



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

***“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
EFLUENTES LÍQUIDOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE
EXTRACCIÓN DEL ORO EN SANTA ROSA DE AGUA CLARA”***

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento:

En primer lugar al Divino Niño Jesús, por ser la luz de mi sabiduría, la fortaleza de mis debilidades y el motor principal para el cumplimiento de mis metas y aspiraciones.

A mi familia por estar siempre presente en los momentos más difíciles, que junto a su apoyo incondicional hicieron posible mi formación profesional.

A la Dra. Gina Álvarez por su determinada dirección, consignando su incondicional soporte y confianza en mí para la ejecución del proyecto.

Al Ing. Hanníbal Brito por su colaboración y su acertada asesoramiento en la parte integral de la presente investigación.

A la sociedad minera TREN DE ORO, del recinto Santa Rosa de Agua Clara por la ayuda y la colaboración prestada en la establecida zona minera.

A todos mis amigos que de una o de otra manera formaron parte de la culminación del proyecto.

DEDICATORIA

Al Divino Niño Jesús
A mi Mamá y mi hijo
A mi abuelita
hermana, tía, primos,
Por su indeclinable e
incondicional apoyo
para mi continua
superación.

William

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTA DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LIQUIDOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ORO EN SANTA ROSA DE AGUA CLARA**” de responsabilidad del señor William Rodolfo Bonilla Auqui ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez		
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS	-----	-----
Ing. Mario Villacres		
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA	-----	-----
Dra. Gina Álvarez R.		
DIRECTORA DE TESIS	-----	-----
Ing. Hanníbal Brito M.		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----
Dr. Carlos Rodríguez		
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	-----	-----
NOTA DE LA TESIS ESCRITA	-----	

DERECHOS DE AUTOR

Yo, **WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuesto en la Tesis de Grado y el patrimonio intelectual de la Tesis perteneciente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, en nombre de la ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI
060372344-6

INDICE DE ABREVIATURAS

$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados
mg/L	Miligramos por litro
L/s	Litro por segundo
m/s	Metro por segundo
SDT	Sólidos disueltos totales (mg/L)
SST	Sólidos totales en suspensión (mg/L)
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
DQO	Demanda Química de Oxígeno(mg/L)
DMA	Drenaje ácido de mina
pH	Potencial de Hidrógeno(Und.)
R_m	Resistencia medida de la célula (ohms)
ARCOM	Agencia de Regulación y Control Minero
TULAS	Texto Unificado de Legislación Secundaria
E	Eficiencia de la rejilla
a_c	Espacio entre barras (m)
t_c	Espesor de las barras (m)
δ	Grado de inclinación de las barras
v	Velocidad (m/s)
h_f	Pérdida de carga (m)
g	Aceleración de la gravedad (m/s^2)
A_U	Área de escurrimiento (m^2)
d_{max}	Nivel máximo de agua (m)
N°	Número de barras
Q	Caudal del fluido (m^3/s)
h	Altura (m)
b	Ancho del canal (m)
L	Longitud (m)
S_T	Área del canal de rejillas (m^2)
t	Tiempo de paso (s)

V	Velocidad de sedimentación (m/s)
n	Coefficiente de Manning
S	Gradiente hidráulico (m/m)
$K; n$	Coefficiente para la garganta de Parshall
W	Sección o garganta contraída (m)
Z	Resalto (m)
H_{max}	Altura máximo (m)
H_{min}	Altura mínima (m)
Q_{max}	Caudal máximo (m^3/s)
A_T	Área del desarenador (m^2)
V_T	Volumen del desarenador (m^3)
V_r	Velocidad de sedimentación real (m/s)
T_r	Tiempo de Retención (h)
d	Diámetro de la partícula (m^2)
C_D	Coefficiente de fricción
N_R	Número de Reynolds
CS	Carga superficial ($m^3/m^2 * día$)
V_C	Velocidad crítica (mm/s)
V_H	Velocidad horizontal (m/s)
%	Porcentaje
f	Factor de fricción de Darcy – Weisbach
R	Tiempo nominal de remoción de DBO o SST (%)
d	Espacio entre placas (m)
e	Espesor de placas (m)
N	Número de placas

TABLA DE CONTENIDOS

Pp

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

DERECHOS DE AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN.....	i
SUMARY.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
ANTECEDENTES.....	v
JUSTIFICACIÓN.....	vi
OBJETIVOS.....	vii

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. MINERÍA.....	1
1.1. 1. Definición de Minería.....	1
1.1.2. Oro.....	1
1.1. 3. Yacimientos minerales.....	2
1.1.3.1. Tipos de yacimientos.....	2
1.1.4. Minería Subterránea.....	3
1.1.4.1. Proceso de Extracción en Minería Subterránea.....	4
1.1.4.1.1. Prospección (estudio de las anomalías geológicas).....	4
1.1.4.1.2. Solicitud de petitorio (permiso de funcionamiento).....	4
1.1.4.1.3. Exploración.....	5
1.1.4.1.4. Desarrollo o Construcción.....	5

	Pp
1.1.4.1.5. Explotación y Extracción.....	5
1.1.4.1.5.1. Perforación.....	5
1.1.4.1.5.2. Voladura.....	8
1.1.4.1.6. Transporte y/o Manipulación de minerales.....	9
1.1.4.1.7. Beneficio (Concentración o Procesamiento metalúrgico).....	9
1.1.5. Impactos ambientales de la Extracción de los recursos en una minería Aurífera.....	9
1.1.5.1. Efectos ambientales al medio en una minería subterránea.....	10
1.1.5.1.1. Efectos sobre el yacimiento y las rocas adyacentes.....	10
1.1.5.1.2. Efectos ambientales bajo tierra.....	11
1.1.5.1.3. Efectos ambientales en la superficie del terreno.....	11
1.1.5.2. Contaminantes más comunes de las aguas de mina.....	12
1.1.6. Criterios de calidad de agua.....	14
1.1.6.1. Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna.....	14
1.1.6.2. Criterios generales para la descarga de efluentes.....	15
1.1.6.2.1. Normas generales para descarga de efluentes.....	15
1.1.7. Disposiciones Técnico-Ambientales Específicas.....	15
1.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	16
1.2.1. Procesos de tratamiento del Agua Residual.....	16
1.2.2. Niveles de tratamiento del Agua residual.....	17
1.2.2.1. Pretratamiento del agua residual.....	20
1.2.2.1.1. Cribado.....	20
1.2.2.1.1.1. Espaciamiento entre las barras.....	21
1.2.2.1.1.2. Eficiencia del sistema de rejillas.....	22
1.2.2.1.1.3. Inclinación de las barras.....	23
1.2.2.1.2. Desarenador.....	24
1.2.2.1.2.1. Tipos de desarenadores.....	24
1.2.2.1.2.2. Componentes de un desarenador.....	25
1.2.2.1.2.3. Criterios de diseño de un desarenador.....	25
1.2.2.1.2.3.1. Número de unidades y derivación.....	26
1.2.2.1.2.3.2. Velocidades en los desarenadores.....	26

	Pp
1.2.2.1.3. Vertedero.....	27
1.2.2.1.3.1. Tipo y sección de vertederos.....	28
1.2.2.1.3.2. Dispositivo para la medición de caudales.....	28
1.2.2.1.3.3. Medidor de Parshall.....	29
1.2.2.2. Tratamiento primario.....	31
1.2.2.2.1. Tanque de sedimentación.....	32
1.2.2.2.1.2. Componentes básicos de un sedimentador.....	33
1.2.2.2.1.3. Factores que afectan un Diseño en los tanques de sedimentación.....	34
1.2.2.2.1.4. Parámetros usuales para el diseño de tanques de sedimentación.....	35
1.2.2.2.1.5. Placas de asbesto cemento.....	36
1.2.2.3. Tratamiento secundario.....	37
1.2.2.4. Tratamiento terciario.....	37
1.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	38
1.3.1. Determinación de parámetros de muestreo del efluente.....	38
1.3.1.1. Volumen de la muestra.....	38
1.3.2. Parámetros de diseño del Sistema de rejillas.....	38
1.3.2.1. Detalles de los sistemas de rejillas.....	38
1.3.2.2. Área del canal.....	38
1.3.2.3. Área útil.....	39
1.3.2.4. Longitud del canal.....	40
1.3.2.5. Profundidad del canal.....	40
1.3.2.6. Radio hidráulico.....	41
1.3.2.7. Velocidad de sedimentación (real) a través del canal.....	41
1.3.2.8. Número de Barras.....	42
1.3.2.9. Pérdida de cargas en la rejilla.....	42
1.3.3. Parámetros de diseño del Vertederos.....	43
1.3.3.1. Profundidad de la lámina de agua.....	43
1.3.3.2. Resalto.....	43
1.3.4. Parámetros de diseño del Desarenador.....	44
1.3.4.1. Altura útil del desarenador.....	44

	Pp
1.3.4.2. Ancho del desarenador.....	45
1.3.4.3. Largo del desarenador.....	45
1.3.4.4. Área del desarenador.....	46
1.3.4.5. Volumen del Tanque.....	47
1.3.5. Parámetros de diseño del Sedimentador.....	48
1.3.5.1. Velocidad de sedimentación.....	48
1.3.5.2. Número de Reynolds.....	49
1.3.5.3. Coeficiente de Fricción.....	49
1.3.5.4. Carga de superficie.....	50
1.3.5.5. Volumen del tanque.....	51
1.3.5.6. Tiempo de retención.....	51
1.3.5.7. Velocidad crítica.....	52
1.3.5.8. Velocidad horizontal.....	52
1.3.5.9. Remoción de SST y DBO.....	53
1.3.5.10. Sedimentador de placas paralelas.....	53

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL.....	55
2.1. DIAGNÓSTICO.....	56
2.1.2. MUESTREO.....	61
2.1.2.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO.....	61
2.2. METODOLOGÍA.....	62
2.2.1. METODOS Y TÉCNICAS.....	62
2.2.1.1. MÉTODOS.....	62
2.2.1.2. TÉCNICA.....	63
2.2.1.2.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	64
2.3. DATOS EXPERIMENTALES.....	82
2.4. DATOS ADICIONALES.....	83

CAPÍTULO III

	Pp
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	84
3.1. CÁLCULOS.....	84
3.1.1. Determinación del caudal y volumen del muestreo del efluente.....	84
3.1.1.1. Proyección del caudal.....	84
3.1.1.1.1. Cálculo del caudal de Diseño.....	84
3.1.1.1.2. Cálculo del volumen individual de la muestra.....	84
3.1.2. Dimensionamiento del tratamiento preliminar.....	85
3.1.2.1. Dimensionamiento de las Rejillas.....	85
3.1.2.1.1. Determinación del espesor y el espaciamiento de las barras.....	85
3.1.2.1. 2. Determinación de la eficiencia.....	85
3.1.2.1.3. Cálculo del área de escurrimiento.....	85
3.1.2.1.4. Cálculo del área total del canal.....	86
3.1.2.1.5. Cálculo de la longitud del canal.....	86
3.1.2.1.6. Cálculo de la altura del canal.....	86
3.1.2.1.7. Cálculo del Radio Hidráulico.....	87
3.1.2.1.8. Cálculo de la velocidad real.....	87
3.1.2.1.9. Cálculo de la velocidad a través de las rejillas.....	87
3.1.2.1.10. Cálculo del número de rejilla.....	88
3.1.2.1.11. Cálculo de las pérdidas de cargas.....	88
3.1.2.2. Dimensionamiento de la canaleta de Parshall.....	88
3.1.2.2.1. Medidor aplicable de Parshall.....	88
3.1.2.2.2. Determinación de las constantes K, n.....	89
3.1.2.2.3. Cálculo de la profundidad de la lámina de agua.....	89
3.1.2.2.4. Cálculo del resalto.....	89
3.1.2.2.5. Determinación de las dimensiones del medidor de Parshall.....	90
3.1.2.3. Dimensionamiento del Desarenador.....	90
3.1.2.3.1. Cálculo de la altura útil.....	90
3.1.2.3.2. Cálculo del ancho del desarenador.....	91
3.1.2.3.3. Cálculo de la longitud del desarenador.....	91

	Pp
3.1.2.3.4. Cálculo del área del tanque del desarenador.....	91
3.1.2.3.5. Cálculo de la profundidad del tanque.....	91
3.1.2.3.6. Cálculo del volumen del tanque.....	92
3.1.2.3.7. Cálculo del Tiempo de retención.....	92
3.1.2.3.8. Cálculo de la velocidad real del desarenador.....	92
3.1.2.4. Dimensionamiento del Tanque de sedimentación.....	93
3.1.2.4.1. Determinación de la velocidad de sedimentación.....	93
3.1.2.4.2. Cálculo del número de Reynold.....	93
3.1.2.4.3. Cálculo del C_D	93
3.1.2.4.4. Cálculo del área longitudinal.....	94
3.1.2.4.5. Cálculo de la longitud del tanque.....	94
3.1.2.4.6. Cálculo del volumen del tanque.....	94
3.1.2.4.7. Cálculo de la carga superficial real.....	95
3.1.2.4.8. Cálculo del Tiempo de retención.....	95
3.1.2.4.9. Cálculo de la velocidad crítica.....	95
3.1.2.4.10. Cálculo de la Velocidad horizontal.....	96
3.1.2.4.11. Cálculo de las tasas de remoción DBO y SST.....	96
3.1.2.4.12. Cálculo del número de placas.....	97
3.2. RESULTADOS.....	97
3.2.1. Resultados de análisis físico químico del agua.....	97
3.2.2. Resultados de propiedades IN SITU del efluente.....	97
3.2.3. Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento.....	97
3.3. PROPUESTA.....	100
3.4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	103

