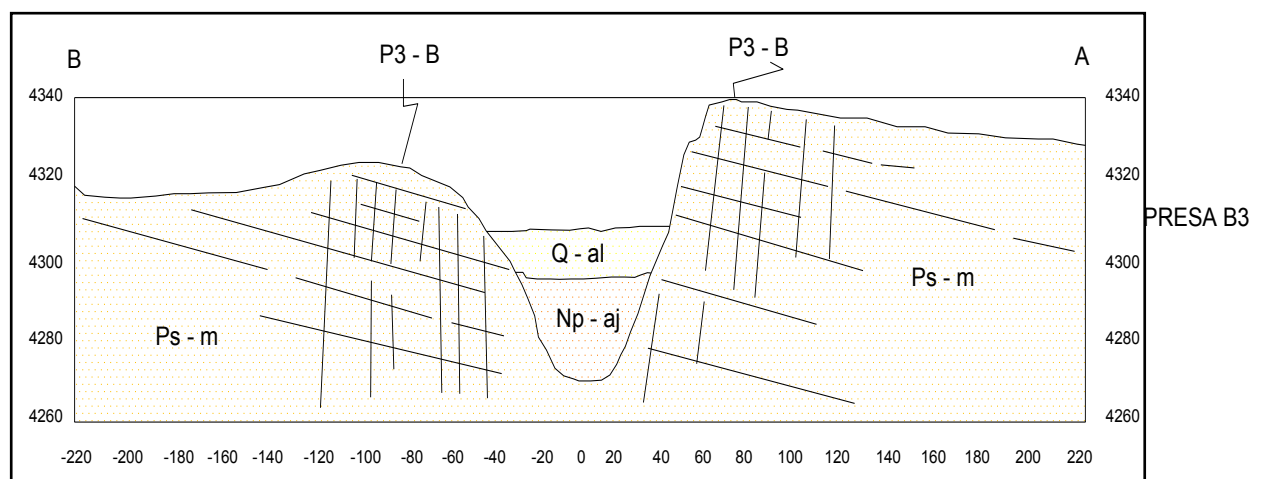


Figura N°6.23 Secciones geológicas y Geotécnicas transversal en eje de Presa

Vista panorámica de la ubicación de la presa desde aguas arriba hacia aguas abajo



Figura N°6.24 Ubicación de la Presa a construir. Vista panorámica desde aguas abajo hacia aguas arriba.

Zona de depresión geológica

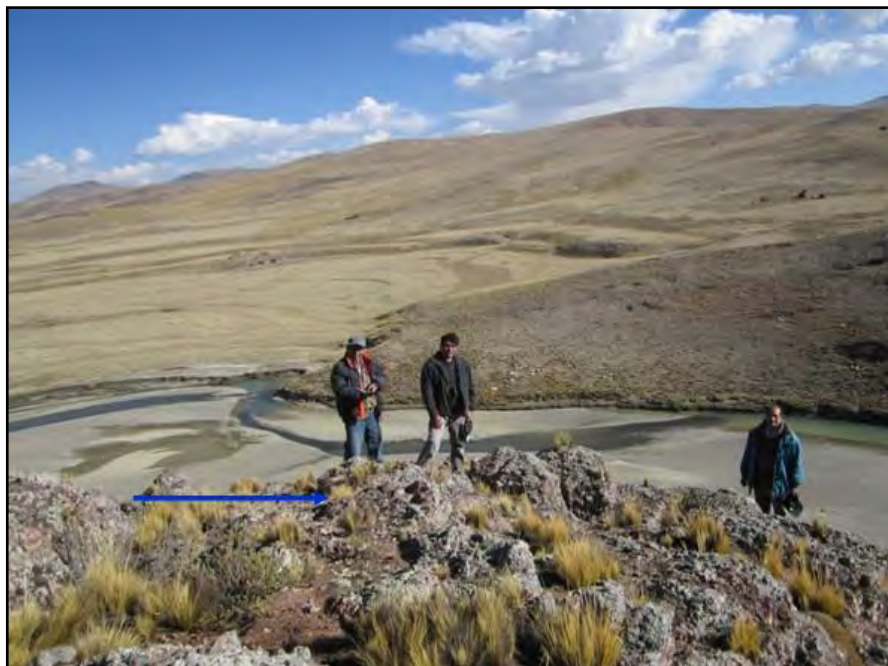
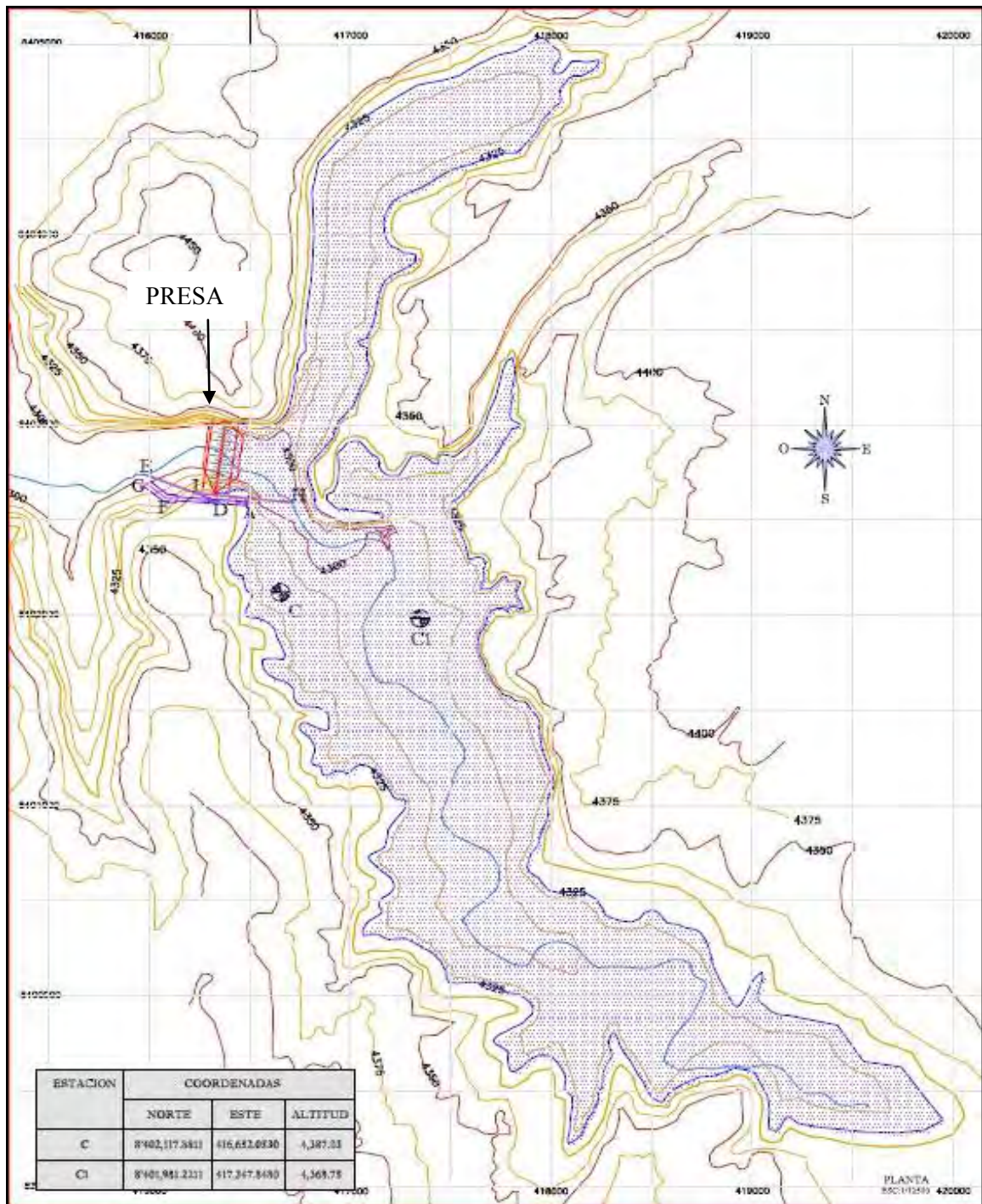
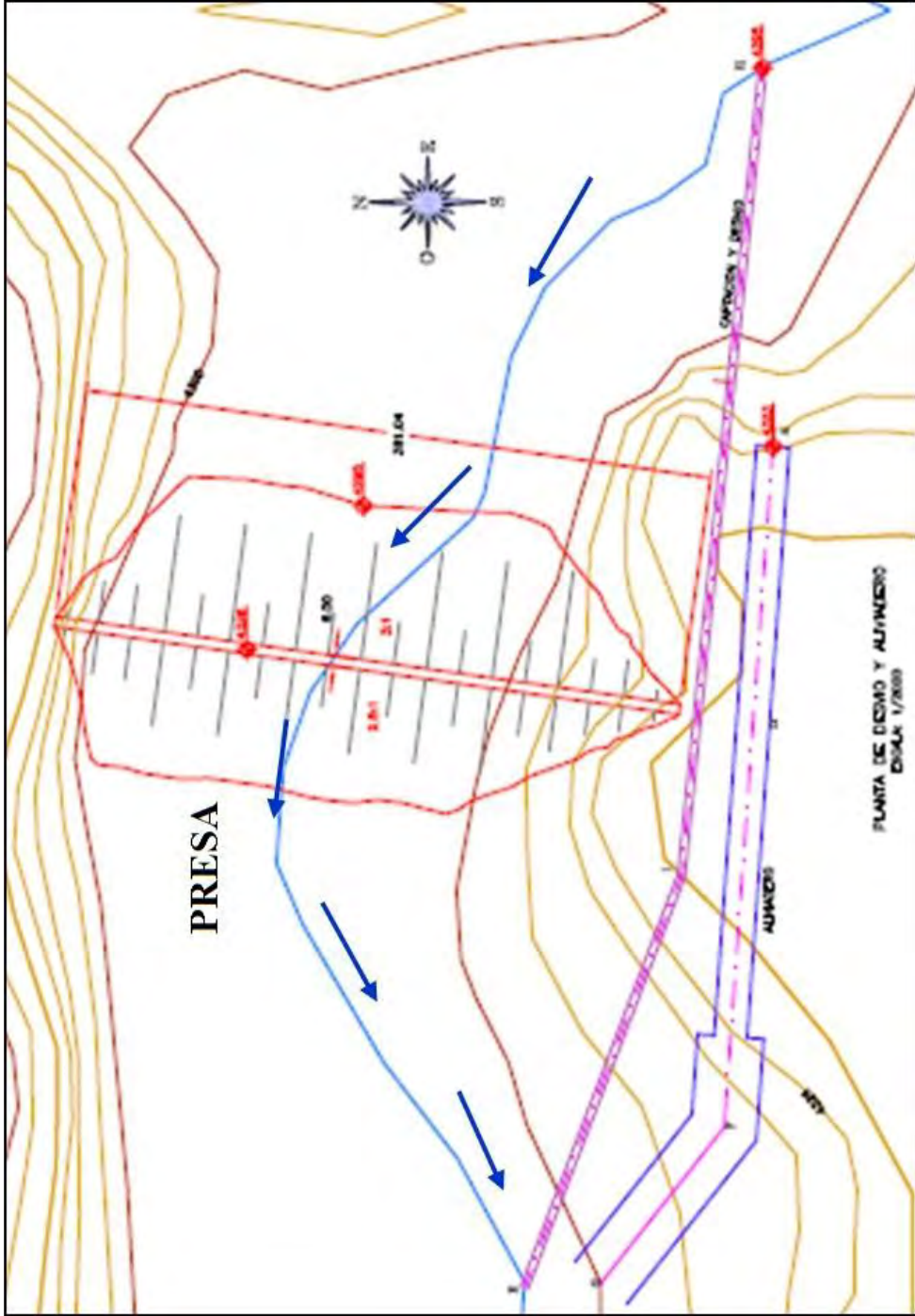


Figura N°6.25 Dirección del río Grande o Ramis, zona de depresión geológica, desde aguas arriba hacia aguas abajo.



Plano N°6.10 Ubicación de la presa B3



Plano N°6.11 Ubicación de la presa para la remediación del agua del río Ramis

Beneficios**- No cuantificable** (Beneficios Ambientales)

Protección de fauna silvestre y acuática.

Protección del medio ambiente

- Cuantificable (Beneficios Económicos)

Ahorro (pérdidas evitadas) agrícolas: S/. 4 500 000

Ahorro (pérdidas evitadas) ganaderas: S/. 4 569 400

Gastos evitados en salud: S/.14 581 500

Ahorro en horas de trabajo: S/. 5 163 795

Costos evitados por pérdida de terreno: S/. 1 500 000

Gestion y Operación

Se propone que sea el MEM-GORE PUNO el responsable de implementación del proyecto durante los tres primeros años de operación.

Ver Tabla N°6.12.

6.1.2 Programa de remediación de desmonte

Los desmontes producidos en el área constituyen actualmente un volumen aproximado de 119 millones de m³, producidos durante más de 20 años de operación de los pequeños mineros y mineros artesanales de minería de lavaderos de oro. El área donde se emplazan los desmontes es de 1700 Ha, el cual se encuentra delimitado a lo largo del río Ramis (17 km aproximadamente), entre los puntos de monitoreo C-2 al C-3, manteniendo un ancho de 500 m tanto para la margen derecha e izquierda del río. Para dicha remediación se necesita un trabajo de recuperación del suelo y paisaje, mediante la renivelación, perfilado y revegetación adecuado de los suelos con las respectivas coberturas y posterior reposición de plantas nativas endémicas del área de Ananea.

La remediación de los desmontes se realizará en 3 etapas:

A. Renivelación y Perfilado de los desmontes.

Este trabajo de nivelación (perfilado) de los desmontes se debe efectuar en ambas márgenes del río Ramis, teniendo en cuenta la siguiente consideración:

- Los desmontes deben tener un talud de $<30^\circ$

B. Proceso de recuperación de suelos (Revegetación)

Los suelos serán recuperados y tratados mediante capas o cobertura intercalada de:

- Arcilla
- Gravilla (material tamizado $< 0,5''$),
- Materia orgánica de top soil y

- Finalmente la revegetación adecuada.

Se tiene en cuenta también la implementación de canales de coronación para proteger las áreas de revegetación.

El área destinada para la remediación de desmontes es la más impactada en cuanto se refiere a los sólidos suspendidos que se vierten directamente al río Ramis.

C. Mantenimiento y Monitoreo Post Remediación

La remediación de los desmontes no finaliza con la revegetación, ello debe ser reforzado, mediante un seguimiento; mantenimiento y monitoreo de la estabilización física y química de los desmontes remediados, así como el mantenimiento de la vegetación (regado y/o resembrado). Este proceso se debe de realizar por un lapso de 2 años.

Costo de remediación de desmontes

Los costos de remediación, renivelación y revegetación por hectárea es de \$40 000 / hectárea. Por lo tanto $\$40\,000 \times 1\,700\text{ Ha} = \$68\,000\,000$ es el costo de remediación ambiental de los desmontes.

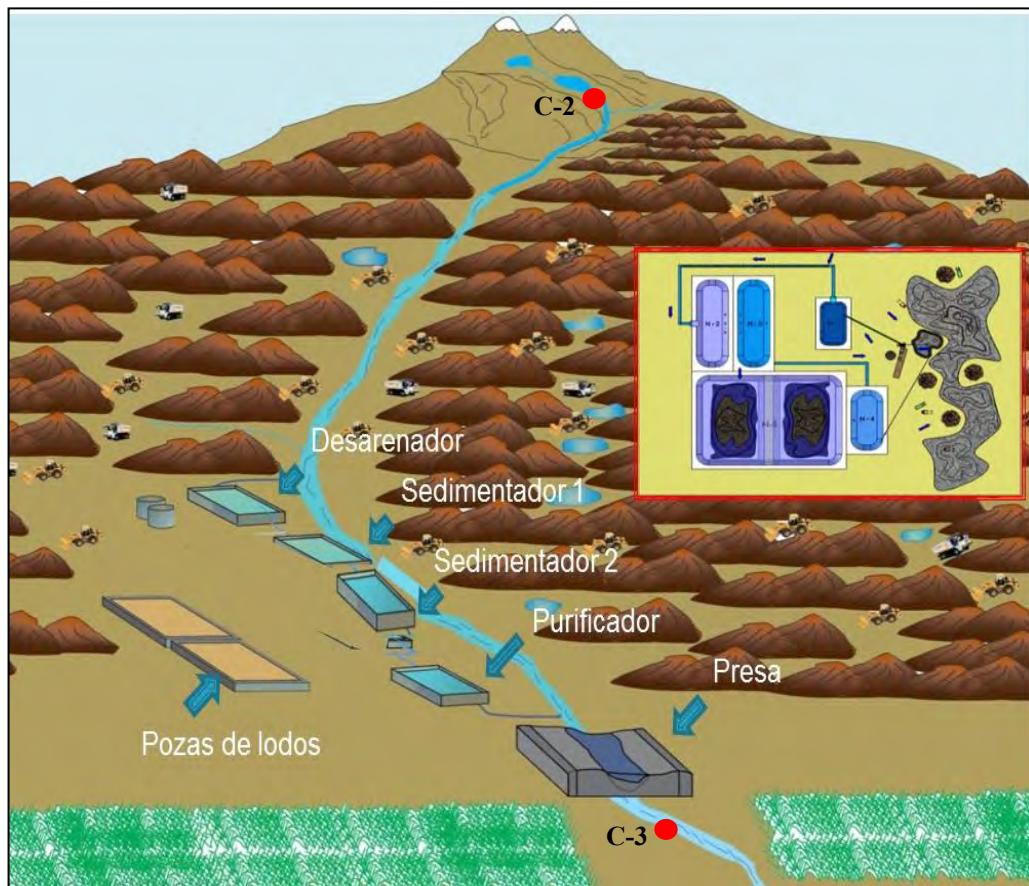


Figura N°6.26 Desmontes producto de las actividades mineras.



Figura N°6.27 Renivelación de desmontes y revegetación

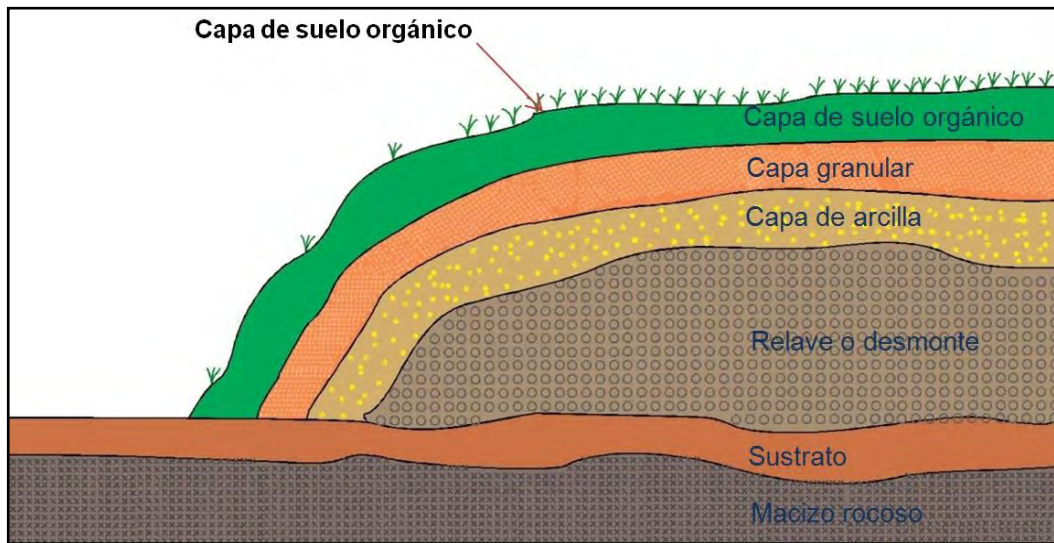


Figura N°6.28 Esquema de revegetación de desmontes

El costo de remediación de desmontes en el área de estudio asciende a un total de 68 000 000 dólares Americanos.

Tabla N°6.14 Cronograma de actividades de Remediación de desmontes

Descripción de Actividades	Tiempo de Ejecución (Trimestre)							
	1er Año				2do Año			
	Primer	Segundo	Tercer	Cuarto	Quinto	Sexto	Septimo	Octavo
Estudios y trabajos preliminares y campamento	■	■						
Renivelado y Perfilado de desmonte		■	■	■	■			
Revegetación y Recuperación de suelos y Paisaje					■	■	■	
Mantenimiento y monitoreo de desmontes remediados*							■	■

* El mantenimiento y monitoreo post remediación se debe de realizar por un lapso de tiempo de 2 años.

En el plano N°9 en el Anexo N°4, se muestra la Ubicación de la remediación de los desmontes.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO

El concepto de análisis de costo/beneficio ambiental, no siempre es claramente entendido. En algunos casos las evaluaciones se hacen en base a listados de impactos negativos versus impactos positivos, es una aproximación aceptable.

En otros casos se hace una valoración económica de los beneficios del proyecto de recuperación de la cuenca alta del río Ramis contra los gastos o inversiones ambientales.

Para el presente estudio, los beneficios que se relevan son beneficios públicos para el área afectada y los costos son los que reflejan la actitud del entorno minero y poblacional para remediar o prevenir el problema ambiental o en términos económicos a internalizar las potenciales externalidades ambientales, lo que de todas formas constituye parte del costo que la población minera de la zona alta de la cuenca deberá estar dispuesto a asumir.

El enfoque realista para el análisis costo/beneficio, debe partir de la identificación totalizada de los impactos ambientales potenciales, para en base a ellos plantear los planes de mitigación y control, el plan de manejo ambiental, el plan de contingencias y el plan de cierre. Todos estos serán rubros de “costo ambiental” en caso de ser impactos negativos.

Los impactos ambientales negativos se traducen generalmente en pérdida de calidad ambiental, sea en el recurso agua, suelo, o aire, sin contar con la pérdida en recursos naturales renovables o no renovables.

Los impactos ambientales positivos, generarán “beneficios ambientales”, lo que generalmente se traducen en oportunidades económicas directas o indirectas sobre poblaciones del entorno.

En consecuencia el resultado de los beneficios del presente proyecto de recuperación y/o remediación de la parte alta de la cuenca del río Ramis, repercutirán en los siguientes aspectos:

- Decremento de generación de impactos por SST,
- Decremento dispersión del Hg que incluye
- Beneficios en salud, calidad de la actividad ganadera y pecuaria aparte de otros beneficios otorgados por la ejecución de las obras de remediación en la parte alta de la cuenca.
- Incremento de la generación de servicios e infraestructura, que representa los beneficios indirectos de oportunidad comercial y laboral en distintos radios de influencia del área de estudio con el problema ambiental solucionado.

En contrapartida, los costos ambientales que se darán en el área de estudio, a consecuencia de la Remediación Ambiental, prioritariamente repercutirán en los siguientes aspectos:

- Incremento de potenciales impactos al recurso suelo, al recurso aire y al recurso agua.

Evidentemente, estos costos se convierten en externalidades negativas, que no eran considerados en los balances económicos de los mineros artesanales, ni

del Estado, cuando no se disponía de normatividad ambiental.

Desde inicios de la anterior década, se ha empezado a considerar el tema ambiental en la normatividad sectorial, lo que se ha traducido que las empresas mineras hayan asumido o internalizado en los balances económicos parte de los costos ambientales generados.

De alguna manera esto permite asignar un valor económico al rubro de “Costo Ambiental”. Por lo tanto, podemos identificar para la presente tesis de Remediación Ambiental de la cuenca alta del río Ramis en forma indirecta los costos ambientales, dado que efectivamente el ente ejecutor de los programas ambientales a desarrollar, asumiría el costo ambiental de no afectar la calidad del agua, aire y del suelo, que pudieran ser los componentes susceptibles de los impactos principales, pero que con las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio, se tendrá el manejo y control de los mismos, orientados a la preservación y conservación del medio ambiente.

7.1. ANÁLISIS DE COSTO / BENEFICIO

Para realizar el análisis costo-beneficio de la remediación Ambiental de la cuenca alta del río Ramis, resulta necesario identificar los costos. Para ello, se consideran dos categorías de costos: los relacionados con los impactos negativos identificados, tanto residuales como potenciales, y el relacionado con el costo de cierre y/o remediación, que considera la restitución del ambiente a un estado lo más semejante posible a su condición original.

En la primera categoría de costos, el análisis de los impactos residuales del proyecto ha determinado que los más importantes en términos negativos son la

pérdida de hábitats biológicos (por ejemplo, la migración forzada de especies propias de la zona -especialmente aves) y la intervención de nuevas áreas de terrenos superficiales, el impacto visual sobre las áreas a ser disturbadas para aprovechar parcialmente por el emplazamiento de los componentes y las instalaciones minero metalúrgicas. Por otro lado, constituye un riesgo potencial la contaminación del recurso hídrico si las medidas de manejo y control ambiental recomendadas no se toman adecuadamente.

La sostenibilidad del proyecto se traduce en el control y disminución de los impactos, la capacitación y el aumento en la base regional de la economía y de tributos serán impactos positivos. Se espera que la ejecución de las obras del Programa Técnico Remediación Ambiental de la cuenca superior del río Ramis, durante su operación formalizada conduzca a:

- Aumentar la atención por parte de las autoridades locales, regionales y gobierno central, para incrementar la inversión regional (vías de acceso, infraestructura de energía, educación, salud, defensa civil, etc.);
- Identificar oportunidades para el desarrollo local a través de la redistribución del canon minero; y
- Propiciar el contacto con nuevas iniciativas para el desarrollo regional y nacional.

Adicionalmente, los mineros artesanales estarán comprometidos a promover dentro de sus posibilidades las siguientes actividades:

- Educación y capacitación: Eventualmente se proporcionará una mejor base educativa y capacitación especializada para que los pobladores locales se puedan incorporar a las actividades mineras con responsabilidad ambiental,

se dediquen a otros negocios y obtengan oportunidades de empleo en otras empresas similares, luego de culminada la explotación y beneficio de minerales proyectadas en el área.

- Infraestructura: Las vías de acceso y caminos de la zona deben de ser mejorados, así como en la línea de transmisión eléctrica, representarán un beneficio para las comunidades en el largo plazo; y
- Fortalecimiento institucional: Se favorecerá el desarrollo técnico y económico de las autoridades locales. Esto debe incluir el monitoreo ambiental participativo y compartido con la parte afectada que es la cuenca baja.

7.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL COSTO/BENEFICIO.

El análisis de los beneficios y costos cualitativos por el tipo de impactos que se esperan por los procesos considerados en la Remediación Ambiental de la cuenca alta del Río Ramis, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N°7.1 Análisis Cuantitativo del Costo Beneficio

Ítem	Componente o Actividad	Impacto a Nivel Local	Impacto a Nivel Distrital	Impacto a Nivel Regional	Impacto a Nivel Nacional
Componentes Físicos					
1	Calidad del Agua Superficial	--	0	0	0
2	Cantidad del Agua Superficial	-	0	0	0
3	Calidad de los Glaciares	-	0	0	0
4	Calidad de Aire	--	0	0	0
5	Calidad de Ruido Ambiental	--	0	0	0
6	Calidad de Ruido Ocupacional	--	0	0	0
7	Calidad del Agua Subterránea	-	0	0	0
8	Calidad de Suelos	--	0	0	0
Componentes Biológicos					
1	Flora	-	0	0	0
2	Fauna	-	0	0	0
3	Calidad Hidrobiológica Fluvial	-	0	0	0
4	Biodiversidad	-	0	0	0
Componentes Socioeconómicos					
1	Economía familiar	++	+	+	0
2	Economía comunal	+	+	0	0
3	Economía local	+	+	0	0
4	Empleo directo	++	+	0	0
5	Empleo indirecto	+	+	+	0
6	Economía comercial	++	++	+	+
7	Impuestos	++	++	++	+
8	Regalías Mineras	++	++	++	+
9	Canon Minero	++	++	++	+
10	Desarrollo comunitario	++	++	0	0
11	Participación ciudadana	++	++	+	0
12	Educación y capacitación poblacional	++	++	0	0
13	Vías de comunicación	++	++	0	0
14	Sistema de transporte terrestre	++	++	0	0
15	Sistema de comunicaciones	++	++	0	0
16	Servicios básicos	++	+	0	0
17	Cambio de uso de la tierra	-	0	0	0
18	Uso del recurso agua	-	0	0	0
19	Salud	+	0	0	0
20	Servicio de energía eléctrica	++	0	0	0
21	Arqueología	0	0	0	0
22	Seguridad ciudadana	-	0	0	0
23	Incremento de fuerza laboral local	++	+	0	0
24	Capacitación y educación ambiental	+	0	0	0
25	Consumo de bienes y servicios locales	++	+	0	0
26	Consumo de bienes y servicios nacionales	++	++	+	+
27	Producto Bruto Interno (PBI)	++	++	+	+

- : Negativo (Bajo)
- : Negativo (Moderado o Alto)
- +
- ++ : Positivo (Moderado o Alto)
- 0 : Neutro

7.3. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL COSTO/BENEFICIO

El análisis de los costos y beneficios cualitativos por la envergadura o incremento de los impactos que se consideran en la Remediación Ambiental de la cuenca alta del río Ramis, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla N°7.2 Análisis Cualitativo del Costo Beneficio

Ítem	Componente o Actividad	Mejora/Aumenta	Deteriora/Disminuye
Componentes Físicos			
1	Calidad del Agua Superficial		Deteriora
2	Cantidad del Agua Superficial		Deteriora
3	Calidad de los Glaciares		Disminuye
4	Calidad de Aire		Deteriora
5	Calidad de Ruido Ambiental		Deteriora
6	Calidad de Ruido Ocupacional		Deteriora
7	Calidad del Agua Subterránea		Deteriora
8	Calidad de Suelos		Deteriora
Componentes Biológicos			
1	Flora		Deteriora
2	Fauna		Deteriora
3	Calidad Hidrobiológica Fluvial		Deteriora
4	Biodiversidad		Deteriora
Componentes Socioeconómicos			
1	Economía familiar	Mejora	
2	Economía comunal	Mejora	
3	Economía local	Mejora	
4	Empleo directo	Aumenta	
5	Empleo indirecto	Aumenta	
6	Economía comercial	Mejora	
7	Impuestos	Aumenta	
8	Regalías Mineras	Aumenta	
9	Canon Minero	Aumenta	
10	Desarrollo comunitario	Mejora	
11	Participación ciudadana	Mejora	
12	Educación y capacitación poblacional	Mejora	
13	Vías de comunicación	Mejora	
14	Sistema de transporte terrestre	Mejora	
15	Sistema de comunicaciones	Mejora	
16	Servicios básicos	Mejora	
17	Cambio de uso de la tierra		Disminuye
18	Uso del recurso agua		Deteriora
19	Servicios de Salud	Mejora	
20	Servicio de energía eléctrica	Mejora	
21	Arqueología		Deteriora
22	Seguridad ciudadana		Disminuye
23	Incremento de fuerza laboral local	Aumenta	
24	Capacitación y educación ambiental	Mejora	
25	Consumo de bienes y servicios locales	Aumenta	
26	Consumo de bienes y servicios nacionales	Aumenta	
27	Producto Bruto Interno (PBI)	Aumenta	

Tabla N°7.3 Costo / Beneficio Cualitativo y Cuantitativo

Tipo de Análisis	Impactos Positivos (Mejora/Aumenta)	Impactos Negativos (Deteriora/Disminuye)	Balance
Cuantitativo	93	-20	73
Cualitativo	24	-16	8
TOTAL	117	-36	81

7.4. ANÁLISIS DEL DETERIORO AMBIENTAL COMO COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO

El presente análisis de deterioro ambiental como costo / beneficio de la presente Tesis de Remediación Ambiental de la cuenca alta del Río Ramis, ha sido orientado a la cuantificación o valoración mediante la asignación de índices a los impactos del deterioro y/o disminución de la calidad ambiental generada por los impactos negativos, contra la mejora y/o aumento de la calidad ambiental generada por los impactos positivos, por la implementación y puesta en operación de las obras de remediación del proyecto.

Entendiéndose que los impactos generados estarán referidos a la alteración y/o cambios (positivos o negativos) en los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos de las áreas de influencia directa e indirecta del proceso de minado, a los cuales se les ha tratado de asignar un valor (índice) numérico ponderado (medibles y cuantificables a través de índices), orientados básicamente a determinar la calidad del medio ambiente, sus características pertinentes y significativas que permitan una gestión aceptable del proyecto, bajo tres objetivos ambientales fundamentales que permitirán alcanzar un desarrollo sustentable:

- Proteger la salud humana y el bienestar general de la población.
- Garantizar el aprovechamiento sustentable de los recursos minerales.

- Conservar la integridad de los ecosistemas.