CAPITULO IV

	Pp
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
4.1. CONCLUSIONES.....	106
4.2. RECOMENDACIONES.....	107
BIBLIOGRAFÍA.....	109
ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pp
1.2.2.1.1.1.-1 Espaciamiento entre rejillas.....	18
1.2.2.1.1.1.-1 Espaciamiento entre rejillas.....	21
1.2.2.1.1.1.-2 Sección transversal rectangular de las barras.....	22
1.2.2.1.1.2.-1 Eficiencia de las rejillas en función del espesor de las barras.....	22
1.2.2.1.1.3.-1 Rejilla de limpieza manual.....	23
1.2.2.1.2.3.2.-1 Velocidad de sedimentación, en función del diámetro de las partículas.....	26
1.2.2.1.2.3.2.-2 Información usual para el diseño de desarenador para flujos pequeños.....	27
1.2.2.1.3.1.-1 Ecuación y sección de vertederos.....	28
1.2.2.1.3.3.-3 Medidores Parshall con escurrimiento libre: límites de aplicación.....	30
1.2.2.1.3.3.-4 Medidor Parshall: valores del exponente y coeficiente K.....	31
1.2.2.2.1.4.-1 Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.....	36
1.3.5.3.-2 Relación logarítmica de las regiones de los coeficientes C_D y N_R	50
2.1.2.1.-1 Plan de Muestreo.....	62
2.1.2.1.-2 Tiempo de muestreo por día laborable.....	62
2.2.1.2.1.-1 Determinación del pH.....	64
2.2.1.2.1.-2 Determinación de la Conductividad.....	65
2.2.1.2.1.-3 Determinación de la Turbiedad.....	66
2.2.1.2.1.-4 Determinación de la Alcalinidad.....	67
2.2.1.2.1.-5 Determinación de Cloruros.....	68
2.2.1.2.1.-6 Determinación de la Dureza Total.....	69
2.2.1.2.1.-7 Determinación de Calcio.....	70
2.2.1.2.1.-8 Determinación de Sulfatos.....	71
2.2.1.2.1.-9 Determinación de Fosfatos.....	72
2.2.1.2.1.-10 Determinación de Amonios.....	73
2.2.1.2.1.-11 Determinación de Nitratos.....	74
2.2.1.2.1.-12 Determinación de Hierro.....	75
2.2.1.2.1.-13 Determinación de Plomo.....	76
2.2.1.2.1.-14 Determinación de DBO_5	77

TABLA	Pp
2.2.1.2.1-15 Determinación de DQO.....	78
2.2.1.2-16 Determinación de Sólidos Totales.....	79
2.2.1.2.1-17 Determinación de Sólidos Totales Disueltos.....	80
2.2.1.2.1-18 Determinación de Sólidos Sedimentables.....	81
2.3.1-1 Caracterización de los análisis físicos químicos del agua.....	82
2.3.1-2 Determinación de propiedades IN SITU del efluente.....	83
3.2.3-1 Resultado del diseño del tratamiento preliminar Rejas de limpieza manual.....	97
3.2.3-2 Resultado del diseño del Desarenador.....	98
3.2.3-3 Resultado del diseño de la canaleta de Parshall.....	98
3.2.3-4 Resultado del diseño del Sedimentador.....	99
3.2.3-5 Resultado Adicionales de condiciones de Proceso.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp
1.2.2.1.3.3-1 Partes del medidor de Parshall.....	29
1.2.2.1.3.3-2 Dimensiones básicas del medidor de Parshall.....	30
1.2.2.2.1-1 Relación entre velocidad de sedimentación y diámetro de partículas.....	32
1.2.2.2.1.5-1 Flujo entre placas paralelas en un sedimentador.....	37
1.3.5.8-1 Geometría de la zona de sedimentación.....	52

INDICE DE FOTOS

FOTO	Pp
1.1.4.1.5.1-1 Modelo de perforación de la zona minera Tren de Oro.....	6
1.1.4.1.5.2-1 Componentes básicos de un explosivo.....	8
2.1-1 Área minera de la finca Buena Fe.....	57
2.1-2 Área de la zona de explotación.....	58
2.1-3 Equipos utilizados en la minería artesanal.....	59
2.1-4 Salida del efluente residual por el interior de la mina.....	60
2.1-5 Salida del efluente residual al exterior de la mina.....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pp
Anexo 1 Área minera Tren de Oro.....	114
Anexo 2 Equipos básicos para la Explotación Minera Subterránea.....	115
Anexo 3 Dimensiones estándar de medidores Parshall.....	116
Anexo 4 Resultados de los parámetros de muestreo del efluente residual.....	117
Anexo 5 Valores de las constantes empíricas a y b para la remoción DBO ₅ y SST.....	118
Anexo 6 Condiciones de diseño para el dimensionamiento del Sistema de Tratamiento.....	119
Anexo 7 Informe de la primera muestra del análisis del agua residual de mina.....	120
Anexo 8 Informe de la segunda muestra del análisis del agua residual de mina.....	121
Anexo 9 Informe de la tercera muestra del análisis del agua residual de mina.....	122
Anexo 10 Informe de la cuarta muestra del análisis del agua residual de mina.....	123
Anexo 11 Informe de la quinta muestra del análisis del agua residual de mina.....	124
Anexo 12 Resultados de los parámetros dentro y fuera de norma análisis físico químico.....	125
Anexo 13 Resultado de las características IN SITU del agua de minería.....	126
Anexo 14 Diseño del Sistema de rejillas.....	127
Anexo Diseño del canal de rejilla.....	128
Anexo Diseño de las rejas.....	129
Anexo 15 Diseño del Desarenador.....	130
Anexo Diseño del Tanque del desarenador.....	131
Anexo Diseño del baipás.....	132
Anexo Diseño del deflector del tanque de desarenación.....	133
Anexo 16 Diseño de la canaleta de Parshall.....	134
Anexo 17 Diseño del Sistema del Sedimentador.....	135
Anexo Diseño del Tanque del sedimentador.....	136
Anexo Diseño de las Placas de Asbesto cemento.....	137
Anexo 18 Diseño de la Planta de Tratamiento.....	138

RESUMEN

El presente estudio fue el “Dimensionamiento de un Sistema de tratamiento de efluentes líquidos provenientes del proceso de extracción del oro en Santa Rosa de Agua Clara” perteneciente a la provincia de Bolívar.

El estudio consistió en un diagnóstico de los problemas que se generan durante la perforación del suelo, para lo cual se realizó un recorrido por el área minera, para luego identificar las zonas de muestreos y verificar así su estado y calidad.

Posteriormente se realizó el análisis de las aguas residuales en el Laboratorio de Análisis Técnico (ESPOCH), las técnicas utilizadas fueron en base al Métodos Estándar para la Examinación de Agua y Aguas residuales.

Los resultados del análisis del agua residual muestran: Turbiedad de 1158,4 UNT, Sólidos Totales de 29012,0 mg/L, Sólidos Sedimentables de 7860,0 mg/L, Demanda Química de Oxígeno de 1700,0 mg/L, Plomo de 5,7 mg/L, valores que se encuentran fuera de norma. El caudal del efluente promedio es 2,3 L/s.

De acuerdo a los resultados obtenidos se diseñó un Sistema de tratamiento, el mismo que comprendió de dos etapas: la primera etapa es un tratamiento preliminar y la segunda etapa de un tratamiento primario, para eliminar la contaminación física que constituyen los sólidos provenientes de la explotación minera.

Es importante concienciar a la sociedad minera en base a capacitaciones del manejo adecuado de los recursos para evitar que se genere mayor desperdicio en la descarga del efluente residual, favoreciendo a una mejor eficiencia del Sistema de Tratamiento y a un trabajo minero con mayor responsabilidad.

ABSTRAC

LIQUID WASTE TREATMENT SYSTEM MEASUREMENT COMING FROM THE GOLD EXTRACTION PROCESS IN “SANTA ROSA DE AGUA CLARA” BELONGING TO BOLÍVAR PROVINCE.

The present study was about the liquid waste treatment system measurement coming from the gold extraction process in Santa Rosa de Agua Clara” belonging to Bolivar Province.

It consisted on a problem diagnosis generating during the soil drilling, for this one a tour around the mining area was carried out in order to identify the sample are and verify the condition and quality.

Later a waste water analysis was carried out in the Technical Analysis Lab (ESPOCH). The used Techniques were based on the Standard Method to examine the water and waste water.

The results from waste water analysis show cloudiness of 1158,4 NTV Nefelometric Turbidity Unit, total solids of 29012,0 mg/L, sediment solids of 7860,0 mg/L Oxygen chemical demand of 1700,0 mg/L, Lead of 5,7 mg/L, amounts that are out of the norm. The flow of average waste is 2, 3 L/s.

From the gotten results, a treatment system was designed which has two stages: the former is a preliminary treatment and the latter is a primary treatment to eliminate the physic pollution constituting the solids coming from the mining exploitation.

It is important to make aware the mining society with trainings about adequate handling of the resources to avoid generating a high waste water flowing and reach a high efficiency of the Treatment System so that the mining job can be performed with responsibility.

INTRODUCCION

Con el pasar de los tiempos el aumento del crecimiento poblacional cada vez es mayor, lo que implica una mayor utilización de recursos renovables y no renovables, necesarios para la supervivencia de la humanidad, uno de estos recursos no renovables es la explotación de los minerales metálicos y no metálicos.

“En el Ecuador se encuentran en vigencia estudios y leyes de gestión Ambiental para la conservación de los recursos naturales no renovables, tal como lo establece la Constitución en su Art. 313, sobre los cuales el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia”².

Tomando en cuenta el artículo de la Constitución citado, se considera que la minería aurífera sea estrictamente controlada desde su proceso de prospección, autorización, explotación, transformación hasta su posterior distribución al mercado. Dentro de estas etapas la de mayor control representa el proceso de explotación debido a que se requiere el uso de equipos y materiales (dinamita), que por su composición química al mezclarse con el agua y los otros minerales presentes en el interior del suelo, generan un grado de contaminación considerable en las descargas líquidas que se producen durante su proceso de explotación.

La finca Buena Fe donde se realiza la explotación minera, aldeaña al recinto Santa Rosa de Agua Clara comunidad dedicada a la actividad agropecuaria y porcina. Ubicada al sur oeste del cantón Chillanes provincia de Bolívar, con una superficie de 27,4 Km² con 5342 habitantes, posee un clima que va desde el cálido tropical a templado subtropical. En la actualidad esta comunidad es considerada como una zona con un futuro alentador en la actividad minera, por el descubrimiento de un número de hectáreas considerable en las que se ha encontrado un importante contenido del metal aurífero.

²LEY DE MINERIA., <http://www,derecho - ambiental.org/Derecho/Legislación/Ecuador.html>

Sin embargo la falta de conocimiento de la actividad minera, la falta de inversiones y la rudimentaria tecnología utilizada en la explotación del mineral por parte de la población, provoca que la recuperación del mineral sea baja, mientras el resto es desperdiciado en ríos y quebradas.

En el presente trabajo se ha realizado en primer lugar un diagnóstico de la situación actual de la zona minera, posteriormente se procedió al estudio geológico del habitad donde se realiza la minería y los posibles impactos ambientales de los efluentes líquidos que se pueden suscitar durante su proceso de perforación y voladura. Para luego caracterizar e identificar en el laboratorio los parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos por la norma de calidad del Ambiente y que deben ser controlados antes de ser vertido al río.

Se determinó así que los parámetros que se encuentra fuera de norma son: Turbiedad de 1158,4 UNT; Plomo de 5,7 mg/L; DQO de 1700 mg/L; Sólidos Totales de 29012 mg/L; Sólidos Sedimentables de 7860 mg/L y parámetros que se encuentran sobre el límite superior Fosfato de 10,06 mg/L PO_3^{3-} .

Finalmente se estableció el tipo de sistema de tratamiento físico-químico, necesario para la minimización de los impactos ambientales generados por la explotación minera subterránea artesanal al medio ecológico especialmente al estero del río.

ANTECEDENTES

La minería tienen sus inicios desde los años 4000 AC, cuando el hombre creía que la materia y sobre todos los minerales habían sido creado por una inteligencia superior. Conociéndose en nuestro país a partir de la época preincaica, en el período comprendido entre los años 900 – 1500 DC, tiene sus inicios en las montañas sudoccidentales del Ecuador.

Pero el interés por la explotación a pequeña escala se da desde comienzos del siglo XX, por la intervención de empresas extranjeras y nacionales interesadas en la extracción del oro, en la zona de Zaruma y Portovelo, en la provincia de El Oro, hasta llegar a Nambija en la zona Oriental.

A fines de los años 70 e inicios de los 80, las empresas mineras pioneras y las empresas dedicadas a la actividad agrícola enfrentaron serios conflictos por la captación de territorio y la contaminación que generaba la minería, dando lugar a problemas de carácter político, social y ambiental, motivo por el cual cada año se genera inconformidades por parte de la población debido al trabajo inapropiado, que la mayoría de las empresas mineras realizan.

La explotación de los recursos minerales como el oro, exige la aplicación de procesos industriales específicos, ya que la extracción del mineral con frecuencia da lugar a modificaciones rápidas del ecosistema circundante, superando su capacidad de auto depuración, generándose así la contaminación ambiental.

En el país existen leyes y normas ambientales que controlan y regulan la actividad minería, pero pese a esto la gente no tiene conciencia ambiental, pero las exigencias y controles por un trabajo minero cada vez son mayores por lo que poco a poco se están tomando medidas pertinentes para la minimización de los impactos ambientales causados por la minería. Unas de estas medidas son los sistemas de tratamientos que pueden ser procesos físicos, químicos o biológicos, que se realizan para eliminar la mayor cantidad de contaminantes y de esta manera poder verterlos sin ocasionar graves daños al ambiente.

JUSTIFICACION

Desde la década de los 70, el Ecuador ha experimentado un cambio de visión con la minería artesanal, debido a que en el futuro la explotación minera en el Ecuador es uno de los mayores proyectos para el estado ecuatoriano por el descubrimiento de grandes yacimientos auríferos existentes y que están en mira para su determinado prospección y explotación.

Como estudiante, con el conocimiento y la responsabilidad que tenemos con el ambiente, se ha visto la necesidad de la realización del presente estudio de investigación buscando una metodología que garantice un proceso, que cumpla con todas las normas de calidad y seguridad del ambiente.