Dentro de este contexto, los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos considerados en el desarrollo de la presente Tesis, Programas de Remediación Ambiental de la cuenca superior del Río, y para fines del presente análisis se define como un macro-conjunto, donde los citados aspectos constituyen disciplinas y elementos del sistema biosfera incluidos los aspectos sociales de la población a escala local pero con implicancias del tipo regional y nacional. Ver Tabla N°7.4.

Tabla N°7.4 Análisis de Deterioro Ambiental Como Costo Beneficio

Ítem	Componente o Actividad	Índice Ambiental Negativo	Índice Ambiental Positivo	Aspecto
1	Calidad del Agua Superficial	0.2		FÍSICO
2	Cantidad del Agua Superficial	0.2		
3	Calidad de los Glaciares	0.2		
4	Calidad de Aire	0.5		
5	Calidad de Ruido Ambiental	0.4		
6	Calidad de Ruido Ocupacional	0.5		
7	Calidad del Agua Subterránea	0.2		
8	Calidad de Suelos	0.6		
1	Flora	0.5		BIOLÓGICO
2	Fauna	0.5		
3	Calidad Hidrobiológica Fluvial	0.2		
4	Biodiversidad	0.3		
1	Economía familiar		1.8	SOCIO-ECONÓMICO
2	Economía comunal		1.7	
3	Economía local		1.6	
4	Empleo directo		1.8	
5	Empleo indirecto		1.5	
6	Economía comercial		1.4	
7	Impuestos		1.5	
8	Regalías Mineras		1.8	
9	Canon Minero		1.8	
10	Desarrollo comunitario		1.3	
11	Participación ciudadana		1.3	
12	Educación y capacitación poblacional		1.3	
13	Vías de comunicación		1.2	
14	Sistema de transporte terrestre		1.2	
15	Sistema de comunicaciones		1.2	
16	Servicios básicos		1.1	
17	Cambio de uso de la tierra	0.4		
18	Uso del recurso agua	0.4		
19	Servicios de Salud		1.1	
20	Servicio de energía eléctrica		1.2	
21	Arqueología	0.1		
22	Seguridad ciudadana	0.3		
23	Incremento de fuerza laboral local		1.6	
24	Capacitación y educación ambiental		1.4	
25	Consumo de bienes y servicios locales		1.4	
26	Consumo de bienes y servicios nacionales		1.2	
27	Producto Bruto Interno (PBI)		1.2	
PROMEDIO		0.344	1.417	
ÍNDICE DE DETERIORO AMBIENTAL				1.073

Índice Ambiental Negativo:

Bajo: 0.00 – 0.32

Medio: 0.65 – 0.33

Alto: 0.66 – 0.99

Índice Ambiental Positivo:

Bajo: 1.00 – 1.33

Medio: 1.34 – 1.66

Alto: 1.67 – 2.00

7.5. EVALUACIÓN

El análisis costo-beneficio por la ejecución del Programa de Remediación Medioambiental de la cuenca alta del río Ramis, se considera los resultados de los impactos en los ámbitos nacional, regional, distrital y del área de la minería artesanal. Se han determinado los méritos del Proyecto de Remediación evaluando los impactos positivos y negativos asociados a la explotación y beneficio de los recursos minerales, y sus efectos sobre el bienestar socioeconómico de las comunidades adyacentes a la zona de la actividad minera.

El análisis costo-beneficio ha sido ejecutado conceptualmente desde los puntos de vista cualitativo y cuantitativo. El primero es el resultado de la evaluación subjetiva de los beneficios y costos intangibles de los componentes ambientales, sociales y socioeconómicos. El segundo es el resultado considerando conceptualmente la mejora o aumento y el deterioro o disminución de la calidad de los componentes ambientales, sociales y socioeconómicos.

Ambos análisis muestran que el efecto físico, biológico y socioeconómico generalizado del proyecto de remediación resulta siendo positivo, es decir, la cuantificación acumulada de los impactos positivos, resulta mayor que la cuantificación acumulada de los impactos negativos; asimismo, el balance cualitativo de mejoras o aumenta, resulta mayor que el deterioro o disminución. Y evidentemente, esto se debe de refleja en la percepción positiva que expresaran los pobladores, las comunidades del entorno y las autoridades locales al respecto, y que se ha podido evidenciar en los trabajos de campo (reconocimiento del área y monitoreo) realizados y llevados a cabo con tal motivo.

CONCLUSIONES

- En la Cuenca alta del río Ramis la Pequeña Minería, la Minería artesanal y la minería informal utilizan Mercurio para realizar los procesos minero – metalúrgicos en la extracción y recuperación de oro, contaminando el suelo, el agua y el aire, causando en parte la eliminación de la flora y fauna (terrestre y acuáticos); consiguiendo con ello la destrucción de hábitats y ecosistemas . Así mismo a los seres humanos (Pobladores de Cooperativas, Comunidades Campesinas, Corporaciones Mineras, etc.) los cuales se ven afectados por la presencia de este metal contaminante.
- La actividad minera que se desarrolla o influye de manera negativa sobre los ecosistemas de la parte alta de la cuenca del río Ramis, es la pequeña minera, la minería informal y artesanal, porque estos no aplican el manejo ambiental para las actividades de extracción y proceso del mineral (oro), provocando con ello la contaminación del agua del río Ramis, como lo demuestran los resultados de laboratorio.
- En el área de estudio las zonas más críticas y vulnerables es la contaminación de SST y metales pesados en el entorno del distrito de Ananea. Continuando por la margen derecha e izquierda del río Ramis hasta el distrito de Crucero, ya que las actividades mineras se desarrollan a lo largo de las localidades mencionadas, localizados en los puntos de monitoreo C-1, C-2, C-3 y C-4.

- Los parámetros de contaminación que influyen sobre la calidad del recurso hídrico son: el Hierro, Zinc, Cobre, Plomo, Manganeso, Arsénico y Mercurio.
- Se propone los siguientes Programas de Remediación Ambiental y Costos de Inversión que se plantean a continuación:

PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL		Tiempo de Ejecución (Meses)	Costo de Inversión (Dólares)	Costo de Inversión (Soles)	
PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA					
ALT.1	Proceso de extracción minera por el método circuito cerrado de las aguas	Material de Concreto	12	957 000	2488200
		Material de Geomembrana	12	171 600	446160
		Material de Tierra	12	110 660	287716
ALT.2	Proceso de mitigación por el método de pozas secuenciales de las aguas del río Ramis	12	1085000	2821000	
ALT.3	Proceso de mitigación por el método de presa(B3) de retención de las aguas del río Ramis	14	26066164.45	67772028.78	
PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN DE DESMONTE		24	68000000	176800000	

- Las grandes cantidades de SST causan la colmatación de los canales y tomas de riego, incidiendo negativamente en la producción agropecuaria y deteriorando la calidad del agua del río Ramis. Asimismo afecta negativamente los productos agropecuarios, ello trae como consecuencia una disminución en los ingresos económicos de los productores agropecuarios ubicados en la parte media y baja de la subcuenca. Afectando el desarrollo socio-económico de los pobladores de la zona de estudio.
- La actividad minera de los lavaderos de oro artesanal e informal de la Cuenca Alta ha originado pasivos ambientales de minas abandonadas con grandes

volúmenes de desmontes, producto de una irresponsable explotación minera a lo largo del entorno de la cuenca del río Ramis, que afecta al medio ambiente. Por sectores se encontró, en las muestras de sedimentos altos valores en metales pesados, relacionados a las rocas existentes del lugar.

- Las aguas del río Ramis, se utilizan para riego, pero con ciertas limitaciones y precauciones, debido a la alta turbidez y la presencia de metales pesados, ello por ser la única fuente.
- Durante el trabajo de campo, se verificó que algunos pobladores de escasos recursos económicos utilizan el agua del río Ramis para consumo humano, previa sedimentación en pozas artesanales de tierra.
- El proceso de transporte y la distribución del material morrénico lavado en Ananea por los mineros artesanales e informales, se han concentrado en forma de lamas (sedimentos compactados) en todo el recorrido del río Ramis, principalmente en los canales de riego. La naturaleza plástica de estos sedimentos dificulta su movilización, y para su limpieza pueden transcurrir meses o incluso años, dependiendo de la frecuencia de las precipitaciones y del grado de compactación.
- Según los resultados de calidad de agua, se concluye que las concentraciones de mercurio se encuentra superando el ECA-4 y ECA-3 en los puntos de monitoreo C-2 y C-3 respectivamente. Es preciso mencionar que la acumulación se realiza a través de decenas de años y es continua. Si no se toman medidas en el corto plazo, la recuperación de los lechos podría resultar muy costosa y convertirse en un pasivo ambiental, difícil de mitigar y rehabilitar.
- La información compilada en la presente tesis, permite interpretar que la

actividad minera desarrollada en la parte alta de la cuenca del río Ramis, es la mayor fuente de contaminación, porque genera una alta dispersión de metales, sedimentos y materia en suspensión. Los puntos de mayor impacto negativo se encuentran desde la naciente del río Ramis (Grande) hasta la zona de Azángaro.

- La mayor fuente de contaminación se encuentra en los sólidos en suspensión totales (SST). Además se ha tenido en cuenta la distribución de metales pesados, los cuales alcanzan los ECA-3, se han tomado en cuenta puesto que son bioacumulables y están en relación directa con el grado del movimiento de material morrénico de la parte alta y el grado de concentración de todo material contaminante.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a la problemática ambiental - social de la cuenca del río Ramis, a los trabajos, evaluaciones y análisis realizados para el desarrollo de la presente Tesis, se recomienda lo siguiente:

- Implementar y desarrollar un sistema de monitoreo regional de los recursos hídricos, por parte del Gobierno Regional de Puno, previo proceso de fortalecimiento de las capacidades y del sistema organizativo.
- Implementar el Proceso de extracción minera por el Método Circuito Cerrado de las aguas, con ello se conseguirá un efluente cero, por parte de la pequeña minería, minería informal y artesanal.
- Implementar el Proceso de Mitigación por el Método de Pozas Secuenciales de las aguas del río Ramis, para la remoción de sólidos en suspensión y metales presentes en el agua del río Ramis.
- Realizar a mediano plazo el programa de remediación de los depósitos de desmonte ubicados en el entorno del río Ramis, por tener también un impacto negativo al medio ambiente.
- Permitir o fomentar la visita técnica de autoridades del gobierno regional, MEM, DREM Puno, INGEMMET, etc., para que se dé solución a los conflictos sociales constantes que son ocasionados desde hace dos décadas.
- Realizar una Gestión Integrada del Recursos Hídricos en la Cuenca del río

Ramis.

- Desarrollar programas de recuperación ambiental y remediación a través de diagnósticos, investigaciones y la aplicación de tecnologías limpias y modernas.
- Establecer normas con soporte jurídico para el caso de los sedimentos en el Perú.
- Complementar los resultados de esta investigación con estudios de salud pública en las comunidades cercanas.
- Realizar un estudio permanente de especiación secuencial de los relaves mineros de minas abandonadas y zonas vulnerables para evaluar la posibilidad de desestabilización de los contaminantes.
- Realizar un estudio detallado de suelos en la cuenca ganadera al norte del departamento de Puno para determinar la existencia de metales pesados, el grado de concentración y la dispersión.
- Monitorear biológico e hidrobiológicamente (limnológico) para determinar si los microorganismos tales como el plancton, fitoplancton, bentos asimilan metales pesados, ese monitoreo debe realizarse principalmente en la laguna La Rinconada a diferentes niveles de profundidad. Asimismo caracterizar a la laguna La Rinconada por metales pesados.
- Realizar una evaluación toxicológica por metales pesados a la población en general y a los que están directamente involucrados en la minería artesanal.
- Realizar un sistema de manejo adecuado del mercurio, con ello se conseguirá evitar el pesaje de mercurio en balanzas de uso para víveres de consumo humano; mantener el mercurio herméticamente cerrado y aislado, de no hacerlo el mercurio se volatiliza gradualmente dispersándose en el ambiente de las habitaciones.

- Implantar un sistema de crianza de peces para mantenerlos como bioindicadores especialmente en la laguna La Rinconada.
- Sensibilizar el manejo de residuos sólidos domésticos e industriales para minimizar el impacto que genera estos residuos sólidos (pilas, aceites, grasas, etc.). Cabe mencionar que una pila contamina más de 1500 litros de agua.
- Ejecutar obras sanitarias para las poblaciones aledañas que se encuentran en la zona de influencia de la cuenca del río Ramis y así tengan un adecuado relleno sanitario doméstico.
- Declarar en emergencia ambiental la Laguna Rinconada y la Cuenca del Río Ramis cuyo destino final del agua del río llega al Lago Titicaca.
- Recomendar a la autoridad competente - Autoridad Nacional del Agua (ANA), y/o Autoridad Local del Agua (ALA), Ministerio de Energía y Minas - que prioricen los impactos de activos y pasivos de la minería artesanal, de tal manera que los fondos del canon y las regalías mineras sean utilizados en la remediación de estos activos y pasivos ambientales.
- Solicitar a la Comisión de Medio Ambiente del Congreso de la República del Perú, que elabore una Ley donde los fondos del canon pasen a la remediación de los activos y pasivos ambientales y también sean utilizados en la ejecución programada de capacitación ambiental y en temas de ordenamiento territorial.
- La presente tesis “Evaluación Ambiental y Programas de Remediación de la Cuenca Alta del Río Ramis”, protagoniza la línea de base a futuras investigaciones en el marco de la problemática ambiental de la Cuenca del Río Ramis. Por lo tanto los estudios a reforzar, centralizar y realizar son;
 - Ampliación de Estudios Hidrogeológicos de la Cuenca del Río Ramis,

- Evaluación de Impactos Ambientales de la Actividad Minera en la Cuenca del Río Ramis,
- Planes de manejo ambiental, prevención, control y mitigación de impactos de la actividad minera en la Cuenca del Río Ramis.
- Inventario de pasivos ambientales en la Cuenca del Río Ramis,
- Estudio de cierre de pasivos y activos mineros producto de la pequeña minería, minería informal y artesanal.
- Planeamiento y Ejecución del Ordenamiento Territorial de la Cuenca del Río Ramis y/o Región Puno,
- Zonificación Ecológica y Económica de la Cuenca del Río Ramis,
- Estudio de riesgos de la Cuenca del Río Ramis,
- Estudio del Balance Hídrico de la Cuenca del Río Ramis,
- Estudio Biológico de la Cuenca del Río Ramis,
- Estudio de Conflictos Sociales y Responsabilidad Social,
- Diagnóstico de las competencias actuales de los trabajadores del sector minero en la pequeña minería de la región Puno.
- Estudio toxicológico de la flora y fauna (terrestre y acuática) en la Cuenca del Río Ramis.
- Estudio toxicológico de la población de los distritos a lo largo de toda la Cuenca del Río Ramis hasta su desembocadura al Lago Titicaca.
- Estudio de nuevas tecnologías del procesamiento de minerales auríferos sin uso de mercurio,

BIBLIOGRAFÍA

- **ANDALUZ, W. C.** “Manual de Derecho Ambiental” Edición 2011. Perú. Pág 25.
- **ALIAGA, M. M.** Tesis. “Situación ambiental de recurso hídrico en la Cuenca Baja del Río Chillón y su factibilidad de recuperación para desarrollo sostenible”. Perú. 2008. Pág. 76
- **ARGA, J.; COCKE, D.; Others.** “Arsenic removal by ectechnology in the comarca lagunera México”. Arsenic Metallurgy. 2005.
- **BARBOUR, A. K. y SHAW, I. C.** “Ecotoxicological Impacts of the Extractive Industries on Environmental Policy in Mining”. Londres, Lewis Publishers. 2000. Pág. 57-80.
- **AQUINO, E.** “Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea Puno. Reflexiones y propuestas”. OUI, UNA. Perú. 2005. Pág. 153.
- **AQUINO, E.** “Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea-Puno”. Tercer Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia. Crea ediciones graficas EIRL. Perú. 2003. Pág. 51.
- **BEBBINGTON, A.; BURNEO, M.** “Conflictos mineros: freno al desarrollo o expresión ciudadana”. en Oxfam GB (ed.) Pobreza, Desigualdad y Desarrollo en el Perú. Informe Anual: 2007-8. Lima: Oxfam. Perú Pág. 44-51
- **BERG, H.; KIBUS, M.; KAUTSKY, N.** “Heavy metals in tropical Lake Kariba, Zimbabwe, Water, Air and Soil Pollution. 1995. Págs. 237 - 252.
- **BEVERSKOG, B.; PUIGDOMENECH, I.** Revised Pourbaix diagrams for zinc at 25 -300°C. Corrosion Science. 1997
- **BRANDON, N. P.** “Thermodynamics and electrochemical behavior of Hg-S-Cl-H₂O systems”. Journal of electroanalytical Chemistry. 2000.
- **BRYAN, G. W.; LANGSTON, W. J.** “Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom Estuaries, a review”. Environmental Pollution. 1992. Pág. 76, 89- 131.
- **CALABRESE A.I; ASTOLFI E.A.** “Toxicología”. 2da. ed. Buenos Aires Kapelus. 1972. Pág. 139.
- **CAMARERO, L.** Medio Ambiente y sociedad. Edit. Thomson Editores Spain. 2006. Pág. 311.
- **CASTILLO, M. F.** “Minería artesanal, un caso de contaminación por mercurio y su impacto socio-ambiental”. IV Congreso Internacional de medio ambiente en minería y metalurgia. Perú. 2005. Pág. 145
- **CASTRO, J. A.** “Arsénico, Bioquímica Clínica” Latinoamericana Vol 16. N°1. 1982. Págs. 3-17. [http //www.cepis.org.pe/bvsacd/eco/016750/016750-arsen.pdf](http://www.cepis.org.pe/bvsacd/eco/016750/016750-arsen.pdf).

- **CHAVEZ, M. G.** “Exposicao ambiental a arsénico em residentes de Lamarrao do Passé estudo de prevalencia em dois pontos de tempo (1982 e 1986)”, Biblioteca Virtual em Saúde bireme/opas/oms – Centro Latino-Americano e do Caribe de informacao em Ciencias de Saúde (fecha de acceso 27 de setiembre del 2009) disponible en [http //bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online](http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online) Chiorella salina.” Appl. Microbiol. Biotechnol. Págs. 270-276.
- **CHOW, V. T; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W.** “Hidrologia Aplicada”. Ed. Mc Graw Hill. 1988 . Pág. 130.
- **COTTON, F. A. y WILKINSON, G.** “Química Inorgánica Avanzada”. México Ed. Limusa. 1986. Págs. 483, 513, 631 y 866.
- **CULLEN, W. AND REIMER, K.J.** “Arsenic Speciation in the Environment”, Chem. Rev., 89. 1989. Pág. 713-764.
- **DREISBACH, RH.** “Handbook of Poisoning”. Seventh edition. Los altos, California Lange Medical Publications. 1974. Págs. 208-211.
- **ECHEGARAY, R.; GOMEZ, M.** “Determinación de mercurio en cabello como expresión de la exposición a mercurio” Bol. Lima. 1984. 6(31) Pág. 92.
- **EL FALAKI K.; PERRIN, C.; BELKESAN L.; PEISAJOVICH, A. M. G.** “Impacto de los detergentes sobre los sedimentos. Movilización de metales.”.Tecnología del agua 128. 1994. Págs. 25-31.
- **ENGER, E. D.; SMITH, B. F.; BOCKARIE, A. T.** “Ciencia Ambiental” Editorial Mc Graw Hill. México. 2006. Pág. 452.
- **FIELD, B. C.** Economía y medio Ambiente. Ed. Mc Graw Hill. Colombia. 1998. Págs. 115 y 128
- **FORSTONER, U.** “Metals speciation general concept and application. En proceeding of the workshop on the sequential extraction of trace metals in soils and sediments”. Ins. J. Environ. Anal. Chen. 51. 1993. Págs. 5-23.
- **FORSTONER U.; WITTMANN, G. T. W.** “Trace metals analysis on polluted sediments. I assessment of sources and intensities”. Environmental technology letters 1. 1979. Págs. 494-505.
- **FRIMMEL F.H.; GRENZ R.; KORDIK E.; DIETZ F.** “Nitrotriacetate (NTA) and EDTA in rivers of the Federals republic of Germany”. Von Wasser 72. Págs. 1989. 175- 184.
- **GARDI M. P.** “Importancia del IPER en el sistema integrado de gestión SSMA”. Quinto Congreso Internacional de medio ambiente en minería y metalurgia. Perú. 2007. Pág. 153.
- **GARNHAM, G.W.; CODD, G.A.; GADD, G.M.** “Kinetics of uptake and intracelular location of cobalt, manganese and zinc in the estuarine green alga. **Chlorella SALINA.**” Appl. Microbiol. Biotechnol. 37. 1992. Págs. 270-276.
- **GOYZUETA C., G; ALFARO T., R.; APARICIO S., M.** “Totoraes del Lago Titicaca”. Editor Universidad del Altiplano Puno. Perú, 2009. Pág. 29.
- **GOMEZ, J.** “Contaminación en los ríos Gallegos extingue especies únicas”. Voz de Galicia www.galeon.com/sloren/marialor/contamic.htm 2000. Pág.5-11.
- **GUTIERREZ, A.** “Concentraciones de metales pesados en la vegetación autóctona desarrollada sobre suelos del entorno de una mina abandonada Buberca-Zaragoza”. Boletín Geológico y Minero. 1997. 108 (1). Págs. 69-74.

- **IDROVO A.; MANOTAS L.; VILLAMIL G.; ORTIZ J.; SILVA E.; ROMERO, S.** “Minera aurífera del Guainía (Orinoquía Colombiana)” *Biomédica* (Bogotá). 2001. 1(2). Págs. 134- 141.
- **KUBASCHEWSKI, O.** *Materials Thermochemistry*. B.P.P.C. Wheatons Ltd, Exeter Inglaterra. 1993.
- **LANDRIGAN P.J.; CARLSON G.; BERRER, C.F. CRANMER, J.S.; BULLARD, R.D.; ETZE, R.A.;** “Childrens health and tha environmet a new agenda for prevention research”. *Environ Healt perspect*. 106 Suppl 3. et al 1998. Págs. 787-794.
- **LEWANDER, M.** “Macrophytes as indicators of bioavailable Cd.Pb and Zn flor in The river Przemsza, Katwice Región”. *Applied Geochemistry*. Copyright Elsevier Science Ltd 1996. 11. Págs. 169- 173.
- **LORING D. H.** “Normalization of heavy metals data of from stuarine and coastal sediment”. *ICES J. Mar Science* 48. Págs. 101-115.
- **LUCERO, J. A.; GARCÍA, M. E.** “Sobre indígenas y movimientos: Reflexiones sobre la autenticidad indígena, los movimientos sociales y el trabajo de campo en el Perú contemporáneo”. Dic., 2006. En *Formaciones de Indianidad. Articulaciones Raciales, Mestizaje, y Nación en América Latina, Marisol de la Cadena*. Págs. 327-355, Bogotá y Lima: Enviñon Editores/IEP.)
- **MINISTERIO DE AGRICULTURA,** “Estudio Integral de Recursos de Hídricos de la Cuenca del Río Ramis”. Puno. 2003.
- **MOLLAH, M.; MORKOVSKY, P.** *Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation*. *Journal of Hazardous Materials*. 2004.
- **MONROY, M.; DIAZ B., F.; RAZO, I.; CARRIZALES, L.** “Evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados (Pb, Cu, Zn) y análisis de riesgo en salud en Villa de la Paz, Matehuala, S.L.P”, *Cuad. med. Forense* 2004, 35 (fecha de acceso 15 de junio del 2009), disponible en ambiental.uaslp.mx/docs/FDBByMMF-020701-NotaContVPMat.pdf.
- **MORENO-CASILLAS, H. A.; L. COCKE, D.** *Electrocoagulation mechanism for the removal. Separation and Purification Technology*. 2007.
- **MONSALVE S., G.** “Hidrología en la Ingeniería” Editorial AlfaOmega. Colombia. 1999. Pág. 59.
- **MUHLEND AHL, Von.** “Feer’s disease”. *Monatsschr-Kinderheilkd* Apr; 139(4). 1991. Págs. 224-27.
- **OLIVERO J.; MENDOZA C.; MESTRE, J.** “Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el norte de Colombia”, *Rev. Saúde Pública*. 1995. Pág. 29 (5).
- **OSKARSSON, A.** et al. “Mercury levels in the hair of pregnant women in a polluted area in Sweden”. *Sci. Total Environ*. 1994. Pág. 151.
- **PATRA, M. y SHARMA, A.** “Mercury Toxicity In Plants” *Bot. Rev.* 66. 2000. Págs. 379-422.
- **PATRICK, L.** “Lead Toxicity” *A Review of the Literature. Part 1 Exposure, Evaluation and Treatment. Altern Med. Rev.* 2006. Págs. 11 2.
- **REMPEL, D.** *The lead-exposed worker*. *JAMA*; 262 532-4. [http //sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/spmi/v18n1/pdf/a05v18n1.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/spmi/v18n1/pdf/a05v18n1.pdf). 1989. (consultado 6, Enero 2010).

- **SALOMONS W.; FORTNER, U.** “Metals in the Hydrocycle. ISBN 3-540-12755-0, Spring-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 1984.
- **SAMECKA A.** “Background concentrations of heavy metals in aquatic briophytes used for biomonitoring in basaltic areas a cases study from central France”. *Environmental Geology* 1998. 39. (2) Págs. 119-122.
- **STRAHLER, A.N.** *Geología Física*. Editorial Ediciones Omega S.A. España. 1992. Pág. 105.
- **TYLER MILLER, G.** *Introducción a la Ciencia Ambiental*. Edit. Thomson. España. 2002. Pág. 233.
- **VERGARA Y., F.** *Tratamiento de aguas industriales*. Kavi editores S.A. Perú. 1984. Págs. 24 y 38

ANEXOS

Anexo N°1

Tabla N°1 Resumen de Datos Meteorológicos de la Estación Climatológica Ananea (Período 1964 – 2009)

Variable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HR med. (%)	85.3	85.1	85.2	82.1	74.8	75.9	77.0	75.3	78.2	80.8	82.3	84.5
Pmax 24 hrs (mm)	16.6	15.2	13.5	9.0	5.2	3.4	3.2	5.3	7.3	9.8	11.4	13.1
Pmed. (mm)	124.9	103.0	92.0	45.3	14.8	7.3	5.8	15.1	24.5	44.0	61.1	93.3
Tmax. Abs. (°C)	9.6	9.9	10.1	10.5	10.7	10.3	10.2	10.7	10.2	10.7	10.6	9.9
Tmin. Abs. (°C)	-0.8	-0.8	-1.2	-1.5	-2.6	-3.9	-4.0	-3.8	-3.4	-2.3	-1.7	-1.2
Tmed. (°C)	4.6	4.7	4.7	4.8	4.6	3.7	3.5	3.7	3.8	4.5	4.9	4.7

Fuente: Elaboración Especialista con datos del SENAMHI

En la Tabla siguiente, se presenta la precipitación mensual de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio, cuenca alta del río Ramis:

Tabla N°2 Valores de Precipitación Mensual en las Estaciones Meteorológicas con Influencia en la cuenca alta del Río Grande (Período 1964 – 2009)

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ananea	124.9	103.0	92.0	45.3	14.8	7.3	5.8	15.1	24.5	43.7	60.9	93.2
Putina	146.2	106.3	102.9	49.5	9.7	5.2	4.4	8.5	28.3	49.7	70.3	96.8
Cuyo Cuyo	147.1	127.8	116.4	62.1	31.6	18.6	18.6	31.1	46.6	64.0	68.2	118.1

Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI

Tabla N°3 Precipitación Total Mensual (mm) – Estación Ananea

DEPARTAMENTO: PUNO
 PROVINCIA: SANDIA
 DISTRITO: CUYO CUYO

LATITUD: 14° 40' S"
 LONGITUD: 69° 32' W
 ALTITUD: 4660 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	147.2	71.9	86.5	37.6	0	0	3.2	13	35.9	20.6	52.2	64.7	532.8
1966	50.3	140.4	33.8	7.7	35.5	0	0	0	23.7	65.6	77.5	101.6	536.1
1967	40.1	76.2	66	7.7	20.8	0	26.5	24	32	48.2	54.9	151.7	548.1
1968	183.9	175.9	89.7	11.2	2	0	22.2	36	3.7	4.7	5	7.7	542
1971	105.3	244.1	31.7	35.4	4.6	6	0	7.4	9.8	59.1	37.3	96.3	637
1972	112.3	100.6	85.5	31.7	7	1.5	6.7	43.8	30.1	43.6	56.2	109.4	628.4
1973	75	109.6	90.5	67.6	13.1	0.5	4.7	12.4	52.6	38.5	42.2	66.3	573
1974	111.1	110.8	78	48.3	9.9	11	21.3	33.8	24.7	28.6	28.4	110	615.9
1975	88.5	126	103.2	56.2	22.2	18.6	0	26.3	23.6	79.5	31.4	97.2	672.7
1976	122.8	98.8	90.3	28.2	52.6	13.4	16.1	6.7	59.2	6.5	19.9	80.6	595.1
1977	106.4	86.1	109.3	37.3	23.6	4.9	4.8	0	33.5	30.6	99.7	60.8	597
1978	87.3	87.6	113.5	53.5	9.1	6.3	0	0	51.8	19.5	98.6	145	672.2
1979	174.8	71.5	89.5	77.2	11.2	0	0	14.5	24.8	53.1	52.6	123.3	692.5
1980	129.6	94.5	100.5	21.5	26.5	0	1.7	10.4	36.7	60.8	42.6	81.7	606.5
1981	186.5	115.5	182	25.4	10.1	4.1	0	26	46.5	73.1	78.4	121.6	869.2
1982	190.3	75.9	114.9	92.7	2.8	5.5	0	15	40.2	55.6	82.9	83.6	759.4
1983	82.1	111.5	49	68.1	16.9	26.4	0	0	14.8	22.3	19.5	76.7	487.3
1984	158.4	161.3	138.8	29	0	0	10.8	43.1	7	59.8	123.7	121.1	853
1985	145.8	113.8	109	97.7	12.1	40.8	6.3	5.9	46.9	61.1	116.6	118	874
1986	131.7	128.6	152.2	67.1	18	0	5.1	16.2	62.8	40.1	59.3	127.5	808.6
1987	157.6	50.5	101.6	41.9	13.1	8.9	35.8	4.8	14.7	48.1	119.6	125.9	722.5
1988	112.8	93.9	115.4	76.8	24.2	0	0	0	5.6	22.9	30.4	81.8	563.8
1989	105.3	59.1	136	26.2	31.4	0	0	41.5	29.1	48.4	48	95.1	620.1
1990	167.4	82.5	22.9	46.7	8.3	49.7	3.2	24.5	8.1	76.3	70.7	119.5	679.8
1991	99.8	67.1	78.4	60.2	26	31.4	0	0	26.6	35.4	51.1	52.5	528.5
1992	74.8	90.1	83.6	42.9	0	14.1	0	30	8.3	34.9	69.8	83.8	532.3
1993	127	83.7	100.3	61.4	26.5	1.5	8.6	31.8	7.7	41.8	71.1	101.1	662.5
1994	150.2	188.4	114.4	76.5	0	3.9	0	15.1	7.3	23.7	39.2	89.8	708.5
1995	80.5	84.6	128.5	52	9.2	0	5.2	0	8.4	14.4	40.6	78.5	501.9
1996	132.2	98.6	56.2	28.6	19	0	0.5	31.4	17	27.9	62.5	23.3	497.2
1997	144.7	100	102.3	37.9	9.1	0	1.4	14.4	18.1	23.4	48.6	110.3	610.2
1998	76.4	102.1	76.6	35	0.5	6.2	0	0.5	8.9	32.55	51.65	49.2	439.6
1999	136.9	103.9	103.6	46.7	12.6	1.4	2.9	1.5	40.7	41.7	54.7	67.5	614.1
2000	93.2	97.8	95.4	23.7	7.1	18.1	4.1	12.7	20.4	75	26.1	112.5	586.1
2001	132.9	46.2	86.4	49.9	62.6	0.5	13.2	13.6	11.9	50.2	63.7	59.8	590.9
2002	65.9	125.7	107.9	42.3	10.1	0.5	27.2	19.7	39.5	48.8	115.3	74.4	677.3
2003	184.8	71.4	114	52.3	2.9	9.4	0	19.4	13.1	79.3	43.1	85.4	675.1
2004	236.3	126.8	79.4	39.8	11.7	21.4	6	11.4	31.2	45.8	60.2	83.8	753.8
2005	79.6	152.9	56	17.7	1.1	0.2	0	14	7.9	51.9	63	148.1	592.4
2006	165	83.1	61.3	62.6	2.8	5.4	0	20.8	29.2	71.3	69.2	98.1	668.8
2007	113.6	79.2	96.9	33.6	16.3	0	9.8	0	14.7	39.7	61	89.6	554.4
2008	168.2	62.7	60.3	40.6	24.7	2.8	1.8	7.7	7.1	48.3	56	133.7	613.9
2009	135.1	79.9	63.7	52.6	17.6	0	0	0	16.6	26.8	125.3	98.5	616.1
MAX.	236.3	244.1	182	97.7	62.6	49.7	35.8	43.8	62.8	79.5	125.3	151.7	874
MIN.	40.1	46.2	22.9	7.7	0	0	0	0	3.7	4.7	5	7.7	439.6
PROM.	124.87	103.04	91.977	45.326	14.763	7.3116	5.793	15.1	24.474	43.708	60.924	93.186	630.48
DEVEST.	41.64	38.386	30.936	20.77	13.132	11.672	8.9136	13.216	16.269	19.418	29.748	31.266	101.04

(En negrita) : Información completada o generada
 Fuente: SENAMHI

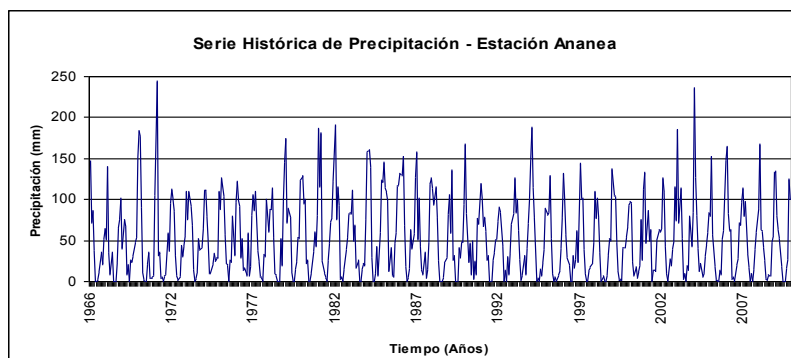


Figura N°1 Serie Histórica de Precipitación – Estación Ananea

Temperatura. En la estación Ananea, la temperatura media puede considerarse como frígida oscilando entre los 3.5°C a 4.9°C. Con respecto a los valores mensuales de temperaturas extremas, se puede notar una oscilación amplia en estas dos temperaturas; así el promedio mensual máximo más alto corresponde al mes de mayo y octubre en la estación Ananea (10.7°C) y la mínima es en enero y febrero (-0.8°C) a una altitud de 4660 m.s.n.m.