El desarrollo del proyecto, se basa en el control de las descargas líquidas generadas durante el proceso de Extracción del metal aurífero, debido a la generación de componentes con un alto grado de contaminación, como son la presencia de material particulado, y otros componentes (metales) que sin ningún tratamiento previo desembocan en la vertiente, el mismo que es considerado como la principal fuente de consumo vital para los sectores aledaños, como para la actividad agrícola, ganadera que se abastecen de esta fuente.

La prospección del proyecto se fundamenta en el desarrollo de un Sistema de Tratamiento físico-químico, lo cual permita minimizar las cargas contaminantes del efluente líquido que se genera durante la explotación del suelo, permitiendo así la continuidad, estabilidad de trabajo y desarrollo de la minería artesanal para los habitantes en esta comunidad.

Lo que involucrara al fortalecimiento de una minería responsable, que garantice mayor seguridad y control al ambiente, mediante el uso adecuado de los recursos no renovables y el control de los efluentes residuales que son los responsables en la modificación del cambio climático, que son uno de los factores de mayor preocupación e interés a nivel nacional y mundial.

OBJETIVOS

GENERAL

- “Realizar el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de efluentes líquidos provenientes del proceso de extracción del oro en Santa Rosa de Agua Clara”.

ESPECÍFICOS

- Establecer el estado actual de desfogue del efluente líquido residual que se genera en el proceso de explotación del socavón.
- Caracterizar las descargas líquidas del agua de mina producidas en las etapas de perforación y voladura de la roca, mediante los análisis físicos y químicos.
- Determinar las diferentes variables para el diseño del Sistema de Tratamiento.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el diseño de un sistema de tratamiento.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1. MINERÍA

1.1.1. Definición de Minería

Se conoce como minería las técnicas y actividades dirigidas al descubrimiento y explotación de yacimientos minerales. Hasta hace poco la minería se limitaba a trabajos de excavación o en cercas de la superficie.

En la actualidad, las minas pueden penetrar en las cortezas hasta profundidades considerables, se estima que pueden alcanzar hasta 3,8 Km pero en las mayorías de las minas no sobrepasan 1,8 Km. Para su correspondiente explotación, según se trate de oro primario en la roca se puede obtener de la siguiente manera:

- ❖ In situ (Oro en mina) que puede obtenerse mediante correspondiente trituración y preparación mecánica.
- ❖ Oro de “aluvión” en depósitos sueltos (Placeres auríferos) que se obtiene mediante un simple proceso de dragado y o lavado.

1.1.2. Oro

Este metal amarillo, blando, ha sido símbolo de poder y del bienestar de la antigüedad, gracias a sus propiedades singulares y a sus escases. Este mineral metálico se encuentra en filones hidrotermales, donde cristalizó a partir de soluciones calientes. A menudo se encuentra en asociación con el cuarzo o con sulfuros, en particular con la pirita. Para su correspondiente extracción se requiere de un estricto estudio debido a la demanda económica que se requiere para su explotación.

1.1.3. Yacimientos minerales

Los yacimientos minerales constituyen la parte integrante más importante de la fuerza productiva de la sociedad humana. Sin embargo los ritmos crecientes de la extracción de minerales, la necesidad imperiosa de hallar considerables recursos naturales adicionales concentrados en grandes yacimientos y de alta calidad, la necesidad de descubrir nuevos tipos de variedades de materias primas minerales, requieran una mayor ampliación y profundización de las investigaciones geológicas.

Un yacimiento mineral constituye el sector de la corteza terrestre, en el cual a raíz de unos u otros procesos se produjo la acumulación de una sustancia mineral. Los minerales pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos:

- ❖ **Gaseosos:** pertenecen las acumulaciones en las entrañas de la tierra de gases combustibles, compuestos por hidrocarburos y de gases no combustibles.
- ❖ **Sólidos:** pertenecen a las mayorías de los minerales que se explotan como yacimientos de elementos o de sus combinaciones (oro, hierro, bronce, otros).
- ❖ **Líquidos:** figuran los yacimientos de petróleo y de Aguas subterráneas.

1.1.3.1. Tipos de yacimientos

Los yacimientos en general, se pueden clasificar en cuatro grupos principales:

- a) **Vetas.-** Yacimiento compuesto por un cuerpo mineral de forma alargada, limitado por planos irregulares de rocas denominadas “encajonantes”. Generalmente la veta es vertical. Cuando el cuerpo mineral aparece tendido o echado se le llama “manto”. Las vetas constituyen el tipo de yacimiento más común en nuestro medio.
- b) **Diseminado.-** Se llama así al cuerpo mineral que aparece en forma de hilos que atraviesan la roca en todas direcciones, o bien como puntos o motas de mineral que cubren grandes extensiones.

- c) **Aluvial.-** Es un yacimiento formado por el transporte de gravas, limo y minerales pesados de diferentes formas y tamaños, que están depositados en las arenas o lechos de los ríos o mares. Generalmente son de oro, tungsteno y titanio.

- d) **Contacto.-** Es un depósito mineral formado a lo largo del encuentro entre dos rocas de distinto origen, usualmente una de ellas es caliza.

1.1.4. Minería Subterránea

La minería tiene por objetivo extraer recursos minerales de la tierra. La minería subterránea, por su parte, abarca todas las actividades encaminadas a extraer materias primas depositadas debajo de la tierra y transportarlas hasta la superficie. El acceso a los recursos se efectúa por galerías y pozos que están comunicados con la superficie.

En la minería subterránea además de la extracción y el transporte, comprende las actividades de prospección y exploración, la dotación de infraestructura (conexión a la red vial, construcción de depósitos e instalaciones exteriores tales como oficinas administrativas, talleres, etc.) así como las medidas destinadas a garantizar la seguridad de los mineros.

Las condiciones de trabajo, incluidas la humedad ambiental, la temperatura del aire, la presencia de radiaciones nocivas o de gases explosivos, la presencia de agua, la formación de polvo y la emisión de ruido, dependen tanto del mineral como de la roca encajante, de la profundidad de la mina y del uso de maquinaria.

La ubicación de las explotaciones subterráneas depende siempre de la presencia de yacimientos de materias primas. La explotación subterránea se realiza en todas las zonas climáticas, tanto en lugares remotos como bajo grandes ciudades, en el fondo oceánico y en regiones montañosas.

1.1.4.1. Proceso de Extracción en Minería Subterránea

La metodología de la minería subterránea se encuentra en función a las normas estipuladas de las fases de actividad y que actualmente se está desarrollando en el lugar de la prospección del proyecto. El cual varía de acuerdo a las zonas mineralizadas (vetas o cuerpos del mineral) por lo que según las evaluaciones técnicas y económicas justifique la perforación de túneles y socavones para posibilitar su extracción.

“Las actividades o procesos que comprende este método de explotación según Capítulo VII Art. 27 (de las fases de la actividad) impuestas por el ARCOM comprenden las siguientes: Prospección, Solicitud de petitorio, Exploración, Desarrollo o Construcción, Explotación y extracción, Transporte y manipuleo de minerales, Beneficio, Fundición, Refinación, Comercialización y Cierre de Minas.”³

1.1.4.1.1. Prospección (estudio de las anomalías geológicas)

Es la actividad que consiste en la búsqueda de indicios de áreas mineralizadas, en ubicar las anomalías geológicas en la corteza terrestre, en donde posiblemente puedan existir depósitos o yacimientos minerales. Es determinar áreas de posible mineralización, por medio de indicaciones químicas y físicas, medidas con instrumentos y técnicas de precisión.

1.1.4.1.2. Solicitud de petitorio (permiso de funcionamiento)

Antes de efectuar trabajos más profundos hay que asegurar la propiedad minera, para lo cual se efectúa un “petitorio” en el Registro Público de minería. Este petitorio no significa propiedad del terreno superficial ni de los recursos del subsuelo, cuyo propietario es el Estado, el minero solo será propietario de los recursos minerales que extraiga de dicho yacimiento.

³ REGISTRO OFICIAL., Documento digitalizado Fases de actividad minera., Art 27., 2009., Pp. 7

1.1.4.1.3. Exploración

La exploración es la actividad que consiste en la determinación del tamaño y forma del yacimiento, así como de la cantidad (reservas) y de la calidad (ley promedio) del mineral existente. Pero también es necesario en esta actividad saber si el mineral es tratable, es decir si es posible recuperar económicamente su contenido metálico, para lo cual se realiza pruebas metalúrgicas de laboratorio.

La exploración constituye la primera etapa de un proceso productivo propiamente minero, cabe resaltar que esta actividad implica un alto riesgo, debido a que muchas veces no se encuentran depósitos minerales económicamente explotables.

1.1.4.1.4. Desarrollo o Construcción

En esta etapa se realizan actividades para establecer y perpetrar las instalaciones para la extracción, tratamiento y transporte de los recursos minerales estas instalaciones incluye infraestructura productiva, energética y vial que hagan posible la explotación. Es decir se diseña en el terreno la forma de cómo extraer el mineral estableciendo un determinado método de minado. Generalmente se basa en la preparación de tolvas, chimeneas de (relleno, ventilación), las galerías, los cruceros, rampas y conductos de ventilación, instalación de rieles para carros mineros entre otras labores.

1.1.4.1.5. Explotación y Extracción

Esta etapa comprende el conjunto de operaciones, trabajos y labores mineras destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento (perforación y voladuras del mineral). Es la primera operación en la preparación de una voladura.

1.1.4.1.5.1. Perforación

Su propósito es abrir en la roca o mineral huecos cilíndricos llamados taladros, destinados a alojar o colocar explosivo y sus accesorios en su interior. Para la perforación de la roca hay que tener en cuenta de los siguientes puntos:

a) **Tipos de perforación.-** Existen tres formas para la perforación en una minería:

- ❖ **Perforación Manual:** Se realiza mediante el empleo de un barreno usado (barreno chupado), con la finalidad de facilitar su extracción y rotación.
- ❖ **Perforación eléctrica:** Se realiza empleando energía eléctrica, que un generador lo provee y para ello se emplea una perforadora con un barreno helicoidal, que puede realizar taladros de hasta 90 cm de longitud, siendo el problema principal el sostenimiento de la perforadora para mantenerla fija en la posición de la perforación.
- ❖ **Perforación neumática:** Se realiza mediante el empleo de una perforadora convencional; usando como energía el aire comprimido y agua, para realizar huecos de diámetro pequeño con los barrenos integrales que poseen una punta de bisel (cincel) que se encarga de triturar la roca al interior del taladro en cada golpe que la perforadora da al barreno y mediante el giro automático hace que la roca sea rota en un círculo que corresponde a su diámetro; produciéndose así un taladro. Método utilizado para la perforación en esta zona minera.



FUENTE: BONILLA W., 2012

Foto 1.1.4.1.5.1-1 Modelo de perforación zona minera Tren de Oro.

b) Operaciones antes de la perforación.- Como el frente debe estar disparado hay que Ventilar la labor, para eliminar los gases de la voladura, desatado por las rocas (desquinchar), limpieza del material disparado, sostenimiento si es necesario.

Revisión del frente, para ver si hay tiros fallados, cortados o quemados, en caso de su existencia, recargar el taladro y disparar, nunca perforar al lado del taladro o en el mismo taladro.

c) Procedimiento para la perforación.- Para iniciar la perforación se debe verificar primero:

- La cantidad de aceite en la lubricadora.
- La cantidad de agua en la botella de agua.
- Que la perforadora esté apagada.
- Previamente se debe soplear la manguera de aire, para evitar que entre partículas a la perforadora.
- Empalmar las conexiones de agua y aire a la perforadora y a la botella de agua.
- Tener las válvulas de la perforadora cerrada.

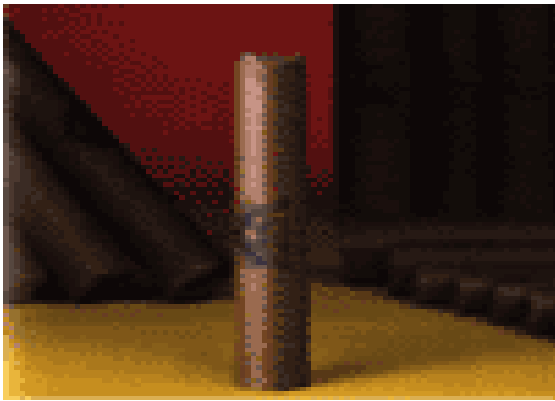
d) Técnica de perforación.- El Perforista (barrenador) para iniciar la perforación debe posicionarse a un lado de la perforadora, mientras que el ayudante de perforista debe estar pegado al frente agarrando el barreno para empatar en el punto indicado para la perforación.

El perforista una vez que el barreno empató (patero) debe abrir el agua, para evitar la producción del polvo. De vez en cuando debe soplear para eliminar el detritus del taladro. La barra de avance, la perforadora, el barreno y el taladro deben estar alineados en todo momento para evitar desviaciones en la perforación.

Cuando el barreno se planta no se debe usar la máquina perforadora para extraerlo, porque los accesorios de bronce del interior se malogran por el esfuerzo dando lugar al desgaste.

1.1.4.1.5.2. Voladura

Es una operación que consiste en el carguío de los taladros y el encendido de los mismos, consiguiendo de esta manera la rotura de la roca o mineral de la labor a volar. Para la voladura se requiere los siguientes materiales y accesorios: Explosivos (dinamita), Fulminantes, Conectores, Guía de seguridad, Fósforos ó Chispa, Cuchilla, Punzón para preparar el cebo, Atacador, Mecha rápida.



a. Dynamita



b. Guía con conectores y fulminante



c. Fulminantes



d. Conectores

Foto 1.1.4.1.5.2-1 Componentes básicos de un Explosivo

1.1.4.1.6. Transporte y/o Manipulación de minerales

Efectuada la voladura del mineral, es extraído de la mina hacia el exterior, para ello, se acumula y se carga en los diferentes medios de transporte de los que se disponen. El transporte puede ser mediante carros mineros, scoops, u otro tipo de equipo que se disponga.

1.1.4.1.7. Beneficio (Concentración o Procesamiento metalúrgico)

Consiste en un conjunto de procesos físicos, químicos y/o metalúrgicos a los que se someten los minerales producto de la explotación para elevar su concentración (porcentaje de contenido metálico) para hacer posible su venta, o prepararlo para el proceso posterior de fundición y refinación. Los procesos que integran la concentración son los siguientes: recepción de materiales, chancado, molienda, flotación, secado de concentrados.