En las tablas y figuras adjuntas se observa la variación de las temperaturas promedio:

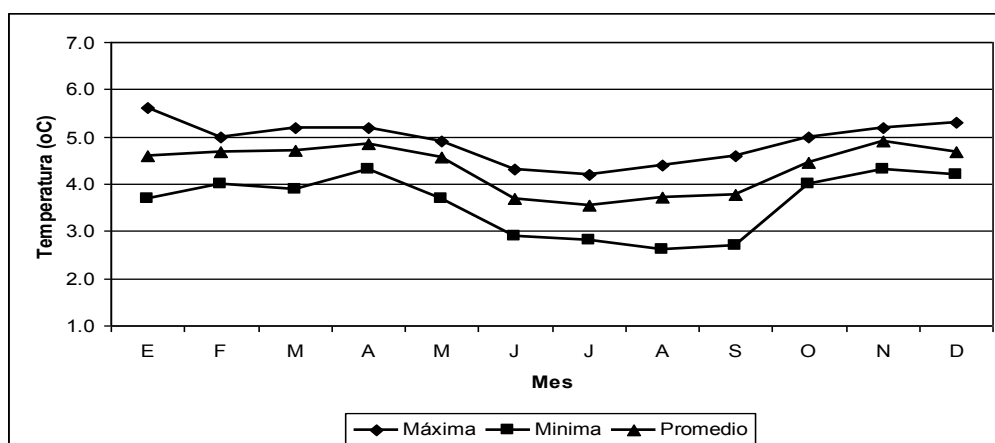


Figura N°4 Temperatura Media Mensual – Estación Ananea

Tabla N°0.6 Temperatura Media Mensual °C – Estación Ananea

DEPARTAMENTO: PUNO
 PROVINCIA: SANDIA
 DISTRITO: CUYO CUYO

LATITUD: 14° 40' S
 LONGITUD: 69° 32' W
 ALTITUD: 4660 ms

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
2003	5.1	4.9	4.5	4.7	4.7	4.3	3.9	3.6	3.5	4.4	5.2	5.3	4.5
2004	4.3	4.6	5.2	5.2	4.9	2.9	2.8	2.6	2.7	4.7	4.3	4.4	4.1
2005	5	4.5	5.1	5.2	4.9	3.7	4.2	3.7	4	4	4.7	4.2	4.4
2006	4.1	5	4.9	4.7	4.2	3.5	3.5	3.6	4.4	4.6	4.9	5.1	4.4
2007	5.6	5	4.5	5.1	4.9	4.3	3.2	4.4	3.3	4.4	5.1	4.2	4.5
2008	3.7	4	3.9	4.3	3.7	3.2	3.1	4.1	3.9	4.1	4.9	4.3	3.9
2009	4.3	4.7	4.8	4.7	4.6	3.9	4.1	4.1	4.6	5	5.2	5.2	4.6
MAX.	5.6	5.0	5.2	5.2	4.9	4.3	4.2	4.4	4.6	5.0	5.2	5.3	4.6
MIN.	3.7	4.0	3.9	4.3	3.7	2.9	2.8	2.6	2.7	4.0	4.3	4.2	3.9
PROM.	4.6	4.7	4.7	4.8	4.6	3.7	3.5	3.7	3.8	4.5	4.9	4.7	4.3
DEVEST.	0.7	0.4	0.4	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.3	0.3	0.5	0.3

Anexos N°02

Tabla N°10 Análisis de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN

Procedencia
Departamento PUNO Provincia CARABAYA Distrito RAMIS
Predio Solicitante MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
Referencia HR 1816-580-99

Número de Muestra		Análisis Mecánico					pH	CaCO %	MO %	P ppm	K ₂ O Kg/Ha	Cambiables					N Total %
Lao	Campo	C. E.	Arena	Limo	Arcilla	Textura						CIC	Ca	Mg	K	Na	
		d S/m	%	%	%												
	S-RCC-2	0,23	96	2	2	Arena	7,8	0	0,35	7,3	103	4,35	3,59	0,56	0,11	0,09	0,03
	S-LR -1	0,1	54	31	15	Franco Arenoso	7,7	4,28	1,1	10,8	142	6	4,8	0,96	0,13	0,11	0,08
	S-LR -2	0,19	42	51	7	Franco Limoso	6,4	0	0,65	9,1	126	4,58	2,99	1,36	0,15	0,08	0,09

La Molina, 2 de Diciembre de 1999

Fuente: Universidad Nacional Agraria de la Molina

Tabla N°11 Preservantes para la conservación de las muestras de agua y requerimientos del muestreo de campo

Parámetros	Envase	Tamaño mínimo de muestra (mL)	Tipo de muestra	Preservación	Tiempo máximo de almacenamiento Recomendado/Regulado
Análisis Físico - Químico					
Temperatura	P	50	p	No requerido	Análisis inmediato
pH	P	500	p	Análisis inmediato	Análisis inmediato
Conductividad	P	200	p, c	4° C	28 días
Sólidos Totales	P	200	p, c	4° C	7 días
Sólidos suspendidos	P	200	p, c	4° C	2 días
Sólidos totales disueltos	P	200	p, c	4° C	7 días
Sólidos sedimentados	P	200	p, c	4° C	2 días
Turbidez	P	100	p, c	4° C, oscuridad 24 horas	1 a 2 días
Metales y elementos					
Cadmio	PA, VA	500	p	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Cobre	PA, VA	500	p	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Hierro	PA, VA	500	p	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Manganeso	PA, VA	500	p	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Mercurio	PA, VA	500	p, c	HNO ₃ a pH < 2, 4° C	28 días
Arsénico	PA, VA	500	p	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Plomo	PA, VA	500	p	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Zinc	PA, VA	500	p	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Aniones y no metales					
Sulfato	P	100	p, c	4° C	28 días

Fuente: * Tabla tomada de Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters, tabla 1060:I, pág 1-22

P – plástico

V – vidrio

PA, VA - enjuagar 1+1 HNO₃

p - puntual

c - compuesta

Tabla N°12 Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas D.S. N°010-2010-MINAM

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

Lista de residuos definidos como peligrosos D.S. N° 057-2004-PCM

Residuos metálicos y aquellos que contengan aleaciones de cualquiera de los elementos siguientes	Antimonio Arsénico Berilio Cadmio Plomo Mercurio Selenio Teluro Talio
Residuos que contengan constituyentes o contaminantes, cualquiera de las sustancias siguientes	Antimonio; compuestos de antimonio Berilio; compuestos de berilio Cadmio; compuestos de cadmio Plomo; compuestos de Plomo Selenio; compuestos de selenio Teluro; compuestos de teluro Arsénico; compuestos de arsénico Mercurio; compuestos de mercurio Talio; compuestos de talio

Fuente: MEM

Tabla N°13 Presupuesto de presa de tierra B3 – retención de sedimentos en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea – Puno)

Item	Descripción	Und	Metrado	Precio (S./)	Parcial (S./)	Subtotal (S./)
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				242,500.00	
1.01	Movilización y desmovilización de equipos y herramientas	Glb	1.00	200,000.00	200,000.00	
1.02	Cartel de identificación de la obra de 3.60 x 2.40m	Und	1.00	2,500.00	2,500.00	
1.03	Mantenimiento de caminos de accesos a presa	km.	4.00	10,000.00	40,000.00	242,500.00
2.00	TUNEL DE DESCARGA-DURANTE CONSTRUCCION				560,082.69	
2.01	Limpieza y desbroce de terreno	m ²	100.00	1.31	131.00	
2.02	Excavación en roca suelta	m ³	1,628.50	14.46	23,548.11	
2.03	Excavación en roca sana	m ³	13,028.00	19.81	258,084.68	
2.04	Excavación en material suelto	m ⁴	1,628.50	5.00	8,142.50	
2.05	Eliminación de material excedente	m ³	16,315.00	16.56	270,176.40	560,082.69
3.00	GALERIA DE ACCESO PARA SUPERVISION				5,162.68	
3.01	Excavación en roca suelta	m ³	10.50	14.46	151.83	
3.02	Excavación en roca sana	m ³	94.50	19.81	1,872.05	
3.03	Escalines de Fierro	Und	140.00	10.00	1,400.00	
3.04	Eliminación de material excedente	m ³	105.00	16.56	1,738.80	5,162.68
4.00	PRESA PRINCIPAL-CUERPO DE PRESA				27,335,168.88	
4.01	Limpieza y desbroce de terreno	m ²	53,364.00	1.31	69,906.84	
4.02	Excavación en material suelto	m ³	53,364.00	5.00	266,820.00	
4.03	Relleno con material propio	m ³	1,'104,900.00	6.00	6,'629,400.00	
4.04	Relleno con material de préstamo	m ⁴	'100,000.00	49.99	4,'999,000.00	
4.05	Pantalla de concreto f'c=280 kg/cm2	m ³	16,945.80	426.49	7,'227,214.24	
4.06	Inyecciones de impermeabilización y consolidación	m	2,400.00	3,392.84	8,'142,827.79	27,'335,168.88
5.00	INSTRUMENTACION DE LA PRESA				143,584.00	
5.01	Instalación de celdas hidráulicas de asentamiento de relleno de presa	Und	8.00	15,296.00	122,368.00	
5.02	Monolito para medida mov. Horiz. Y sent. Inst. en corona y paramento	Und	8.00	1,122.00	8,976.00	
5.03	Monolitos para medida mov. Horizontal y sent. Inst. en terreno	Und	10.00	1,224.00	12,240.00	143,584.00
6.00	CAPTACION				73,359.03	
6.01	Limpieza y desbroce de terreno	m ²	50.00	1.31	65.50	
6.02	Excavación en roca suelta	m ³	5.03	14.46	72.75	
6.03	Excavación en roca sana	m ³	40.25	19.81	797.31	
6.04	Excavación en material suelto	m ⁴	5.03	5.00	25.16	
6.05	Revestimiento de concreto	m ³	153.31	426.49	65,385.22	
6.06	Rejilla	m ²	3.00	418.62	1,255.86	
6.07	Compuerta	Glb	1.00	4,675.70	4,675.70	
6.08	Eliminación de material excedente	m ³	65.31	16.56	1,081.53	73,359.03
7.00	ALIVIADERO DE DEMASIAS				2,765,277.62	
7.01	Limpieza y desbroce de terreno	m ²	15,450.00	1.31	20,239.50	
7.02	Excavación en roca suelta	m ³	21,913.50	14.46	316,869.21	
7.03	Excavación en roca sana	m ³	17,530.80	19.81	347,285.15	
7.04	Excavación en material suelto	m ³	4,382.70	5.00	21,913.50	
7.05	Concreto f'c=280 kg/cm ²	m ³	2,946.00	426.49	1,256,439.54	
7.06	Eliminación de material excedente	m ³	48,462.00	16.56	802,530.72	2,765,277.62
8.00	CONSTRUCCION DE CARRETERA				7,200,000.00	
8.01	Construcción de carretera	km	8	900,000.00	7,200,000.00	7,200,000.00
	Costo Directo					38,'325,134.89
	Gastos Generales variables (15%)					5,748,770.23
	Gastos Generales fijos (5%)					1,916,256.74
	Utilidades (8%)					3,066,010.79
	Subtotal					49,'056,172.65
	IGV (19%)					9320672.804
	MONTO TOTAL (S./)					58,'376,845.46

Fuente: MEM

ANEXO N° 5

PERFIL: "RETENCIÓN DE SEDIMENTOS MEDIANTE EL EMPLAZAMIENTO DE PRESAS EN LA CUENCA DEL RÍO GRANDE (ANANEA - PUNO)"

COSTOS TOTALES E INCREMENTALES A PRECIOS PRIVADOS

ALTERNATIVA 1 - B3 tierra

(En nuevos soles)

RUBRO	Año -1	Año0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10
INVERSION	67,546,058	6,037,733	1,695,192	718,144	718,144	0	0	0	0	0	0	0
Infraestructura	58,376,845	5,837,685	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRABAJOS PRELIMINARES	369,376	36,938	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUNEL DE DESCARGA DURANTE CONSTRUCCION	853,118	85,312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GALERIA DE ACCESO PARA SUPERVISION	7,864	786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRESA PRINCIPAL-CUERPO DE PRESA	41,636,929	4,163,693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INSTRUMENTACION DE LA PRESA	218,707	21,871	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAPTACION	111,740	11,174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALVIADERO DE DEMASIAS	4,212,071	421,207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSTRUCCION DE CARRETERA	10,967,040	1,096,704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXPEDIENTE TECNICO (5%)	2,918,842	291,884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISION (5%)	2,918,842	291,884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONITOREO AMBIENTAL	1,404,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000
PROGRAMA DE FORMALIZACION MINERA	300,144	200,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048
PROGRAMA DE TECNIFICACION	977,048	777,048	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL	300,144	200,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048
CAPACITACION Y SENSIBILIZACION	350,192	200,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048
Gastos de Operación y Mantenimiento	7,665,027	0	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503
TOTAL COSTOS DEL PROYECTO	75,211,085	6,037,733	2,461,695	1,484,647	1,484,647	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503
(-) Costos sin Proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS INCREMENTALES DEL PROYECTO	75,211,085	6,037,733	2,461,695	1,484,647	1,484,647	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503
Tasa de Descuento	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Factor de Actualización (11%)	1.000	1.000	0.901	0.812	0.731	0.659	0.593	0.535	0.482	0.434	0.391	0.352
VALOR ACTUAL DE COSTOS	71,563,853	6,037,733	2,217,743	1,204,973	1,095,561	504,919	454,882	409,804	369,192	332,806	299,645	269,950

Fuente: MEM

ANEXO N° 7

PERFIL: "RETENCIÓN DE SEDIMENTOS MEDIANTE EL EMPLAZAMIENTO DE PRESAS EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE (ANANEA - PUNO)"

COSTOS TOTALES E INCREMENTALES A PRECIOS SOCIALES

ALTERNATIVA 1 - B3 tierra

(En nuevos soles)