1.1.5. Impactos ambientales de la Extracción de los recursos en una minería Aurífera.

La extracción, el procesamiento y el uso de cualquier recurso mineral pueden producir alteración del terreno, erosión y en especial contaminación al aire, suelo y agua. Después que se localizan depósitos económicamente productivos de minerales, se extraen por minado superficial o por minado subsuperficial, este último si el mineral se encuentra por debajo de la superficie terrestre.

La minería subterránea deja mucho del recurso en el suelo, y es tan peligrosa como la minería a cielo abierto. La minería subterránea puede provocar alteraciones como: derrumbos, enfermedades pulmonares (por explosión, y gas natural), y la formación del Drenaje ácido de mina (DMA) que ocurre cuando bacterias aeróbicas producen ácido sulfúrico a partir de minerales de sulfuro de Hierro existente en los desechos de las minas de algunos minerales metalíferos.

También los posibles impactos de la extracción subterránea incluyen el retiro del suelo y la vegetación, creación de polvo, emisiones de los equipos a diésel que trabajan en la superficie, ruido, vibraciones causadas por la voladura, gases desfogados (voladura, operaciones a diésel), descargas de agua contaminada de la mina (nitratos, metales

pesados, ácido, etc.), alteración de los acuíferos de agua freática, fracturas, inestabilidad o hundimiento de la tierra y obstáculos visuales.

1.1.5.1. Efectos ambientales al medio en una minería subterránea

La minería subterránea produce efectos ambientales en tres ámbitos distintos: en el depósito y las rocas adyacentes, en los espacios abiertos bajo tierra y en la superficie del terreno.

1.1.5.1.1. Efectos sobre el yacimiento y las rocas adyacentes

- ❖ **Explotación de recursos.-** El efecto ambiental más importante de la minería subterránea es la extracción de recursos naturales no renovables. Durante la extracción de materias primas se pierden recursos y se deterioran otras secciones del yacimiento. La mejor forma de contrarrestar estas consecuencias consiste en planificar cuidadosamente las operaciones de extracción, relleno con estéril, etc.
- ❖ **Modificación de las rocas adyacentes.-** La construcción del conjunto de galerías crea cavidades y causa tensiones y movimientos en la roca adyacente. Los efectos de la explotación sobre las rocas adyacentes incluyen: hundimientos y colapso de partes del techo de la mina.
- ❖ **Alteración del flujo de aguas subterráneas.-** La construcción de galerías subterráneas desestabiliza el régimen de aguas en la roca, debido a la creación de nuevos conductos de agua. El desagüe de minas (bombeo) puede provocar un descenso considerable del nivel freático, lo cual, además de otros efectos, puede degradar seriamente la vegetación en la zona afectada.
- ❖ **Deterioro de la calidad de las aguas subterráneas.-** La minería subterránea puede contaminar las aguas freáticas de diversas maneras. Las aguas de superficie provenientes de la lixiviación de terreros y de otras fuentes también pueden infiltrarse en las aguas subterráneas y alterar su calidad.

1.1.5.1.2. Efectos ambientales bajo tierra

El hombre, las máquinas, las rocas y el clima actúan conjuntamente en el medio subterráneo. Dado que el hombre suele ser el más afectado por esta interacción, debe darse prioridad a las cuestiones relacionadas con la seguridad y la salud de los mineros.

- ❖ **Aire.-** El clima bajo tierra está determinado por la temperatura elevada de las rocas y por su contenido en gases y líquidos, así como por la actividad minera en sí.

- ❖ **Ruido.-** El ruido es producido por motores de combustión interna, de aire comprimido e hidráulicos, por equipos de perforación y voladuras, así como por los medios de transporte (trenes, vehículos, cintas transportadoras, etc.) y ventiladores.

- ❖ **Polvo.-** La contaminación con polvo (por ejemplo, polvo de roca en minas de carbón) debe limitarse a fin de minimizar la incidencia de enfermedades, de las cuales la más peligrosa es la silicosis causada por la inhalación de partículas de sílice. El polvo es producido por la destrucción mecánica de rocas al barrenar, detonar, machacar, cargar y descargar el material.

- ❖ **Aguas de mina.-** Las actividades mineras alteran la calidad de las aguas de mina generando modificaciones como pH, sustancias inorgánicas solubles, sustancias inorgánicas insolubles (en suspensión), sustancias orgánicas (Aceite, grasa, lubricantes) y calor.

1.1.5.1.3. Efectos ambientales en la superficie del terreno

La comunicación entre las galerías y la superficie del terreno, la ventilación, el desagüe de minas, el transporte del material extraído así como la construcción de la infraestructura necesaria para la explotación minera producen efectos ambientales en la superficie del terreno. Además, se perciben en la superficie las vibraciones producidas por las voladuras y los movimientos de roca.

- **Aire.-** En caso de no filtrar el aire de escape de los piques y cuadros, éste puede contaminar la atmósfera y producir daños, especialmente en la vegetación circundante.
- **Agua.-** Las aguas de mina pueden ser en menor o mayor grado, especialmente si contienen minerales sulfurosos. Dichas concentraciones deben controlarse en el caso de que las aguas subterráneas se destinen al consumo humano o de que las aguas de mina se viertan en aguas superficiales.
 - Conviene determinar ante todo qué aniones y cationes están presentes en el agua de la mina y cuáles de ellos constituyen un posible riesgo para la salud humana debido a su grado de concentración en el agua y a su toxicidad. Es importante mencionar, además, que las escombreras de material extraído de explotaciones subterráneas pueden contener altas concentraciones de cloruros y de sulfatos.
- **Hundimientos.-** Los daños más importantes ocasionados por la minería subterránea en la superficie del terreno son los hundimientos. Estos incluyen asentamientos, desniveles, curvaturas, deslizamientos, así como el estiramiento y la compresión de la superficie.

1.1.5.2. Contaminantes más comunes de las aguas de mina.

La singularidad de cada empresa de minería así como el contexto ambiental de cada una determinará los principales problemas de contaminación de las aguas, que pueden ser de los tipos más variados.

Mientras que se pueden encontrar algunos contaminantes en prácticamente todas las minas, y otros también, son comunes a un conjunto de empresas con características similares, otros son muy particulares a determinado tipo de yacimiento o de proceso de beneficiado, entre ellos tenemos:

- a) **Ácidos.-** Provenientes del mismo yacimiento mineral o estéril cuando se producen minerales de sulfuros; las áreas de generación de drenaje ácido en minas incluyen la cava, las pilas de estéril y las áreas de disposición de desechos. La eventual contaminación de las aguas por ácidos puede también tener origen en el transporte y manipulación de ácidos empleados como reactivos en los procesos de beneficiamiento del mineral, por ejemplo la lixiviación ácida del mineral de oro.

- b) **Cianetos.-** Empleados en la lixiviación de mineral de oro. La eventual contaminación por cianetos puede producirse debido a vaciamientos de solución lixivadora, a infiltraciones en el suelo a partir de pilas de lixiviación o de las cuencas de neutralización o también durante el transporte del insumo, que es el caso que el evento contaminante puede producirse lejos de la mina.

- c) **Metales.-** Generalmente provienen del mismo mineral y por lo tanto pueden tener origen en la mina, en las pilas de estéril, en los patios de almacenamiento de mineral o concentrado, en las áreas de disposición de desechos o en cualquier otro componente de la mina.

La contaminación por metales se agrava en el caso de acidez de las aguas, pues la mayoría de ellos presenta mayor solubilidad con bajo pH. La presencia de metales está siempre asociada a la producción de drenaje ácido, pero evidentemente también puede acontecer independientemente de ella.

Cualquier metal presente en la corteza terrestre puede transformarse en un contaminante si fuera extraído, pero usualmente las regiones mineralizadas que presentan niveles de fondo elevados, en consecuencia las aguas superficiales y subterráneas, así como los sedimentos de corriente, contienen ya tenores substanciales de metal.

- d) **Sales.-** Diversos tipos de sales pueden encontrarse en los efluentes líquidos de minas, con origen en el propio substrato geológico o en reactivos. En cuencas de

desechos es relativamente común la acumulación de sales, principalmente en regiones de clima árido o semi-árido.

- e) **Compuesto de nitrógeno y fósforo.-** Provenientes del mineral o de productos utilizados en el beneficiamiento, como reactivos de flotación.

- f) **Drenaje Ácido de mina.-** La pirita es el peor villano de formación de ácido sulfúrico por la oxidación de sulfuros minerales principalmente la pirita (FeS_2). El H_2SO_4 induce la inestabilidad de muchos metales, la formación de las aguas ácidas en las minas subterráneas describen el proceso de oxidación de la pirita; debido a la facilidad con la que el aire entra en contacto con los sulfuros a través de las labores mineras (galerías y cruceros), por los poros existentes en las Canchas de Desmonte y el contacto de los depósitos de relave con la atmósfera.

1.1.6. Criterios de calidad de agua (Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes)

“Para la aplicación de los parámetros de control de las descargas de las aguas residuales generados en la perforación del suelo para la extracción del oro, se considerara dos criterios de calidad establecida en la norma de calidad del ambiente (TULAS) especificados en Libro VI, Tabla 3 y 12, los cuales son los más apropiados para el control de este tipo de descargas:”⁴

1.1.6.1. Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios

Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistema más asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

⁴ TULAS., Libro VI., Anexo I., Tabla 3;12., Pp. 301;331

1.1.6.2. Criterios generales para la descarga de efluentes:

1.1.6.2.1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua (Agua dulce)

La presente norma, establece los parámetros de descarga hacia los cuerpos de agua dulce, los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios, la Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca:

- La frecuencia de monitoreo.
- El tipo de muestra: Muestra simple, da las características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada. Muestra compuesta, formadas por mezclas de muestras individuales tomadas en diferentes momentos.
- El número de muestras a tomar.
- La interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la normativa.

A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados, ubicados para medición de caudales. Para la medición del caudal en canales o tuberías se usarán vertederos rectangulares o triangulares, medidor Parshall u otros aprobados por la Entidad Ambiental de Control.

La tubería o canal de conducción y descarga de los efluentes, deberá ser conectada con un tanque de disipación de energía y acumulación de líquido, el cual se ubicará en un lugar nivelado y libre de perturbaciones, antes de llegar al vertedero. El vertedero deberá estar nivelado en sentido perpendicular al fondo del canal y sus características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.

1.1.7. Disposiciones Técnico-Ambientales Específicas para Actividades de Explotación.

“Según el Registro Oficial N° 67., capítulo IX., Art. 84 (Sedimentos). En la explotación de placeres y lavaderos se evitará contaminar los cuerpos de agua por exceso de sedimentos,

por lo que el mantenimiento de los valores de fondo promedio especialmente en lo que tiene que ver a turbidez y metales pesados será fundamental en el plan de manejo ambiental y se lo realizará a través de una planificación apropiada de las operaciones, en las que se considere sistemas de sedimentación y de coagulación y floculación de ser el caso, tanto de extracción de material, de vertido de desechos, y de barrido de fondo, de tal forma que no se modifiquen o afecten los canales de los cuerpos de agua, ni los humedales o las áreas costaneras.”⁵

1.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1.2.1. Procesos de tratamiento del Agua Residual

Una vez establecido los objetivos de tratamiento para un proyecto específico, y revisado las normas a las que se debe ajustar el grado de tratamiento necesario, se puede determinar las etapas del proceso requerido en función de las características del efluente crudo con las exigencias del efluente correspondiente.

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse con procesos químicos, físicos y/o biológicos. Los métodos individuales suelen dividirse en:

- a) Procesos Físicos unitarios.-** Los métodos de tratamientos en los que predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como operaciones físicas unitarias. Puesto que la mayoría de estos métodos han evolucionado directamente a partir de las primeras observaciones de la naturaleza por parte del hombre, fueron los primeros en ser aplicados al tratamiento de las aguas residuales. El desbaste, mesclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son operaciones unitarias típicas.

- b) Procesos químicos unitarios.-** Los métodos en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos

⁵Suplemento Del Registro Oficial., Año I., Quito., 2009., N° 6., Pp. 46

o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Procesos como la precipitación, adsorción y la desinfección son ejemplos de las operaciones de aplicación más común en el tratamiento de las aguas residuales.

- c) **Procesos biológicos unitarios.**- Los de tratamiento en los que la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se conocen como procesos biológicos unitarios. La principal aplicación es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto coloidal, como en disolución.

1.2.2. Niveles de tratamiento del Agua residual

La selección de los procesos de tratamientos de aguas residuales o la serie de procesos, procesos y operaciones unitarias, dependen de un cierto número de factores, entre los que se incluyen:

- Característica del agua residual: DBO, materia en suspensión, pH, productos tóxicos, compuestos metálicos.
- Calidad del efluente de salida requerido.
- Coste y disponibilidad del terreno.
- Consideración de las futuras ampliaciones o de la previsión de límites de calidad de vertido más estricto, que se necesite en el diseño de tratamiento más sofisticado en el futuro.

Históricamente los términos “Pretratamiento” y, o “Primario” se referían a las operaciones físicas unitarias, el término “Secundario” a los procesos químicos y biológicos unitarios, y con el nombre de tratamientos Terciarios o Avanzado, a la fusión de los tres.

Por lo general estos términos son arbitrarios, y en muchos de los casos carecen de valor alguno. Un enfoque más racional consiste, en establecer el nivel de contaminación de

contaminantes (tratamiento) necesario antes de reutilizar o verterlos los efluentes residuales al medio ambiente.