RUBRO	Año-1	Año0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10
I INVERSION	47,134,839	4,198,618	1,423,961	603,241	603,241	0	0	0	0	0	0	0
Infraestructura	40,305,778	4,030,578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRABAJOS PRELIMINARES	255,032	25,503	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUNEL DE DESCARGA-DURANTE CONSTRUCCION	589,028	58,903	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GALERIA DE ACCESO PARA SUPERVISION	5,429	543	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRESA PRINCIPAL-CUERPO DE PRESA	28,747,860	2,874,785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INSTRUMENTACION DE LA PRESA	151,004	15,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAPTACION	77,150	7,715	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALIVADERO DE DEMASIAS	2,903,167	290,317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSTRUCCION DE CARRETERA	7,572,096	757,210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXPEDIENTE TECNICO (5%)	2,015,269	201,527	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISION (5%)	2,015,269	201,527	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONITOREO AMBIENTAL	1,179,360	117,936	0	393,120	393,120	0	0	0	0	0	0	0
PROGRAMA DE FORMALIZACION MINERA	252,121	25,212	0	168,040	42,040	42,040	0	0	0	0	0	0
PROGRAMA DE TECNIFICACION	820,720	82,072	0	652,720	84,000	84,000	0	0	0	0	0	0
PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL	252,121	25,212	0	168,040	42,040	42,040	0	0	0	0	0	0
CAPACITACION Y SENSIBILIZACION	294,161	29,416	0	168,040	42,040	42,040	0	0	0	0	0	0
Gastos de Operación y Mantenimiento	6,438,623	0	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862
TOTAL COSTOS DEL PROYECTO	53,573,462	4,198,618	2,067,824	1,247,103	1,247,103	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862
(-) Costos sin Proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS INCREMENTALES DEL PROYECTO	53,573,462	4,198,618	2,067,824	1,247,103	1,247,103	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862
Tasa de Descuento		0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Factor de Actualización (11%)		1.000	0.901	0.812	0.731	0.659	0.593	0.535	0.482	0.434	0.391	0.352
VALOR ACTUAL DE COSTOS	50,509,787	4,198,618	1,865,904	1,012,177	911,871	424,132	382,101	344,235	310,122	275,399	251,702	226,758

Fuente: MEM

Tabla N°16

Perfil de Retención de sedimentos mediante el emplazamiento de presas en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea – Puno) flujo de caja a precios privados del proyecto

ANEXO N° 20

PERFIL "RETENCIÓN DE SEDIMENTOS MEDIANTE EL EMPLAZAMIENTO DE PRESAS EN LA CUENCA DEL RÍO GRANDE (ANAEA - PUNO)"
ALTERNATIVA 1 - 83 TIERRA
(En nuevos soles)

FLUJO DE CAJA A PRECIOS PRIVADOS DEL PROYECTO

CONCEPTO	AÑO -1	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
1.- PERDIDAS EVITADAS EN PRODUCCION AGRICOLA	46,000,000	0	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000
2.- PERDIDAS EVITADAS EN PRODUCCION PECUARIA	35,996,089	0	3,121,717	3,232,177	3,340,489	3,447,704	3,552,028	3,655,825	3,759,670	3,860,808	3,962,473	4,063,877
3.- GASTOS EVITADOS EN SALUD	14,851,500	0	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150
4.- AHORRO EN HORAS DE TRABAJO	5,163,795	0	516,380	516,380	516,380	516,380	516,380	516,380	516,380	516,380	516,380	516,380
5.- COSTOS EVITADOS EN PERDIDA DE TERRENOS	1,900,000	0	1,500,000									
6.- COSTOS INCREMENTALES DEL PROYECTO	75,211,085	6,037,733	2,481,695	1,484,647	1,484,647	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503
6.1 Costos de Inversión	67,546,088	6,037,733	1,695,192	718,144	718,144	0	0	0	0	0	0	0
* Infraestructura	58,376,845	5,837,685	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRABAJOS PRELIMINARES	369,376	332,438	36,938	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUNEL DE DESCARGA DURANTE CONSTRUCCION	655,118	767,666	65,372	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GALERIA DE ACCESO PARA SUPERVISION	7,864	7,077	786	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRESA PRINCIPAL-CUERPO DE PRESA	41,638,929	37,473,236	4,163,693	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INSTRUMENTACION DE LA PRESA	216,707	195,558	21,871	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAPTACION	111,740	100,556	11,174	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALVIADERO DE DEMASIAS	4,212,071	3,790,854	421,207	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSTRUCCION DE CARRETERA	10,967,040	9,970,358	1,066,704	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXPEDIENTE TECNICO (5%)		2,918,842	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISION (5%)		2,918,842	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONITOREO AMBIENTAL	1,406,000	0	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000	468,000
PROGRAMA DE FORMALIZACION MINERA	300,144	0	200,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048
PROGRAMA DE TECNIFICACION	977,048	0	777,048	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL	300,144	0	200,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048
CAPACITACION Y SENSIBILIZACION	350,192	0	200,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048	50,048
6.2 Costos de Operación y Mantenimiento incrementales	7,665,027	0	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503
Costos de Operación y Mantenimiento con proyecto	7,665,027	0	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503	766,503
Costos de Operación y Mantenimiento sin proyecto												
* Operación												
* Mantenimiento												
7.- FLUJO NETO (1+2-6)	27,029,239	-58,276,845	6,624,552	8,222,060	8,330,392	9,155,041	9,260,055	9,363,852	9,466,696	9,568,836	9,670,500	9,771,904
Tasa de Descuento		0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
8.- Factor de Actualización (11%)		1,000	0,901	0,812	0,731	0,659	0,593	0,535	0,482	0,434	0,391	0,352
9.- VALOR ACTUAL / NETO VAN (4*5)	-11,405,156	-58,276,845	7,778,876	6,673,208	6,091,104	6,030,709	5,485,392	5,006,298	4,599,714	4,152,171	3,780,438	3,441,513
10.- TIR	5.89%											
11.- RATIO B/C	0.84											
* Valor Actual de los Beneficios	604,158,697	0	9,996,619	7,978,181	7,176,665	6,535,028	5,950,274	5,416,101	4,928,906	4,484,777	4,080,083	3,711,463
* Valor Actual de los Costos	71,950,883	6,037,733	2,217,743	1,204,873	1,085,561	594,919	454,882	409,804	369,192	332,606	299,646	269,950

Fuente: MEM

ANEXO N° 22

PERFIL: "RETENCIÓN DE SEDIMENTOS MEDIANTE EL EMPLAZAMIENTO DE PRESAS EN LA CUENCA DEL RÍO GRANDE (ANANEA - PUNO)"
 FLUJO DE CAJA A PRECIOS SOCIALES DEL PROYECTO
 ALTERNATIVA 1 - B3 TIERRA
 (En nuevos soles)

Tabla N°17 Perfil de Retención de sedimentos mediante el emplazamiento de presas en la cuenca alta del río Ramis (río Grande - Ananea – Puno) flujo de caja a precios sociales del proyecto

CONCEPTO	AÑO -1	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
1. VALOR NETO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	0	0	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000
2. VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN (VBP) GANADERO INCREMENTAL	0	0	3,121,717	3,232,177	3,340,499	3,447,014	3,552,028	3,655,825	3,758,670	3,860,869	3,962,473	4,063,877
3. GASTOS EVITADOS EN SALUD	0	0	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150	1,458,150
4. AHORRO EN HORAS DE TRABAJO	0	0	516,390	516,390	516,390	516,390	516,390	516,390	516,390	516,390	516,390	516,390
5. COSTOS EVITADOS EN PERDIDA DE TERRENOS	0	0	1,500,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. COSTOS INCREMENTALES DEL PROYECTO	40,305,778	41,986,618	2,067,824	1,207,103	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862
6.1 Costos de Inversión	40,305,778	41,986,618	1,423,861	603,241	0	0	0	0	0	0	0	0
* Infraestructura	36,275,200	40,305,778	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRABAJOS PRELIMINARES	255,032	229,529	25,503	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUNEL DE DESCARGA-DURANTE CONSTRUCCIÓN	589,028	530,125	58,903	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GALERIA DE ACCESO PARA SUPERVISIÓN	5,429	4,887	543	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRESA PRINCIPAL-CUERPO DE PRESA	28,747,850	25,873,065	2,874,785	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INSTRUMENTACIÓN DE LA PRESA	151,004	135,904	15,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAPTACION	77,150	69,435	7,715	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALIVADERO DE DEMASIAS	2,908,187	2,617,368	290,819	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA	7,572,096	6,814,886	757,210	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXPEDIENTE TÉCNICO (5%)	2,015,289	2,015,289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISIÓN (5%)	2,015,289	2,015,289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTAÑO AMBIENTAL	1,179,360	0	393,120	393,120	393,120	0	0	0	0	0	0	0
PROGRAMA DE FORMALIZACIÓN MINERA	252,121	0	168,040	42,040	42,040	0	0	0	0	0	0	0
PROGRAMA DE TÉCNIFICACIÓN	820,720	0	632,720	84,000	84,000	0	0	0	0	0	0	0
PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL	252,121	0	168,040	42,040	42,040	0	0	0	0	0	0	0
CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN	294,161	0	168,040	42,040	42,040	0	0	0	0	0	0	0
6.2 Costos de Operación y Mantenimiento Incrementales	6,438,623	0	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862
Costos de Operación y Mantenimiento con proyecto	6,438,623	0	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862	643,862
Costos de Operación y Mantenimiento sin proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
* Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
* Mantenimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. FLUJO NETO (1+2-6)	46,866,622	40,305,778	-4,198,618	9,028,623	9,489,603	8,667,926	9,277,602	9,826,656	9,486,492	9,586,337	9,591,016	9,694,544
Tasas de Descuento	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
8. Factor de Actualización (11%)	1.000	1.000	0.901	0.812	0.731	0.659	0.593	0.535	0.482	0.434	0.391	0.352
9. VALOR ACTUAL / NETO VAN (#5)	9,648,910	-40,305,778	-4,198,618	6,686,004	6,264,793	5,114,496	5,868,173	5,071,666	4,616,705	4,205,388	3,826,381	3,464,705
10. TR	13.02%											
11. RATIO B/C	1.19											
* Valor Actual de los Beneficios	60,166,697	0	0	9,946,619	7,676,665	6,536,628	5,950,274	5,416,101	4,926,906	4,464,777	4,080,083	3,714,463
* Valor Actual de los Costos	50,509,397	40,305,778	1,822,904	1,021,732	911,871	424,132	382,101	344,235	310,122	279,389	251,702	226,759

Fuente: MEM

Tabla N°18 Límite Máximo Permisible en sedimentos según la Tabla de Suecia

Clase	Cobre ppm	Plomo ppm	Zinc ppm	Cadmio ppm	Arsénico ppm	Mercurio ppm	Cromo ppm	Niquel ppm
Muy Bajo	< 15	< 50	< 150	< 0,8	< 5	< 0,15	< 15	< 5
Bajo	15 – 25	50 – 150	150 – 300	0,8 – 2,0	5 – 10	0,15 – 0,3	15 – 25	5 – 15
Mod. Alto	25 – 100	150 – 400	300 – 1000	2 – 7	10 – 30	0,3 – 1	25 – 100	15 – 50
Alto	100 – 500	400 – 2000	1000 – 5000	7 – 35	30 – 150	1 – 5	100 – 500	50 – 250
Muy Alto	> 500	> 2000	> 5000	> 35	> 150	> 5	> 500	> 250

Fuente: Estándares suecos

Tabla N°19 Límite máximo permisible en sedimentos según la tabla holandesa

Elemento	LMP ppm
Cu	500
Pb	600
Zn	3000
Cd	20
As	50
Hg	10
Mn	3000

Fuente: Estándares holandeses

Tabla N°20 Estándares referenciales de calidad de suelos entre ellas Norma Canadiense

Código del punto de control	Metales Totales en mg/l								
	As	Pb	Cu	Cd	Cr	Fe	Hg	Mn	Zn
Estándares referenciales (1)	12.0	140.0	63.0	10.0	64.0	--	6.6	-	200.0
Estándares referenciales (2)	15.0	-	125.0	1.0	-	-	-	-	-
Estándares referenciales (3)	-	400.0	-	-	-	-	-	-	-
Estándares referenciales (4)	-	2000.0	-	-	-	-	-	-	-

Fuente:

(1) Canadian Environmental Quality Guidelines, Chapter 7 soil Residencial/Parkland.

(2) International Affairs Office, Mie Prefectural Government-Environmental quality Standard Soil Pollution-Japan.

(3) 40CFR Part 745 “Lead; Identification, of Dangerous Levels of lead”. June 1998. Environmental Protection Agency (EPA).United Status of America. Standard de Riesgo.

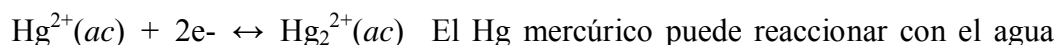
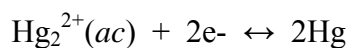
(4) 40CFR Part 745 “Lead; Identification, of Dangerous Levels of lead”. June 1998. Environmental Protection Agency (EPA). United Status of America. Standard de Preoccupation

Anexo N°3

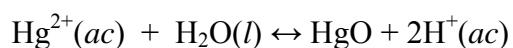
INTERPRETACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE LOS METALES PESADOS DE ACUERDO A LOS DIAGRAMAS DE POURBAIX

* Hg – H₂O

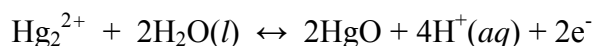
En presencia de agua, los equilibrios y reacciones donde interviene el Hg son:



para formar el oxido de Hg(II), de acuerdo a:



El Hg mercurioso reacciona con agua para formar óxido de Hg(II)



El Hg puede reaccionar con el agua modificando su estado de oxidación, óxido mercurico



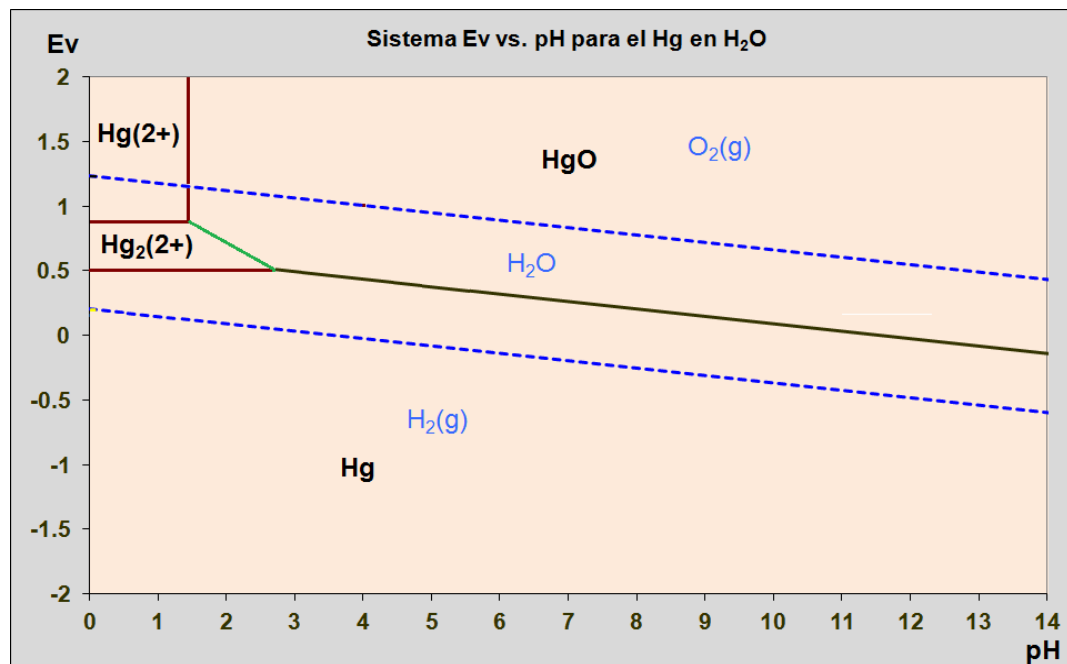


Figura N°8 Diagrama de Pourbaix para Hg-H₂O.

El Hg tiene una alta capacidad para formar compuestos orgánicos e inorgánicos. Al ponerse en contacto con un ambiente acuático, el mercurio se transforma en metilmercurio, un potente neurotóxico que se acumula por medio de la cadena trófica, en los peces y en los humanos y fauna silvestre que de ellos se alimenta. Se cree que el metilmercurio es uno de los seis peores contaminantes del planeta.

El Hg en su forma inorgánica existe en la naturaleza en tres estados de oxidación Hg^0 (metálico), Hg_2^{++} (mercurioso) y Hg^{2+} (mercúrico). Los estados mercurioso y mercúrico pueden formar compuestos químicos tanto orgánicos como inorgánicos. Las formas orgánicas son aquellas en las que el mercurio está unido covalentemente al menos a un átomo de carbono.