Para la elección más apropiada del diseño del sistema de tratamiento del agua residual generado en la minería, hay que disponer y conocer a parte de nuestro conocimiento teórico, de factores indispensables que se dará a conocer a continuación:

- a) **Necesidad del propietario de la instalación.-** Estas pueden ser de diversa índole; razones de coste y facilidad de financiación del proyecto, posibilidades de explotación que requieran personal, preferencias en el tipo de procesos basados en la experiencia personal, preocupación por el desarrollo de procesos y equipos de constatada eficacia o por la innovación de procesos y las preocupaciones por los posibles impactos ambientales.
- b) **Experiencia previa.-** Cada vez se presta mayor atención al rendimiento de las plantas de tratamiento y a su fiabilidad en el cumplimiento estricto de los vertidos de las aguas residuales de minería. La experiencia previa en el proyecto y explotación en el sistema de tratamiento de los efluentes líquidos es importante en la selección del proceso de tratamiento, de manera que se conozca de manera realista las posibilidades y limitaciones de los diversos procesos.
- c) **Requisitos de la institución del control.-** Existen agencias e instituciones de control estatales y regionales que imponen condiciones para la obtención de licencias y permisos para el vertido de las aguas residuales, así que es necesario estudiar con detenimiento las limitaciones y requisitos establecidos por los organismos de control, incluidos los relacionados con la salud pública.
- d) **Análisis de costos.-** Un punto que merece gran atención en la elección y proyecto de alternativas de tratamiento de aguas residuales, es el coste no solo el coste inicial de construcción del sistema de tratamiento sino también los costes de control, extracción y mantenimiento. Debido que la pequeña minería o minería artesanal

muchas de las veces carece de fuentes de financiamiento lo que genera que muchos de los posos no disponen de un eficiente sistema de tratamiento.

- e) **Disponibilidad de Equipos.-** La disponibilidad de equipos es un aspecto importante en el proceso de proyecto debido a que es necesario disponer de equipos de repuestos en aquellos casos en los que los tiempos necesarios para hacer llegar las piezas de intercambio sean dilatados, y cuando el suministro de los equipos sea un punto crítico en el proceso de construcción.

- f) **Necesidad de personal.-** La elección de un proceso de tratamiento no solo debe tener en cuenta la cantidad de personal necesario para acometer las tareas ligadas a la explotación y mantenimiento de las instalaciones, sino también al nivel de preparación del mismo. Cuanto más sencillo y menos complejo sea el diseño del sistema de tratamiento concebido, menor será el nivel de preparación del personal necesario.

- g) **Necesidades energética y de recursos.-** Dado que la explotación de las instalaciones de tratamiento de aguas depende en la mayoría fuertemente de los recursos energéticos, es necesario abordar el estudio de las necesidades energéticas de cada planta de manera realista.

Hay que tener muy presente el medio y los recursos que nos brinda la naturaleza, en el cual se desarrolla la minería, ya que las aguas residuales generadas por las mismas desembocan en quebradas de vertientes antes de llegar al río que por procesos naturales nos ayudaran a minimizar las concentraciones altas de los efluentes líquidos. Lo que nos ayudara a un diseño de un sistema de tratamiento eficiente, menos costoso y que esté al alcance de la sociedad minera.

Por la necesidad y análisis de los diferentes factores antes mencionado se establece que uno de los mejores diseño del sistema de tratamiento se puede componer de un Pretratamiento: Cribado, Vertedero, Desarenador y Tratamiento primario: Sedimentador proceso que cumple con la demanda, exigencia, y objetivos del proyecto.

1.2.2.1. Pretratamiento del agua residual

El tratamiento preliminar constituye unas de las etapas más importantes de una planta de tratamiento de aguas residuales. El objetivo del pretratamiento es la remoción de los sólidos gruesos y sólidos inertes, los sólidos gruesos (basura, plásticos, ramas, trapos) y sólidos inertes (arena, partículas de tierra).

La importancia del pretratamiento es que si no se separan estos materiales en esta etapa, más adelante pueden obstruir cañerías, dañar equipos electromecánicos, ocupar espacio útil u ocasionar distorsiones en la unidad de tratamiento siguiente. Esta etapa del proceso puede comprender a los siguientes dispositivos: Tamizado, Compensación, Separación de aceites y grasas, Neutralización.

Debido a la inestabilidad, y la formación geológica donde se desarrolla la minería, su forma de extracción que se basa en la explotación y por ende en la fragmentación de la roca, la utilización de materiales inorgánicos necesarios para la actividad hace que sea indispensable la utilización de acondicionamientos previos.

1.2.2.1.1. Cribado

También llamado desbroce (rejillas de barras) se emplea para la reducción de sólidos en suspensión de tamaño distintos. La distancia o abertura de las rejillas dependerá del objeto (tipo de descarga) de las misma y su limpieza puede realizarse manual o mecánicamente. Las rejillas se clasifican de acuerdo con el modo de limpieza.

- a) **Rejilla simple de limpieza manual.**- En general son gruesos, tienen aberturas que pueden oscilar entre los 4 y 8 o 9 cm. Se usan como elemento de protección para evitar que sólidos de grandes dimensiones dañen los diferentes equipos mecánicos que intervienen en el proceso, razón por la cual son los más recomendados para efluentes de minería.

- b) **Rejillas mecanizadas, de limpieza mecánica, automática o no.**- Por lo general son finas tienen aberturas de 5 mm o menos. Generalmente están fabricadas de mallas metálicas de acero o en base a placas o chapas de acero perforadas, exigen

un mantenimiento cuidadoso, siendo adoptadas solo cuando las instalaciones presentan características que justifican su empleo o cuando el caudal afluente final sea igual o superior a 250 L/s. Su utilización es muy limitada debido al atascamiento que se puede generar, por el lugar y características de los efluentes líquidos de una minería.

1.2.2.1.1.1. Espaciamiento entre las barras

El espaciamiento útil entre las barras se escoge en función del tipo de material que se quiere retener y de los equipos que se quiere proteger. Puede clasificarse así:

- ❖ **Rejillas gruesas:** se instalan aguas arriba de las bombas de grandes dimensiones, turbinas, etc., y casi siempre proceden rejillas comunes.
- ❖ **Rejillas medias:** con menor espacio entre las barras, se usan comúnmente en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- ❖ **Rejillas finas:** se emplea cuando están bien determinadas las características de las aguas negras a tratar.

A continuación se presenta datos para el dimensionamiento del sistema de rejillas:

TABLA 1.2.2.1.1.1-1

Tipo	Espaciamiento entre rejillas	
	Pulgadas (in)	Milímetros (mm)
Gruesa	Por encima de 1 1/2	40 a 100
Media	3/4 a 1 1/2	20 a 40
Fina	3/8 a 3/4	10 a 20

FUENTE: AZEVEDO N. / HESS., 1973

TABLA 1.2.2.1.1-2

Sección transversal rectangular de las barras.

Tipo de rejilla	Espesor /Espaciamiento	
	mm x mm	in x in
Gruesa	10 x 50	3/8 x 2
Gruesa	10 x 60	3/8 x 2 1/2
Gruesa	13 x 40	1/2 x 1 1/2
Gruesa	13 x 50	1/2 x 2
Media	8 x 50	5/16 x 2
Media	10 x 40	3/8 x 1 1/2
Media	10 x 50	3/8 x 2
Fina	6 x 40	1/4 x 1 1/2
Fina	8 x 40	5/16 x 1 1/2
Fina	10 x 40	3/8 x 1 1/2

FUENTE: AZEVEDO N. / HESS., 1970

1.2.2.1.1.2. Eficiencia del sistema de rejillas

Se puede determinar la eficiencia de sistema de rejilla tomando encuentra la siguiente tabla:

TABLA 1.2.2.1.1.2-1

Eficiencia de las rejillas en función del espesor y espaciamiento de las barras.

Espesor de las barras (t_c)	Eficiencia: valores de (E)			
	$A_c = 3/4''$ (20 mm)	$A_c = 1''$ (25 mm)	$A_c = 1 1/4''$ (30mm)	$A_c = 1 1/2''$ (40 mm)
1/4'' (6 mm)	0.750	0.800	0.814	0.857
5/16'' (8mm)	0.706	0.768	0.803	0.826
3/8'' (10mm)	0.677	0.728	0.770	0.800
7/16'' (11mm)	0.632	0.696	0.741	0.774
1/2'' (13mm)	0.600	0.667	0.715	0.755

FUENTE: AZEVEDO N., MANUAL DE HIDRAULICA., 1973

1.2.2.1.1.3. Inclinación de las barras

“De acuerdo con el tipo de limpieza, manual o mecanizado, las rejillas presentan una inclinación de las barras bastantes definidas:

- **Limpieza manual:** 45° 60° con la horizontal.
- **Limpieza mecánica:** 60° a 90° con la horizontal (más usual de 75° a 85°).

Existen ciertas instalaciones que adoptan rejillas instaladas verticalmente. Sin embargo, las rejillas inclinadas presentan mejor rendimiento, ya que la inclinación evita que el material arrastrado por el rastrillo de limpieza se desprenda con facilidad y retome al canal de llegada.”⁶

La sección de escurrimiento se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 1.2.2.1.1.3-1

Rejilla de limpieza manual		
Característica	Rango	Comentario
Velocidad mínima	0.15 – 0.6	Necesario para evitar acumulación de arena en el lecho del canal
Velocidad de aproximación(máxima)	0.6 – 1.2	Provocarían el arrastre de materiales que deberían ser retenidos

FUENTE: AZEVEDO N. / HESS., 1970

⁶ METCALF / EDDY., Tratamiento, Vertido, y Reutilización., 1995., Pp. 510

Esos caudales deben verificarse para los caudales mínimos, medios y máximos. Debe procurarse mantener una velocidad de escurrimiento alrededor de 0,20 m/s, con tolerancia de más o menos 20 %.”⁷

Una vez que se determina la forma, la sección transversal y el espaciamiento de las barras de las rejillas, se calcula el ancho, largo, área del canal, ya que la altura de la lámina del agua se determina por el nivel de la unidad subsecuente y por la pérdida de carga.

1.2.2.1.2. Desarenador

Son unidades destinadas a retener la arena y otros residuos minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas residuales. Los mismos que son tanques de sedimentación diseñados para remover material no putrescible que puede causar abrasión en canales o bombas, y ocasionar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento.

1.2.2.1.2.1. Tipos de Desarenadores

Tres clases de desarenadores son los más utilizados:

- a) **Desarenadores de flujo horizontal.**- El agua a tratar pasa a través de la cámara en dirección horizontal y la velocidad lineal del flujo se controla con las dimensiones del canal, ubicando compuertas especiales a la entrada para logra una mejor distribución del flujo, o utilizando vertederos de salida con secciones especiales.

- b) **Desarenadores cuadrados de flujo horizontal.**- Se han usado desde la década de 1930. El caudal afluyente a la unidad se distribuye por toda la sección transversal mediante una serie de compuertas de deflectores y fluye a través del mismo hasta rebosar por un vertedero de descarga libre.

⁷ VALDEZ E., Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento., 2001., Pp. 245

Los desarenadores cuadrados de flujo horizontal se diseñan con base a la carga superficial, que depende del tamaño de partícula y de la temperatura del agua residual.

- c) **Desarenadores Aireados.-** La arena se mueve en un desarenador aireado por causa del movimiento en espiral que realiza el agua residual. Debido a su masa las partículas de arena se aceleran y abandonan las líneas de flujo, hasta que en ultimas alcanzan el fondo del tanque, ya que el flujo en espiral es un campo con aceleración variable inducido por el aire inyectado.

1.2.2.1.2.2. Componentes de un Desarenador

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas:

a) **Zona de entrada**

Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.

b) **Zona de desarenación**

Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

c) **Zona de salida**

Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.

d) **Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada**

Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

1.2.2.1.2.3. Criterios de diseño de un desarenador

Las partículas removidas de acuerdo con su gravedad específica. Si la velocidad es excesiva, las partículas de arenas serán arrastradas fuera del desarenador, por otra parte a

velocidades bajas se promueve la remoción de material orgánico particulado. Con un ajuste apropiado de las condiciones de operación es posible obtener 100% de remoción para un tamaño de partícula determinado y conseguir arena muy limpia.

La sección transversal se diseña para crear un flujo en espiral, por eso incluye un canal colector de arena de unos 0,4m de profundidad, con paredes laterales muy inclinadas ubicado a lo largo del fondo del tanque, por encima del fondo del tanque, para mejorar la eficiencia en la remoción de arenas se recomienda ubicar deflectores tanto a la entrada como a la salida y así ejercer un control hidráulico sobre el elemento. Dependiendo de la cantidad y tipo de agua residual a tratar se debe considerar dos parámetros importantes:

1.2.2.1.2.3.1. Número de unidades y derivación

El número de unidades mínimas de desarenadores en paralelo puede ser:

- De 2 unidades en paralelo para efectos de mantenimiento.
- En caso de caudales pequeños se podrá contar con una sola unidad que debe contar con un canal de baipás para efectos de mantenimiento.

1.2.2.1.2.3.2. Velocidades en los desarenadores

“En los canales de remoción de arena, la velocidades recomendada es 0,20 m/s, velocidad inferiores a 0,10 m/s causan la deposición de cantidades relativamente grandes de materia orgánica (deposición de lodo), y velocidades superiores a 0,30 m/s permiten el paso de partículas de arenas que no convienen a las demás unidades de tratamiento.

La velocidad de paso de salida debe ser pequeña para causar menor turbulencia y arrastrar menor material (Krochin, $V=0,1\text{m/s}$). En la siguiente tabla se presenta valores prácticos para la velocidad de sedimentación, en función del tamaño de las partículas, para granos de arena de peso específicos igual a 2,65 g/mol, a 20 C en aguas mansas.”⁸

⁸AMERICAN WATER WORKS., Calidda y Tratamiento de Agua., 2002., Pp. 140

TABLA 1.2.2.1.2.3.2-1
Velocidad de sedimentación, en función del diámetro de las partículas

Tamaño de las partículas (mm)	Formula de Allen (cm/s)	Valores prácticos (cm/s)
1,0	8,5	10,0
0,5	4,3	5,0
0,3	2,6	4,3
0,2	1,7	2,4
0,1	0,9	0,9

FUENTE: AZEVEDO N. / HESS., 1970 (ADAPTADO)

Para el diseño del tanque de desarenación se debe considerar el cálculo de las siguientes condiciones de diseño:

- Profundidad de la lámina de agua
- Largo del desarenador
- Área del desarenador
- Ancho del desarenador
- Volumen del tanque del desarenador

La siguiente tabla nos indica parámetros que se pueden considerar para el diseño del tanque de desarenador.

TABLA 1.2.2.1.2.3.2-2
Información usual para el diseño de un desarenador para flujos pequeños

Característica	Unidad	Intervalo	Valor usual
Tiempo de recorrido para caudal pico	<i>s</i>	2 – 5	3
Velocidad de flujo	<i>m/s</i>	0,10 – 0,30	0,20
Altura de difusores	<i>m</i>	0,45 – 0,6	0,6
Canal colector de lodos inclinación	<i>m</i>	0,30 – 0,70	0,40

FUENTE: WEF., 1992 (ADAPTADO)

El caudal en una planta de tratamiento de aguas residuales varía continuamente, pudiendo alterar, en consecuencia la altura de la lámina de agua en el canal del desarenador. Para mantener la velocidad dentro de los límites deseables, se puede controlar a través de dispositivos como vertederos (sutro) o canales de Parshall (garganta). Lo cual evitará turbulencia en el proceso de sedimentación de las partículas al ingreso a la etapa de tratamiento primario.

1.2.2.1.3. Vertedero

Son sistemas que tienen la capacidad de regular y controlar el flujo de un fluido durante la circulación hacia un proceso posterior o para la evacuación de sistema de proceso.

1.2.2.1.3.1. Tipo y sección de vertederos

A pesar de existir varios tipos de vertederos, la opción ideal para este tipo de fluido es la Canaleta de Parshall, por lo que la sección del canal del desarenador será rectangular, mediante la utilización de un resalto en Z.

TABLA 1.2.2.1.3.1-1
Ecuación y sección de vertederos

Vertedero	Ley de variación	Forma ideal de la sección del canal	Sección práctica
Sutro	$Q = KH$	Parabólico	Rectangular
Parshall	$Q = KH^n$	Rectangular	Trapezoidal
Rectangular	$Q = KH^{1,5}$	Parabólico	Trapezoidal

FUENTE: AZEBEDO N. / HESS., 1970

1.2.2.1.3.2. Dispositivo para la medición de caudales

a) Tipos de medidores

Existen una gran variedad de dispositivos destinados a medir los caudales de las aguas residuales. Los principales tipos de medidores usados son los canales parabólicos, los vertederos proporcionales, las canaletas de Parshall, el medidor Venturi, el medidor Palmer.

b) Principales ventajas de los medidores de caudal

Los dispositivos de medición de caudal son fundamentales en cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales. Las principales ventajas de la medición de caudal en sistemas de sedimentación son:

- Determina la carga hidráulica en un proceso.
- Suministra los datos básicos para la determinación del modo de operación del sistema, como la operación en serie o en paralelo, el tiempo de detención y la profundidad adecuada de funcionamiento.
- Es necesario para estimar las cantidades de DBO_5 y SS en Kg/día obtenidas en los análisis de laboratorio.
- Es muy importante para estimar la dosificación de químicos. Los caudales del efluente se miden para evaluar sus efectos en los cuerpos receptores.

1.2.2.1.3.3. Medidor de Parshall

Es una estructura hidráulica que permite medir y controlar la cantidad de agua que pasa por una sección determinada. Es un medidor de régimen crítico, constan de cuatro partes principales:

- Transición de entrada
- Sección convergente
- Garganta
- Sección divergente.

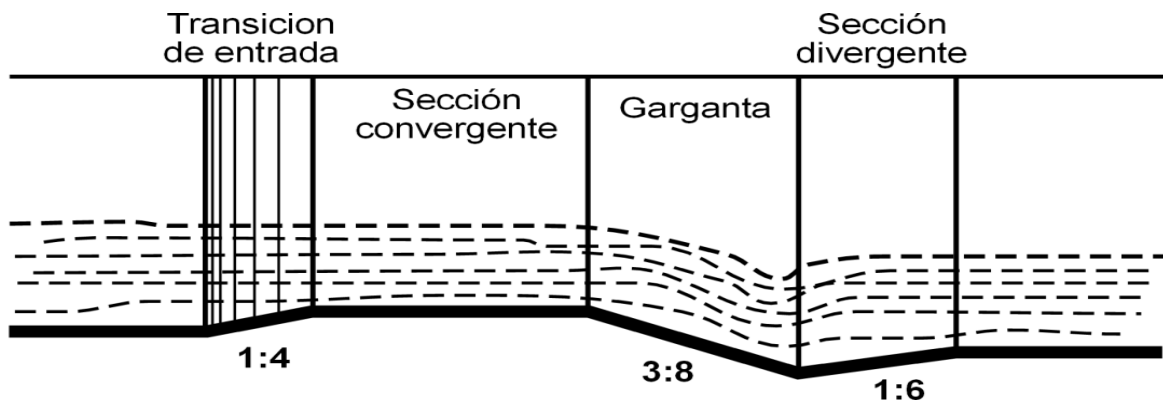


Figura 1.2.2.1.3.3-1 Partes del Medidor de Parshall

Para su fabricación en los medidores Parshall se utilizado muy diversos materiales pudiéndose fabricar de láminas de metal o madera y muy recientemente de fibra de vidrio. También se pueden construir directamente sobre el terreno con el uso de elementos de mampostería como ladrillos y bloques de concreto y algunos casos fundidos con concreto reforzados para mayor durabilidad.

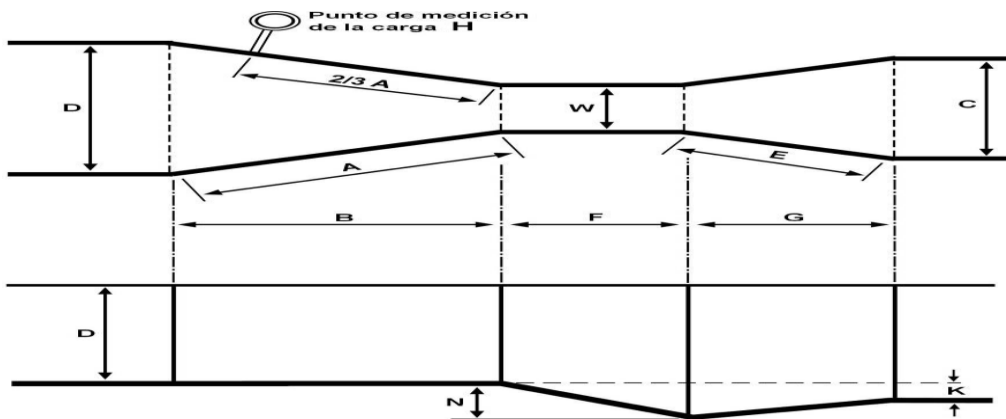


Figura 1.2.2.1.3.3-2 Dimensiones del Medidor de Parshall (Azevedo N., 1998)

TABLA 1.2.2.1.3.3-3

Medidores Parshall con escurrimiento libre: límites de aplicación

W		Capacidad (L/s)	
(pul)	(cm)	Mínima	Máxima
3	7,6	0,85	53,8
6	15,2	1,52	110,4
9	22,9	2,55	251,9
1	30,5	3,11	455,6
1 ½	45,7	4,25	696,2
2	61,0	11,89	936,7
3	91,5	17,26	1426,3
4	122,0	36,79	1921,5
5	152,5	62,8	2422
6	183,0	74,4	2929
7	213,5	115,4	3440
8	244,0	130,7	3950
10	305,0	200,0	5660

FUENTE: AZEVEDO N. / ACOSTA G., 1998., Pp. 474

W= sección o garganta contraída

TABLA 1.2.2.1.3.3-4
Medidor Parshall: valores del exponente y del coeficiente K

W		n	K	
(pul)	(cm)		Unidades métricas	Unidades Americanas
3	0,076	1,547	0,176	0,0992
6	0,152	1,580	0,381	2,06
9	0,229	1,530	0,535	3,07
1	0,305	1,522	0,690	4,00
1 ½	0,457	1,538	1,054	6,00
2	0,610	1,550	1,426	8,00
3	0,610	1,556	2,182	12,00
4	1,220	1,578	2,935	16,00
5	1,525	1,587	3,728	20,00
6	1,830	1,595	4,515	24,00
7	2,135	1,601	5,306	28,00
10	2,440	1,606	6,101	32,00

FUENTE: AZEVEDO N. / ACOSTA G., 1998., Pp. 476

Ha = profundidad en relación con la cresta, obtenida en el piezométrico situado a 2/3 del largo A del convergente, contando esa distancia a lo largo de la pared del convergente de abajo hacia arriba, a partir de la sección extrema de abajo del convergente.

Las dimensiones aproximadas para los medidores Parshall con ancho nominal W, pueden determinarse mediante la tabla presente en el Anexo VII las mismas que presentan dimensiones estándar de medidores de Parshall.

1.2.2.2. Tratamiento primario

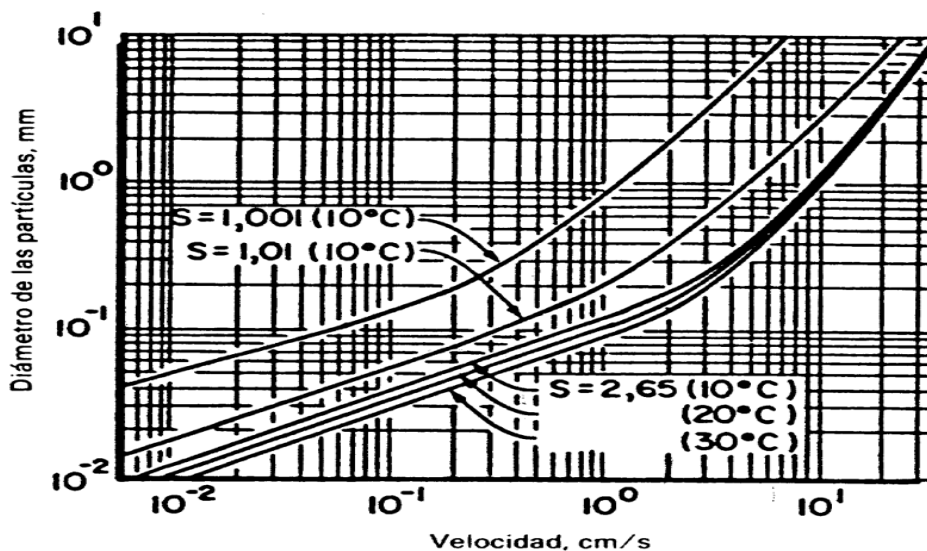
El objetivo en esta etapa es la remoción física de los sólidos en suspensión y materia orgánica. Los métodos para llevar a cabo esta etapa son:

- ❖ **Flotación:** separación de la materia suspendida. Se utiliza principalmente para lograr el espesamiento de suspensiones de barros químicos o biológicos.

- ❖ **Coagulación:** es el proceso de adición de reactivos químicos para producir la desestabilización de las partículas coloidales.
- ❖ **Floculación:** consiste en la aplicación de agitación suave a la corriente que ha sido sometida a una etapa de coagulación, para promover el contacto entre las partículas y posterior formación de partículas mayores.
- ❖ **Sedimentación:** remoción de las partículas sedimentables, granulares y floculantes por la acción de la gravedad.

1.2.2.2.1. Tanque de sedimentación

Si todos los sólidos presentes en el agua residual fueran partículas discretas de tamaño, densidad, peso específico y forme uniforme, la eficiencia de eliminación de estos sólidos dependería solamente área superficial del tanque y del tiempo de retención. En tal caso, suponiendo que las velocidades de circulación horizontales se mantuvieran por debajo de las de arrastre, la profundidad del tanque tendría poca importancia. La relación entre los diámetros de las partículas y la velocidad V_s , se puede observar en la siguiente figura.



FUENTE: RAMALHO R., 1983

Figura 1.2.2.2.1-1 Relación entre velocidad de sedimentación y diámetro de partículas

Siempre que un líquido que contenga sólidos en suspensión se encuentra en estado de relativo reposo, los sólidos de peso específico superior al del líquido tenderán a depositarse en el fondo, y los de menor peso específico a ascender.

Estos principios básicos se emplean para el análisis y diseños de los tanques de sedimentación utilizados en el tratamiento de aguas residuales. La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables y del material flotante y, por lo tanto, reducir el contenido del sólido en suspensión del agua tratada.

1.2.2.2.1.2. Componentes básicos de un sedimentador

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas.

a) Zona de entrada

Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

b) Zona de sedimentación

Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.

c) Zona de salida

Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

d) Zona de recolección de lodos

Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

1.2.2.2.1.3. Factores que afectan un Diseño en los tanques de Sedimentación

Los diseños para estanques de sedimentación se han basado principalmente en la experiencia, el criterio de ingeniería y en el estudio del diseño de plantas ya existentes que tratan aguas similares. Sin embargo deben considerarse los puntos siguientes, aparte de la estructura misma:

- a) **Capacidad de la planta.-** El aspecto más importante en la relación con la capacidad con una planta es su ritmo máximo de operación. Los estanques de sedimentación deberán diseñarse de manera que no haya alteración de la calidad del agua asentada durante el periodo de mayor trabajo.
- b) **Tipo de tratamiento y caracteres del agua.-** La naturaleza de las materias en suspensión, tratamiento químico que se requiere para coagular el agua, los cambios en la cantidad de materias en suspensión y los efectos en la temperatura son algunos de los factores de los diseños en los estanques de sedimentación.
- c) **Números de estanques.-** La consideración más importante en la elección de un número determinado de estanques son:
 - ❖ El efecto sobre la producción de agua si uno de los estanques queda fuera de servicio. Cuál es el tamaño más grande que se espera que produzca resultados satisfactorios.
- d) **Tamaño y forma de los estanques.-** Las formas más comunes para los depósitos de sedimentación son: rectangular, cuadrada, circular. La selección de determinada forma para una planta en particular depende de la superficie disponible, de su relación con la estructura vecina y de las teorías y la experiencia del ingeniero que lo diseña, la mayoría tienen forma rectangular y están hechos de concreto armado.
- e) **Dispositivos de entrada del agua.-** El objeto de las bocas de entrada es distribuir uniformemente el agua que entra del proceso anterior y en la sección transversal de

cada depósito de sedimentación, así evitar un corto circuito a través del depósito. Entre los más conocidos tenemos los vertederos, deflectores

- f) **Dispositivos intermedios.-** El empleo en los depósitos de sedimentación para reducir la formación de cortos circuitos y mejorar la eficacia de asentamiento es carácter común de muchas plantas.