El mercurio presenta un rango de pH favorable para su precipitación, el tratamiento de aguas no exige pH altos, se sedimentaría en su especie de óxido de mercurio.

El gráfico siguiente muestra que a concentraciones bajas, la concentración de mercurio iónico disminuye, favoreciendo la formación de compuestos de hidróxido y óxidos.

* As – H₂O

En presencia de agua, los equilibrios y reacciones donde interviene el As son:

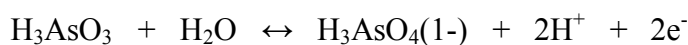
En agua el H₃AsO₄ pierde un hidrogeno



El H₂AsO₄(1-) reacciona en el agua para liberando un hidrogeno, de acuerdo a:



El H₃AsO₃ reacciona con agua para formar de H₃AsO₄(1-)



El H₃AsO₃ puede reaccionar en el agua modificando el estado de oxidación del As, para formar



La reacción del H₃AsO₃ con el agua para la formación de aniones (2-)



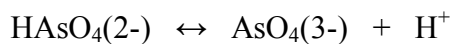
El H₃AsO₃ pierde un hidrogeno formando



La reacción del anión H₃AsO₃ con el agua para la formación de aniones(2-)



El HAsO₄(2-) pierde un hidrogeno formando



La reacción del anión H₃AsO₃ con el agua para la formación de aniones (2-)

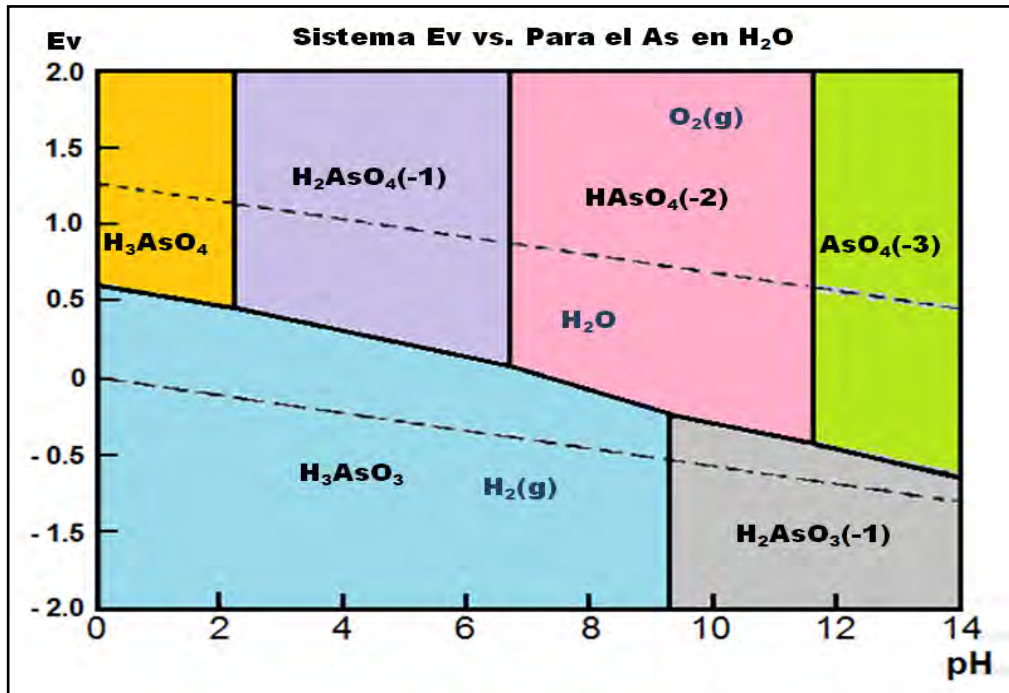
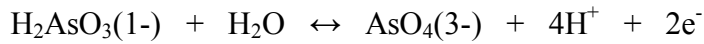


Figura N°9 Diagrama de Pourbaix para As-H₂O.

El arsénico es un elemento químico de difícil tratamiento, debido a que presenta casi su totalidad del pH sustancia acuosas, que dificultan su sedimentación, lo que se necesita para su remoción es trabajar en ambientes no muy oxidantes.

El arsénico se halla en las aguas naturales como especie disuelta, la cual se presenta por lo común como oxianiones con arsénico en dos estados de oxidación, arsénico trivalente [As(III)] y arsénico pentavalente [As(V)], y con menos frecuencia como As(0), As(-I) y As(-II). As(V) aparece como H_3AsO_4 y sus correspondientes productos de disociación (H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-} y AsO_4^{3-}). As(III) aparece como H_3AsO_3 y sus correspondientes productos de disociación (H_4AsO_3^+ , H_2AsO_3^- , HASO_3^{2-} y AsO_3^{3-}). Aunque tanto As(V) como As(III) son móviles en el medio, es

precisamente el As(III) el estado más lábil y biotóxico.

El estado de oxidación del arsénico, y por tanto su movilidad, están controlados fundamentalmente por las condiciones redox (potencial redox, Eh) y el pH (Figura N°0.9). De hecho, el arsénico es un elemento singular entre los metaloides pesados y elementos formadores de oxianiones por su sensibilidad a movilizarse en los valores de pH típicos de las aguas del río (pH 6,9 - 7,0). Como aproximación, y sin tener en cuenta otros factores como contenido en materia orgánica, en condiciones oxidantes, el estado As(V) predomina sobre As(III), encontrándose fundamentalmente como H_2AsO_4^- a valores de pH bajos (inferiores a 6,9), mientras que a pH más alto, la especie dominante es HAsO_4^{2-} .

*** Mn – H₂O**

En presencia de agua, los equilibrios y reacciones donde interviene el Mn son:

En agua el Mn_2O_3 pierde un electrón por tanto se oxida de +3 a +4



El Mn reacciona en el agua para liberando dos e^- , de acuerdo a:



El Mn^{++} reacciona con agua para formar Mn_2O_3



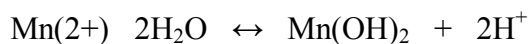
Mn^{++} puede reaccionar en el agua modificando el estado de oxidación del Mn, para formar



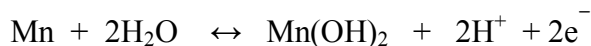
La reacción del MnO_2 con el agua para la formación de aniones (1-)



La reacción del catión Mn^{++} con el agua para la formación de hidróxido de manganeso



El Mn se pierde 2 electrones en agua formando hidróxido de manganeso



La reacción del Mn_2O_3 en agua para la formación de hidróxido de manganeso

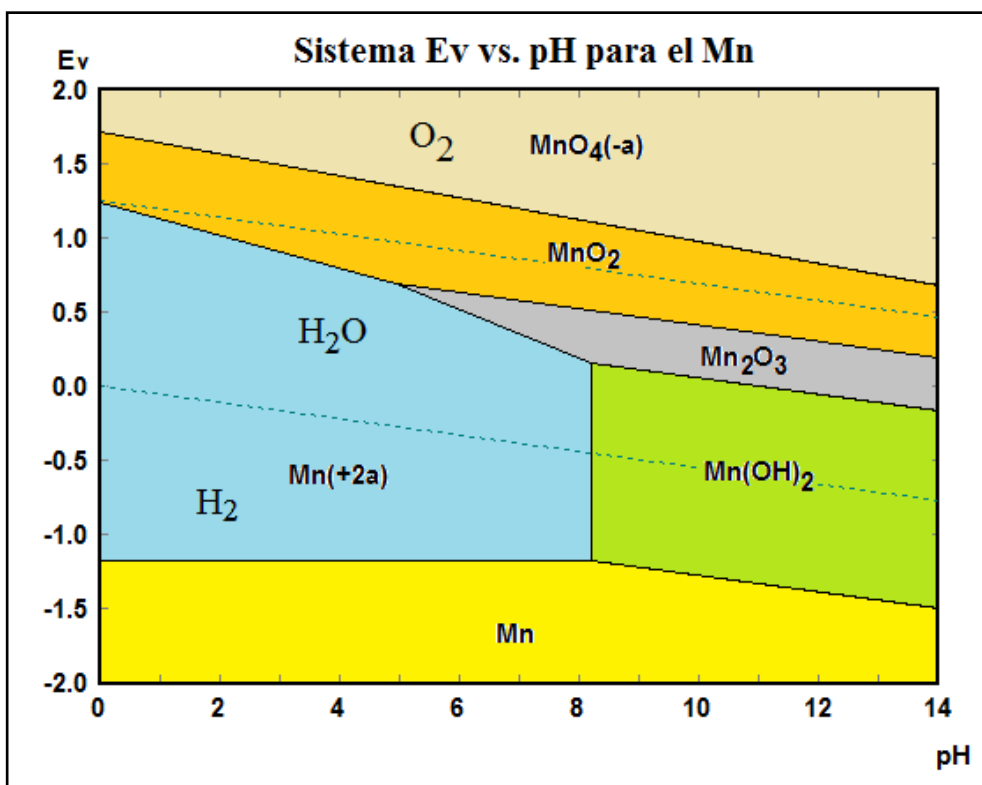
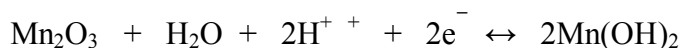


Figura N°10 Diagrama de Pourbaix para Mn-H₂O.

El $\text{Mn}(\text{OH})_2$ es un compuesto bien definido se precipita de soluciones de Mn^{++} mediante hidróxidos alcalinos. El Mn(II) es el estado de oxidación más importante, es el más estable.

De acuerdo al diagrama de POURBAIX se menciona lo siguiente:

- En la primera poza del desarenador tenemos un pH 7.8, el Mn se presenta en forma de óxidos y hidróxidos en todo el rango de estabilidad del agua, precipitando el Mn, como $Mn(OH)_2$, este fenómeno pasa del desarenador a la poza N 1, donde podemos observar que la concentración de los metales pesados disminuyen, y esto sucede hasta llegar a la poza N 4.
- A un pH de 7.0 (a la salida de la poza 4) se puede observar las sustancias predominantes, a este rango de pH el Mn aún se encuentra presente en forma iónica a Eh bajos (cerca a las zonas de reducción).
- La formación de dióxido de manganeso se da en condiciones oxidantes y $pH=7$.

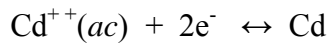
Se ha tomado una muestra de la poza N° 4, se le ha agregado floculante magnafloc y obtenemos como resultado después de la sedimentación concentraciones de metales pesados menores que los ECAS excepto el Mn.

La disminución de los metales pesados en las pozas de tratamiento de agua después de la sedimentación es debido a los procesos de adsorción de los metales por la presencia de arcillas e hidróxido de hierro que co-precipitan con los metales (manganeso, cobre, plomo, zinc y mercurio). Lo cual se demuestran con los análisis que se han obtenido (ver tabla N° 5.1).

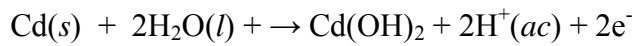
El agua turbia tiene sólidos suspendidos totales y arcilla con Hidróxido de Hierro, que debido a la dinámica del agua (oxidación), el manganeso tiende a oxidarse y precipitar como óxido de manganeso MnO_2 , en el lodo Mn^{2+} a Mn^{4+} .

*** Cd – H₂O**

En presencia de agua, los equilibrios y reacciones donde interviene el Zn son:



El Cd puede reaccionar con el agua para formar el hidróxido (óxido hidratado) de Cd, de acuerdo a:



El Zn cationico reacciona con agua para formar hidróxido de Zn

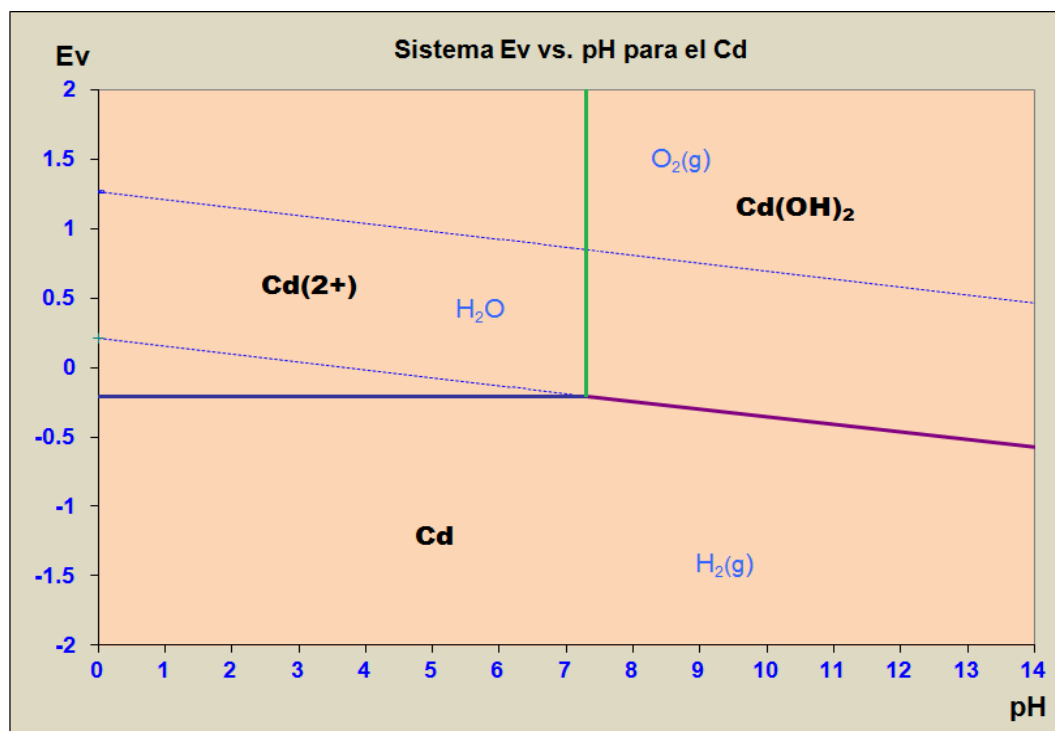
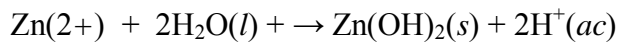


Figura N°11 Diagrama de Pourbaix para Cd-H₂O.

El cadmio debido a su alta toxicidad y las estrictas limitaciones sobre la eliminación del cadmio de aguas residuales que contienen los sistemas acuáticos se debe conocer su presencia en soluciones acuosas. El Cd(2+) es su forma predominante alrededor de pH = 7

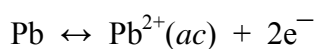
En el caso de la sedimentación del cadmio solo se debe tener en cuenta que el pH

de trabajo debe ser superior a 7, esto refleja porque la concentración después de la poza 4 esté por debajo de los ECAS.

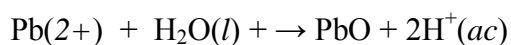
No presenta sustancias acuosas, que dificulten la sedimentación de las mismas.

*** Pb – H₂O**

En presencia de agua, los equilibrios y reacciones donde interviene el Pb son:



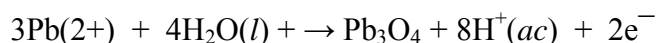
El Pb catiónico puede reaccionar con el agua para formar el óxido plumboso PbO, de acuerdo a:



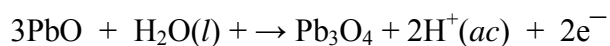
El Pb metálico reacciona con agua para formar óxido plumboso PbO



El óxido de Pb puede reaccionar con el agua para formar el tetroxido de Pb (ortoplumbato de plomo)



Por último tenemos que considerar el óxido de Pb puede reaccionar con el agua para formar el tetroxido de Pb (ortoplumbato de plomo)



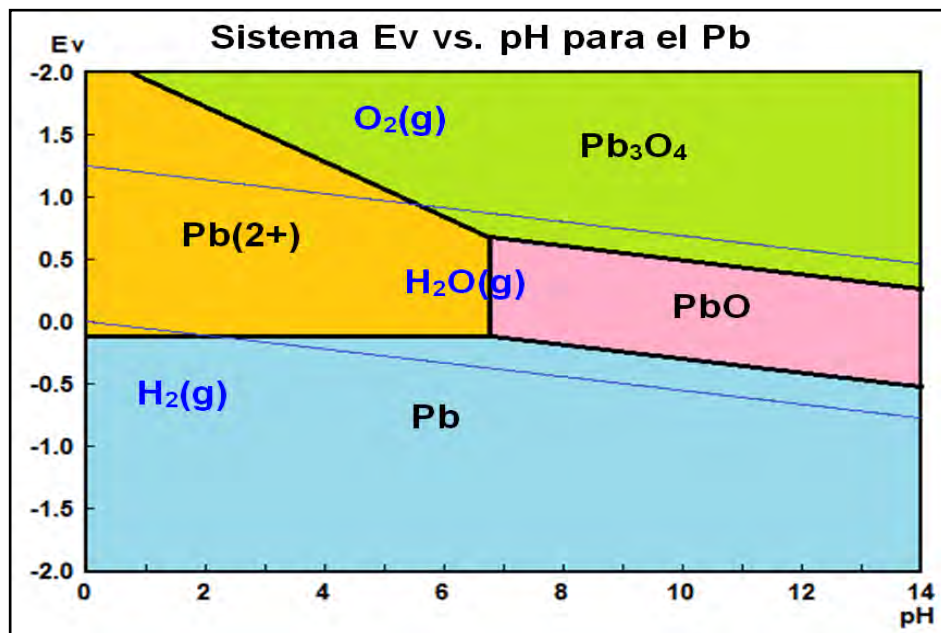


Figura N°12 Diagrama de Pourbaix para Pb-H₂O.