- g) **Dispositivos de salida.-** El agua que sale del estanque de sedimentación debe recogerse uniformemente a lo ancho del depósito para evitar altas velocidades y el consiguiente levantamiento de lodos. En los depósitos rectangulares, pueden construirse vertederos a través del estanque y disponer de ranuras o portillos de salida.

- h) **Período de retención.-** El tiempo que se necesita teóricamente, para que una unidad de volumen de agua recorra un estanque de sedimentación se llama “Periodo de Detención”. Es el tiempo requerido para llenar el depósito con un gasto dado y se calcula dividiendo el volumen del estanque por el gasto, el periodo de detención debe distinguirse del “tiempo de recorrido” que es el tiempo mínimo necesario para que una partícula de agua atraviese el depósito.

- i) **Almacenamiento de cieno y limpieza.-** Si el lodo se quita continuamente, debe considerarse el espacio que se resta al volumen del depósito para la acumulación del lodo entre las operaciones de limpieza.

Los estanques de sedimentación que no están equipados mecánicamente para la extracción deben tener el fondo inclinado, de modo que cuando se vacían para su limpieza la mayor parte del sedimento se escurre con el agua.

1.2.2.2.1.4. Parámetros usuales para el diseño de tanques de sedimentación

La siguiente tabla presenta información típica del tiempo de retención más adecuado en el diseño de tanques de sedimentación, para caudales pequeños.

TABLA 1.2.2.2.1.4-1
Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria

Características	Intervalo	Típico
Sedimentación primaria:		
Tiempo de retención, h	1,5 – 2,5	2
Carga de superficie, m ³ /m ² *día		
A caudal medio	30 – 50	40
A caudal punta	80 – 120	100
Carga entrada del vertedero, m ³ /m ² *día	25 – 45	30
Sedimentación primaria con adición de lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención, h	1,5 – 2,5	2
Carga de superficie, m ³ /m ² *día		
A caudal medio	24 – 32	28
A caudal punta	48 – 70	60
Carga sobre vertedero m ³ /m ² *día	125 – 500	250

FUENTE: METCALF / EDDY., 1996

1.2.2.2.1.5. Placas de asbesto cemento

“Las placas de asbesto cemento cuyo tamaño normal han sido sin lugar a duda el material más comúnmente utilizado por su bajo costo, resistencia a la corrosión y su disponibilidad. Inicialmente se usaron láminas de 10 mm de espesor pero después se vio que eran adecuadas las de 6 mm a 8 mm siempre y cuando hayan sido fabricados con fibra de asbesto largo de las placas 1,0 - 3,40 m de largo, alto 0,70 – 1,80 m.

Lateralmente la lámina de asbesto-cemento de 6 mm se pandea hasta producir una flecha mayor de 5 cm al ser colocado con una inclinación de 60°, cuando está soportado solo en sus dos extremos y el pandeo es aún mayor cuando el ángulo es de 45°. Para evitar se suele colocarse uno o dos separadores al centro de las placas de forma que se apoyen unas sobre las otras y eviten así una deflexión excesiva.”⁹

Estos separadores o soportes se han hecho en algunos casos con listones de maderas o de metal según el espaciamiento, espesor, largo y altura de las placas, como también del tipo de caudal contaminado a tratar. El proceso de lavado y mantenimiento de una placa

⁹PÉREZ ARTURO P., Tratamiento de Aguas., 1997., Pp. 132

horizontal en un sedimentador es bastante complejo, por ello diversos investigadores propusieron inclinar las placas, lo cual favorece el proceso.

Según el sentido del flujo, existen dos tipos de decantadores de placas: de flujo ascendente y de flujo horizontal. En este trabajo se estudiara solo el decantador de flujo ascendente, en los cuales, el fluido entra por la parte inferior de la unidad (debajo de las placas) y asciende a través de ellas, para posteriormente ser evacuado al proceso siguiente.

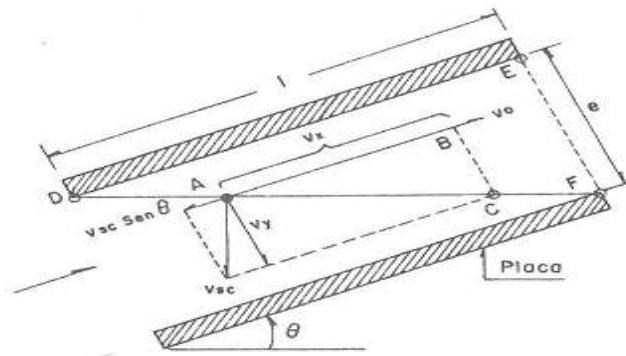


Figura 1.2.2.2.1.5-1 Flujo entre placas paralelas en un Sedimentador (Pérez., 1997)

1.2.2.3. Tratamiento secundario

Se define como la combinación de diferentes procesos, normalmente para la eliminación de estos constituyentes. El tratamiento de las aguas residuales está encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Los sistemas biológicos utilizados a nivel industrial que se aplican por lo general como tratamiento secundario pueden ser de tipo Aerobio y Anaerobio.

1.2.2.4. Tratamiento terciario

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes como: minerales, aniones, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Entre los más conocidos tenemos: Intercambio iónico, Adsorción.

1.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

1.3.1. Determinación de los parámetros de muestreo del agua de mina

1.3.1.1. Volumen de la muestra

Es la capacidad de almacenamiento de un recipiente de medición.

$$V_i = \frac{V}{n Q_{med}} Q_i \quad \text{Ec. 1.3.1.1-1}$$

Dónde:

V_i = Volumen individual de cada muestra, L

V = Volumen total de la muestra, L

Q_{med} = Caudal medio, L/s

Q_i = Caudal instantáneo, L/s

n = Numero de muestras que deben ser mezcladas

Aplicable para determinación del volumen requerido para análisis de muestreo compuesto, medición de caudales para muestreo simple o compuesto (flujo intermitente de muestra de tipo compuesta).

1.3.2. Parámetros de diseño del canal del Sistema de rejillas

1.3.2.1. Detalles de los sistemas de rejillas.

Las rejillas pueden ser de dos formas mecánicas o manuales pero deben contener un sistema de derivación, para un eventual mantenimiento.

1.3.2.2. Área del canal

Es la superficie total por donde se distribuye un fluido. Es la suma de las áreas ocupadas por las barras, más el área útil de los espacios y se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_c = A_u \frac{a_c + t_c}{a_c} \quad \text{Ec. 1.3.2.2-1}$$

Dónde:

S_c = Área total del canal, m^2

A_u = Área útil entre las barras, m^2

a_c = Espacio entre las barras, m

t_c = Espesor de la barra, m

La Ec. 1.3.2.2-1 también puede escribirse así:

$$S_c = \frac{A_u}{\frac{a_c}{a_c + t_c}} \quad \text{Ec. 1.3.2.2-2}$$

Según la Tabla 1.2.2.1.1.2-1 la Ec. 1.3.2.2-2 puede modificarse y nos queda la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{A_u}{E} \quad \text{Ec. 1.3.2.2-3}$$

Dónde:

E = Eficiencia de la rejilla.

Utilizada comúnmente para transporte de fluidos de perfil de velocidades bajas, sistemas de transporte rectangular específicamente tuberías de concreto. Casos especiales puede utilizarse para variación de flujo de sistema Isotermal y continuo.

1.3.2.3. Área útil

Es el espacio teórico (área mojada) mínimo de superficie que ocupa el agua en una sección perpendicular, necesaria para el escurrimiento del fluido hacia el sistema de rejillas:

$$Q_{m\acute{a}x} = V \times A_U \quad \text{Ec. 1.3.2.3-1}$$

Dónde:

V = Velocidad teórico, m/s (evitar turbulencia, $V = 0,2 m/s$)

$Q_{m\acute{a}x}$ = Caudal máximo, m^3/s

Aplicable para fluidos de velocidades bajas, sistemas de transporte rectangular y variación de fluido continuo.

1.3.2.4. Longitud del canal

Es la distancia total del canal, por donde recorre un fluido está dado por la ecuación de la Continuidad:

$$L = \frac{Q_{max}}{S_T} t \quad \text{Ec. 1.3.2.4-1}$$

Dónde:

L = Largo longitudinal del canal, m

t = Tiempo de recorrido(s); normalmente, considérese $t = 5s$

Aplicable para flujo por el interior de tuberías rectangular, para sistemas de tuberías de concreto con mínima variación de caudal.

1.3.2.5. Profundidad del canal

Es la altura máxima de la distancia vertical de la sección del canal rectangular en el cual se produce la dinámica del fluido.

$$h = \frac{S_T}{b} \quad \text{Ec. 1.3.2.5-1}$$

Dónde:

h = Altura del canal, m (aumento de Tirante de 1,7 % según Azevedo N.)

b = Ancho del canal, m

Aplicable para el cálculo específicamente de canales abiertos rectangulares, para materiales (concreto acero madera, hierro). Considerando siempre un aumento en la profundidad del canal debido a la variación “Tirante Crítico” (relación de flujo entre el régimen lento y rápido) aumento que depende de acuerdo a la cantidad de caudal a tratar.

1.3.2.6. Radio hidráulico.

Es el espacio total o la relación entre el área mojada y el perímetro mojado. Las expresiones para su cálculo son en función de la forma geométrica de la sección transversal del canal.

$$R_h = \frac{bxh}{b+2h} \quad \text{Ec. 1.3.2.6-1}$$

Dónde:

R_h = Radio hidráulico, m .

Aplicable para el cálculo de pérdidas de cargas en canales abiertos de sección rectangular.

1.3.2.7. Velocidad de sedimentación (real) a través del canal.

Es el movimiento de las partículas de un fluido a través de las paredes de un canal, está relacionado entre el caudal máximo de entrada en función del área del canal. Mediante la Ecuación de Manning (1889).

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2} \quad \text{Ec. 1.3.2.7-1}$$

Dónde:

V = Velocidad, m/s

n = Coeficiente de Manning (0,013 para canales de hormigón)

R = Radio hidráulico, m

S = Gradiente hidráulico, m/m

Aplicable para el cálculo de flujos de caudales uniformes y fluidos de sistemas isotermales y para el cálculo hidráulico de velocidades de canales abiertos y tuberías.

La velocidad mínima de paso a través del sistema de rejilla se estima en función de la Ecuación de la Continuidad:

$$v = V \times E \quad \text{Ec. 1.3.2.7-2}$$

Dónde:

v = Velocidad mínima a través de rejillas, m/s

Aplicable para variación de fluidos de sistema isotermal, para flujo por el interior de tuberías rectangular de concreto y machihembrado con variación de caudal uniforme.

1.3.2.8. Número de Barras.

Es la cantidad requerida de rejas para la retención de materia. Para determinar el número de barras se puede usar la siguiente ecuación:

$$N^\circ = \frac{b - t_c}{t_c - a_c} \quad \text{Ec. 1.3.2.8-1}$$

Dónde:

N° = Número de barras

Aplicable para evitar el flujos de fluido con alta concentración de material particulado orgánico e inorgánico.

1.3.2.9. Perdida de cargas en la rejilla

Corresponde a la resistencia ofrecida al pasar el agua a través de la rejilla de barras. Por tanto, podemos considerar los valores prácticos obtenidos por la fórmula de (Metcalf & Hedí 1991).

$$h_f = \frac{1}{0,7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right) \quad \text{Ec. 1.3.2.9-1}$$

Dónde:

h_f = Pérdida de carga, m

0,7= Coeficiente empírico que incluye los efectos de la turbulencia y de las pérdidas por formación de remolinos.

g = Aceleración de la gravedad, m/s

Las pérdidas de cargas producidas que se obtienen mediante esta ecuación solo son aplicables en el caso de que las rejillas estén limpias. La obstrucción de las rejillas incrementa las pérdidas de cargas.

1.3.3. Parámetros de diseño del Vertederos

1.3.3.1. Profundidad de la lámina de agua

La profundidad de la lámina conocida como película descendente caracterizado por tener viscosidad constante según su caracterización y variación para un caudal máximo, medio y mínimo. Se determina de Tabla 1.2.2.1.3.3-2 que corresponde a la ecuación de Parshall de tipo Exponencial, generalizada por Ralph L. Parshall:

$$Q = KH^n \qquad \text{Ec. 1.3.3.1-1}$$

Dónde:

Q = Caudal, m^3/s

K = Coeficiente en función de la garganta del medidor Parshall, m

n = Coeficiente adimensional, en función de la garganta del medidor de Parshall.

Aplicable para medición y control de fluidos con régimen crítico, para medición y control de caudales en canaletas de riego y de aguas residuales con viscosidad constante.

1.3.3.2. Resalto

Es la máxima variación de flujo en el proceso de sedimentación, el cual permitirá que la variación de la velocidad sea tolerable. A partir de la ecuación del Vertedero, se calcula H_{\max} y H_{\min} correspondiente a Q_{\max} y Q_{\min} , estableciendo la siguiente relación:

$$\frac{Q_{min}}{Q_{max}} = \frac{H_{min} - Z}{H_{max} - Z} \quad \text{Ec. 1.3.3.2-1}$$

La ecuación para el resalto Z , estará dado por la Ec 1.3.3.2-1 modificando la ecuación nos queda:

$$Z = \frac{Q_{max}H_{min} - Q_{min}Q_{max}}{Q_{max} - Q_{min}} \quad \text{Ec. 1.3.3.2-2}$$

Dónde:

Z = Altura del resalto del fluido, m

Aplicado para fluido no uniforme con variación de caudales picos moderados.