El plomo forma compuestos en los que su estado de oxidación es de 2+ y 4+, el más común de ellos es de 2+. Los compuestos de Pb⁴⁺ son covalentes, mientras que los de Pb²⁺ son iónicos principalmente. Este metal es anfotérico y forma sales plúmbicas y plumbosas.

Tiene una excelente resistencia a la corrosión en el aire, agua y suelo. Se llevan a cabo reacciones entre el metal y el medio ambiente, sin embargo, se forma una capa protectora de sales insolubles de plomo. Por ejemplo en presencia de oxígeno, el agua lo ataca, pero si contiene carbonatos y silicatos, se forma una capa protectora de sus derivados y la corrosión se hace muy lenta.

A través del diagrama de equilibrio potencial-pH (Figura 1.2) para el sistema agua-plomo a 10°C, se verifica la estabilidad del plomo. En el intervalo de pH entre 0 y 7, las especies estables encontradas son los iones plumbosos solubilizados (Pb²⁺). Para el intervalo de pH entre 7 y 12 se tiene el óxido plumboso (PbO), el Plomo (Pb) y el ortoplumbato de plomo (Pb₃O₄) o tetroxido de plomo (2PbO.PbO₂) a pH

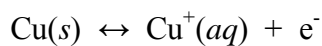
mayores (encima de 12), las especies estables son o ortoplumbato de plomo (Pb_3O_4) y el plomo (Pb).

En la sedimentación del plomo, presenta formas acuosas a pH ligeramente alcalinos, lo que se necesita por su gran estabilidad en esta zonas Eh altos cercanos a la zona de oxidación, para asegurar la formación de óxidos, que serán aglomerados por acción del magnafloc.

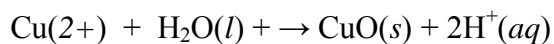
También observamos que sustancias acuosas están presentes en casi todo el rango del pH, lo que dificulta la disminución de la concentración total del plomo presente en el agua después de su adición con el floculante

* Cu – H₂O

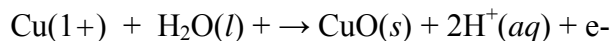
En presencia de agua, los equilibrios y reacciones donde interviene el Cu son:



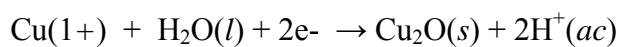
$\text{Cu}^+(aq) \leftrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + e^-$ El Cu cationico (2+) puede reaccionar con el agua para formar el oxido de Cu (oxido cúprico)



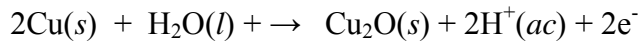
El Cu cationico (1+) reacciona con agua para formar oxido de Cu(2+) (oxido cúprico)



El Cu cationico (1+) reacciona con agua para formar oxido de Cu(1+) (oxido cuproso)



Se da la reacción del Cu metálico con el agua para la formación de oxido cuproso



Finalmente, el óxido cuproso puede reaccionar con el agua modificando el estado de oxidación del Cu, para formar óxido cúprico

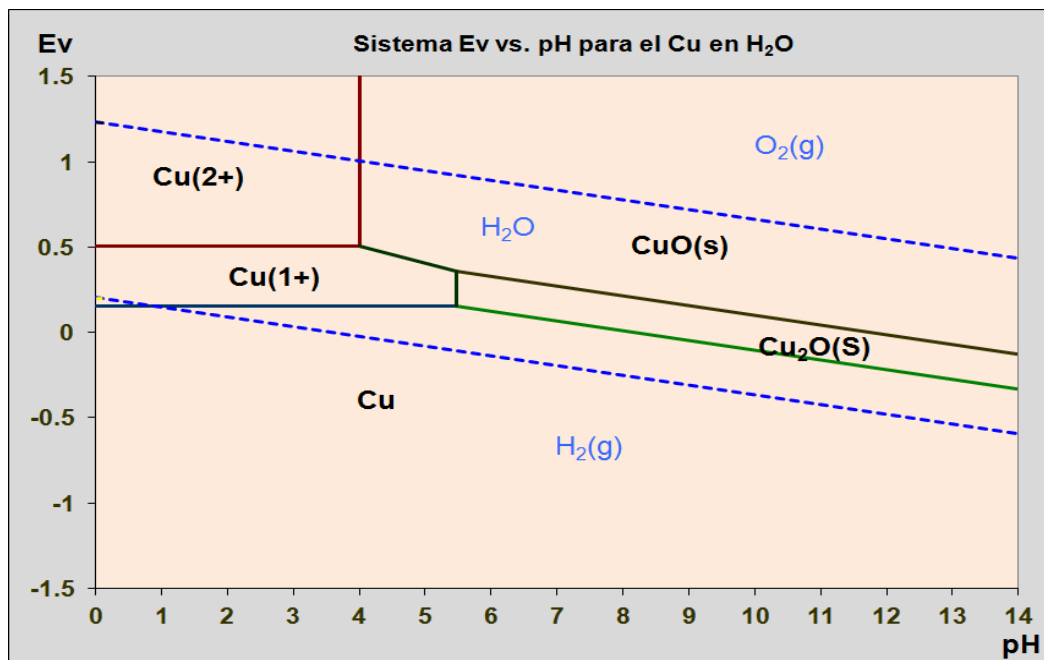
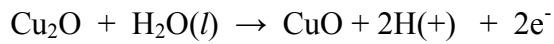


Figura N°13 Diagrama de Pourbaix para Cu-H₂O.

En solución acuosa, el ion Cu⁺ libre sólo puede existir en concentraciones pequeñísimas, siendo más estable que el Cu²⁺; ocurriendo también que el Cu₂O sea más estable que el CuO en el entorno de pH = 7.

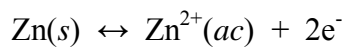
De acuerdo al diagrama de Pourbaix, el cobre es un metal pesado de fácil remoción ya que a un pH ligeramente ácido (pH > 4), se presenta como especie estable los óxidos cuproso y cúpricos, las variaciones de su concentración quedan esquematizadas en la gráfica 2.

La remoción de cobre tiene gran rango de trabajo con respecto a los pH

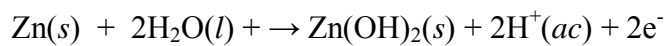
superiores a 4, debido que las muestras son analizadas a pH superiores a 7 nos encontramos con especies oxidadas de cobre, lo que demuestra que su remoción en las aguas solo necesita un medio ligeramente neutro.

* Zn – H₂O

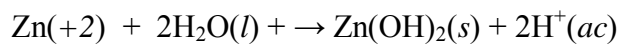
En presencia de agua, los equilibrios y reacciones donde interviene el Zn son:



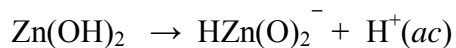
El Zn metálico puede reaccionar con el agua para formar el hidróxido (óxido hidratado) de Zn, de acuerdo a:



El Zn cationico reacciona con agua para formar hidróxido de Zn



El hidróxido de Zn puede reaccionar con el agua sin modificar su estado de oxidación, para formar oxianiones (cincato ácidos)



Por último tenemos que considerar la reacción del zinc con el agua para la formación de de oxianiones (cincatos ácidos)



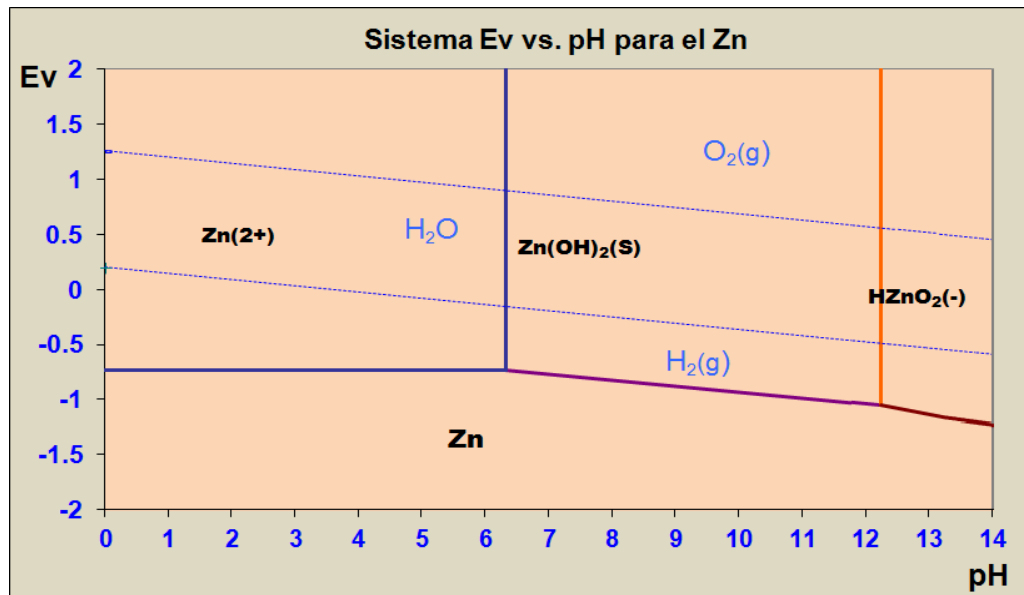


Figura N°14 Diagrama de Pourbaix para Zn-H₂O.

A pH = 7 el Zn(OH)₂ es la sustancia predominante al estado acuoso lo que se puede apreciar en la figura del diagrama de Pourbaix para el sistema Zn-H₂O

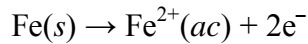
Para el caso del Zn, la remoción de los sólidos disueltos es necesario trabajar a pH superiores a 6, ya que su especie estable es en forma de óxido.

Nos apoyamos con el grafico de variaciones de las concentraciones, y observamos que a pH superiores a 5 el Zn iónico pasa a ser hidróxido de zinc, a Eh cercanos a la zona de oxidación se empieza a formar los óxidos de zinc.

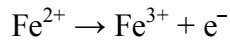
El adiconamiento de un floculante como el magnafloc, actúan agrupando los coágulos de zinc suspendidos, disminuyendo el tiempo requerido para la sedimentación de estos coágulos, consiguiendo estar por debajo de los ECAS, mejorando la calidad del agua.

* Fe - H₂O

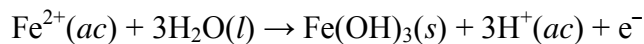
Para pH < 7. El Fe se oxida a ion ferroso así.



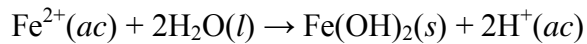
Para $\text{pH} < 7$. El ion Fe^{2+} se oxida a ion férrico así.



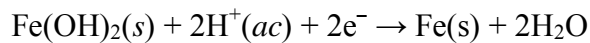
La especie formada Fe^{2+} en solución acuosa reacciona con el H_2O para formar $\text{Fe}(\text{OH})_3$.



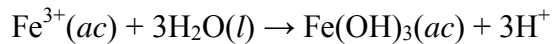
La especie formada Fe^{2+} en solución acuosa reacciona con el H_2O para formar $\text{Fe}(\text{OH})_2$.



El Fe metálico en agua formara hidróxido ferroso

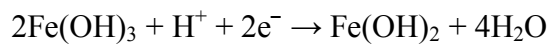


Los iones Fe^{3+} se hidrolizan y dependiendo del pH del agua de río, la especie $\text{Fe}(\text{OH})_2$ pueden estar presentes en condiciones ácidas. La reacción envuelta es:



Bajo condiciones alcalinas tanto el $\text{Fe}(\text{OH})_2$ como el $\text{Fe}(\text{OH})_3$ están presentes.

Otra presentación de las reacciones de acuerdo con el intervalo de pH es:



La electroquímica depende de la termodinámica y cinética. La velocidad de reacción depende de la generación de H_2 . Esta reacción ocurre rápidamente o lentamente a bajos valores de pH (ácidos fuertes). Para un ácido débil la rapidez dependerá del pKa del ácido.

El Fe^{2+} y/o Fe^{3+} pueden reaccionar con el anión asociado con el ácido.

Para $4 < \text{pH} < 7$

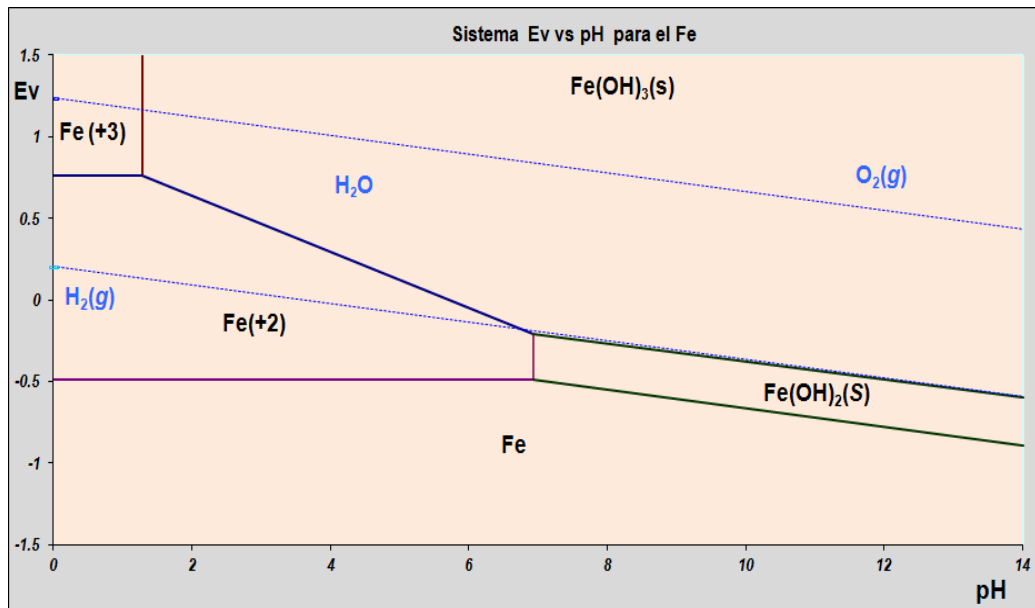


Figura N°15 Diagrama de Pourbaix para Fe-H₂O.

El pH de solubilidad mínima de Fe(OH)_n esta en el intervalo de 7 - 8 donde se tiene una mayor generación de H₂, pero el H⁺ proviene de la hidrólisis de hierro y ácidos débiles.

Las condiciones a través del río no son constantes; las concentraciones de las especies y el pH están cambiando. El proceso parece suceder en una región paralela a línea de generación de hidrogeno en la dirección de cambios según la línea mostrada en el diagrama de Pourbaix, Figura N°1.5.

Para explicar la disminución de la concentración del Hierro en las aguas después de la zona desarenador a un pH 7.8, se observa que el Hierro está presente en toda la zona de estabilidad del agua, en compuestos de hidróxidos y óxidos.

El oxigeno de la atmosfera reacción con las formas solubles de hierro para producir óxidos relativamente insolubles Fe⁺³. La velocidad de reacción depende del pH de la solución, siendo más rápida a valores de pH altos.

Se consigue la formación de coágulos a pH superiores a 7.0, el cual con la

adición de un floculante en este caso magnafloc, la velocidad de sedimentación es aumentada, disminuyendo el tiempo necesario para la remoción de los compuestos oxidados de hierro.

Para el análisis se extrajo una muestra de la poza N 4, previamente se había adicionado Magnafloc, obtenemos como resultado después de la sedimentación de los metales pesados, concentraciones de Hierro menores de los ECAS.

Este diagrama anterior, nos ayuda a comprobar cómo va disminuyendo las concentraciones de Hierro en estado iónico, dando paso a especies oxidadas.

Anexo N°4