1.3.4. Parámetros de diseño del Desarenador

1.3.4.1. Altura útil del desarenador

Conocida como la altura mínima del fluido requerido a la entrada del desarenador. El nivel necesario se determina por medio de la ecuación del resalto en función de los caudales:

$$H = H_{max} - Z \quad \text{Ec. 1.3.4.1-1}$$

Dónde:

H = Altura útil de la lámina de agua, m

H_{max} = Altura máxima del desarenador para un caudal máximo, m

Z = Resalto dado al desarenador, m

1.3.4.2. Ancho del desarenador

Es el espacio transversal necesario de ingreso, para que las partículas del fluido se distribuyan uniformemente para el proceso de sedimentación. La teoría aplicada se refiere a Teoría de la Sedimentación se tiene la siguiente ecuación:

$$b = \frac{Q_{max}}{HV} \quad \text{Ec. 1.3.4.2-1}$$

Dónde:

b = ancho del desarenador, m

Q_{max} = caudal máximo, m^3/s

V = Velocidad de escurrimiento, m/s (usualmente igual a 0,10)

Aplicable para flujo de caudales pequeños sin variación de fluido (flujo uniforme), para velocidad de sedimentación pequeñas de partículas.

El ancho del desarenador no debe calcularse en función del tiempo de detención a ser fijado, pues en este caso dependería del volumen del tanque.

1.3.4.3. Largo del desarenador

Es la distancia longitudinal total del tanque necesario para que el flujo superficial se sedimente en la sección transversal del desarenador. Partiendo de la Teoría de Hazén (teoría de sedimentación), puede calcularse por medio de las ecuaciones de la tasa de Escurrimiento superficial:

$$\frac{Q}{A} = \frac{SV}{A} \quad \text{Ec. 1.3.4.3-1}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{bHV}{A} \quad \text{Ec. 1.3.4.3-2}$$

Dónde:

Q/A = Flujo superficial, $m^3/m^2 \cdot dia$

S = Sección transversal del desarenador, m^2

A = Sección longitudinal del desarenador, m^2

H = Altura transversal del desarenador, m

El área longitudinal del tanque se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$A = b \times L \quad \text{Ec. 1.3.4.3-3}$$

Al sustituir la ecuación Ec. 1.3.4.3-3 en Ec. 1.3.4.3-2, se tiene:

$$\frac{Q}{A} = \frac{HV}{L} \quad \text{Ec. 1.3.4.3-4}$$

Despejando L nos queda:

$$L = \frac{HV}{Q/A} \quad \text{Ec. 1.3.4.3-5}$$

Suponiendo $Q/A = 4,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ y una $V = 0,1 \text{ m/s}$, nos queda la ecuación:

$$L = 24,4 H \quad \text{Ec. 1.3.4.3-6}$$

Para que el escurrimiento en el canal sea tranquilo, se considera un aumento del 55%. Entonces en la práctica se adopta la siguiente ecuación:

$$L = 25 H \quad \text{Ec. 1.3.4.3-7}$$

Entonces el largo longitudinal nos queda reemplazando la Ec. 1.3.4.1-1 en la Ec. 1.3.4.3-7:

$$L = 25 H_{max} - Z \quad \text{Ec. 1.3.4.3-8}$$

Aplicable para flujo de caudales pequeños con diámetro de partículas pequeñas con velocidad de flujo uniforme.

1.3.4.4. Área del desarenador

Es el área en el cual se generara la decantación de partículas granulares discretas, y uniformes. El área del desarenador puede diseñarse de acuerdo con la teoría de Hazen (teoría de sedimentación).

$$A_T = b_t \times h \quad \text{Ec. 1.3.4.4-1}$$

Dónde:

A_T = Área del tanque, m^2

h = Altura del taque, m

Aplicable para tanques desarenadores de tipo rectangular o cuadrado, partículas discretas con tasas de escurrimiento uniforme y caudales pequeños, para velocidades de fluidos uniforme.

1.3.4.5. Volumen del tanque

Es la capacidad de almacenamiento del tanque, necesaria para que las partículas del fluido se sedimenten las cuales van a depender del tiempo de detención en el tanque hasta la salida por el vertedero. Partiendo de la Teoría de Sedimentación, se tiene la siguiente ecuación:

$$V_T = A_T \times L \quad \text{Ec. 1.3.4.5-1}$$

Dónde:

V_T = volumen del tanque, m^3

El tiempo de recorrido es el tiempo en que se demora el fluido en circular por el tanque de desarenación y está en función de la capacidad de captación del material sedimentado por la que se tiene la siguiente ecuación:

$$T_r = \frac{V_T}{CP} \quad \text{Ec. 1.3.4.5-2}$$

Dónde:

T_r = Tiempo de residencia hidráulica, s

V_T = Volumen del tanque, m^3

CP = Caudal pico o máximo, m^3/s

Solo es aplicable para flujo de caudales pequeños cuando el tiempo de recorrido se lo relaciona en función del caudal máximo. Para caudales bajos, el tiempo de paso se asume a partir de la Tabla 1.2.2.1.2.3.2-2

Se puede determinar la velocidad real por el canal del vertedero de entrada del desarenador hacia el deflector a partir de la siguiente ecuación:

$$V_r = \frac{Q_{max}}{b \times (H-Z)} \quad \text{Ec. 1.3.4.5-3}$$

Dónde:

V_r = Velocidad real, m/s

1.3.5. Parámetros de diseño del Sedimentador

1.3.5.1. Velocidad de sedimentación

Es la velocidad final de una partícula, como resultado del peso efectivo de la partícula a la resistencia por rozamiento o fuerza de arrastre (ley de Newton).

$$V_S = \left[\frac{4}{3} \left(\frac{g}{C_D} \right) \frac{\rho_S - \rho_L}{\rho_L} \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 1.3.5.1-1}$$

Dónde:

V_S = Velocidad final de sedimentación, m/s

d = Diámetro de la partícula, cm^2

ρ_L = Densidad del líquido

μ_L = Viscosidad dinámica del líquido (Streeter y Wylie, 1998)

C_D = Coeficiente de fricción.

Aplicable para la sedimentación de partículas discretas, específicamente para diámetros de partículas esféricas.

El coeficiente de fricción C_D está relacionado con el número de Reynolds N_R . También se puede determinar la velocidad de sedimentación a partir del diámetro de las partículas de arenas esféricas según la figura 1.2.2.2.1-1

1.3.5.2. Número de Reynolds

Es un número adimensional se lo utiliza para caracterizar el movimiento de un fluido, relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un fluido. Definido por la ecuación según (Osborne Reynolds, 1883).

$$N_R = \frac{dV_S \rho_L}{\mu_L} \quad \text{Ec. 1.3.5.2-1}$$

Dónde:

N_R = número de Reynolds.

Aplicable para predecir el carácter de un fluido (flujo laminar, o turbulento) para fluidos que circulan por el interior de un conducto o una tubería.

1.3.5.3. Coeficiente de Fricción

Expresa una oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto. Se puede obtener una aproximación por la fórmula, según (Ramalho, 1991).

$$C_D = \frac{b}{N_R^n} \quad \text{Ec. 1.3.5.3-1}$$

Dónde:

b y n = coeficientes para las distintas regiones (Stokes, Transición, Newton)

Aplicable para el cálculo del comportamiento de un fluido de Rozamiento dinámico 0
Rozamiento estático.

TABLA 1.3.5.3-2
Relación logarítmica de las regiones de los coeficientes C_D y N_R

Zona		B	N	$C_D = b/N_R^n$
Ley de Stokes	$NR < 2$	24	1,0	$CD = 24/ NR$
Transición	$2 < NR < 500$	18,5	0,6	$CD = 18,5/ N_R^{0,6}$
Newton	$NR > 500$	0,4	0,0	$CD = 0,4$

FUENTE: RAMALHO R., 1991

Se debe tener en cuenta que la viscosidad es un parámetro que depende de la temperatura del fluido que para nuestro caso será agua residual domestica industrial.

1.3.5.4. Carga de superficie

Indica la cantidad de material particulado y carga contaminante presentes en el efluente residual y que se alimenta al sedimentador, el cual nos permite determinar el área superficial del sedimentador necesario para su eliminación, según (Ramalho, 1991).

$$CS = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 1.3.5.4-1}$$

Dónde:

CS = Carga de superficie, $m^3/m^2 \cdot día$.

Q = Caudal entrada del sedimentador, $m^3/día$.

A = Área longitudinal del sedimentador, m^2

Aplicable para carga de superficie que depende del tipo de suspensión de material particulado que se deba sedimentar, como para sistemas de alimentación previo a tratamientos biológicos. También se puede determinar el área longitudinal del tanque a partir de la Ec. 1.3.5.4-1 entonces se tiene:

$$A = \frac{Q}{CS} \quad \text{Ec. 1.3.5.4-2}$$

1.3.5.5. Volumen del tanque

Es la capacidad necesaria del tanque. El volumen del tanque se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$V_T = L \times A \quad \text{Ec. 1.3.5.5-1}$$

Dónde:

V_T = Volumen de depósito del tanque de sedimentación, m^3

L = Longitud del tanque, m

A = Área longitudinal del tanque, m^2

Aplicable para el cálculo de flujos de caudales pequeños, para sedimentación de partículas específicamente esféricas.

1.3.5.6. Tiempo de retención

Conocido como el tiempo que necesita teóricamente una partícula, por una unidad de volumen de agua para que se dé la sedimentación en la zona de lodos. Este principio se halla relacionado con la ley de Hasen. (RAS, 2000).

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 1.3.5.6-1}$$

Dónde:

Tr = Tiempo de retención en el tanque de sedimentación, h (1,5 a 2,5 h RAS, 2000)

V = Volumen de depósito del tanque de sedimentación, m^3

Q = Caudal de entrada en el tanque de sedimentación, $m^3/día$.

Aplicable dependiendo de las características del flujo para sistemas de tratamiento previo a las unidades de tratamiento biológicos. Para sistemas de tratamientos de flujo de caudales pequeños, con partículas discretas.

1.3.5.7. Velocidad crítica

La velocidad de arrastre o de paso es la velocidad mínima necesaria para que no se genere el desprendimiento de las partículas sedimentadas en las operaciones de sedimentación. A partir de la ecuación desarrollada por Camp, a partir de estudios por (Shields, 1936).

$$V_c = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. 1.3.5.7-1}$$

Dónde:

V_c = Velocidad de paso mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas, mm/s

K = Constante que depende del tipo de material arrastrado:

- Arena granular = 0,04
- Para materiales no uniforme y que puedan apalmacenar = 0,06

S = Peso específico de las partículas, (2,65)

g = Aceleración de la gravedad, mm/s^2

d = Diámetro de las partículas, mm

f = Factor de fricción de Darcy – Weisbach (0,02 – 0,03).

Aplicable para flujo de partículas esféricas, como para materiales uniforme y que puedan apalmacenar, y caudales de moderación uniforme.

1.3.5.8. Velocidad horizontal

Permite determinar la velocidad de desplazamiento del agua y el fenómeno de resuspension de las partículas sedimentadas. Según (Ramalho, 1991) la velocidad nos queda mediante la siguiente figura:

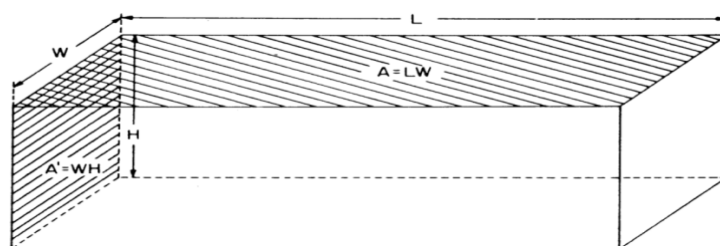


Fig. 1.3.5.8-1 Geometría de la zona de sedimentación

$$V_H = \frac{Q}{H \times W} \quad \text{Ec. 1.3.5.8-2}$$

Dónde:

V_H = Velocidad horizontal, m/s

W = Ancho de la zona de sedimentación, m

H = Altura de la zona de sedimentación, m

Aplicable para cálculos de caudales pequeños, para flujo de partículas esféricas, variación de partículas uniforme.

1.3.5.9. Remoción de SST y DBO

Es la cantidad de material y carga contaminada que se puede remover a partir del comportamiento de la eficiencia en la remoción de SST y DBO en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención. Según Metcalf y Eddy se tiene la siguiente expresión:

$$R = \frac{t}{a+bt} \quad \text{Ec. 1.3.5.9-1}$$

Dónde:

R = Porcentaje de remoción de DBO o SST, %

t = Tiempo nominal de retención, h

a, b = Constantes empíricas.

Aplicado para concentraciones altas de material particulado con flujo de velocidad de fluido uniforme. Los valores de las constantes (a y b) requeridas para el diseño a 20 C se puede ver Anexo V.

1.3.5.10. Sedimentador de placas paralelas

Diseñados para separar de manera eficiente y en poco espacio a los sólidos suspendidos del agua. El número de placas se calcula a partir de la ecuación de Yao según (Pérez, 1997).

$$N = \frac{(L_S - l \cos \theta) \operatorname{Sen} 60^\circ + d}{d + e} \quad \text{Ec. 1.3.5.10-1}$$

Dónde:

N = Número de placas

L_S = Longitud del sedimentador, m

l = Longitud de la placa, m

d = Espacio entre placas, m

e = Espesor de la placa, m

Aplicable para Flujo laminar y turbulento donde $R \leq 500$ o $R \leq 250$ (Pérez, 1997) para fluidos continuo con velocidad de asentamiento de partículas uniforme y discretas y concentraciones altas.

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

El inicio de estudio comprende el diagnóstico y su alcance del sistema de explotación y trabajo de la minería artesanal de la zona minera Tren de Oro ubicado en el recinto Santa Rosa de Agua Clara Provincia de Bolívar.

Proyecto que va a tomar en cuenta y estar enmarcado acorde a las necesidades y demandas planteadas en el criterio legal establecido en el Registro Oficial N° 67., capítulo IX., Art. 84 (Sedimentos), para el control de la minería en la explotación de placeres para el cual se crea el Art.7, según La Ley de minería estipulada en el 2009, en la que se crea la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), organismo técnico-administrativo, encargado del ejercicio de la potestad estatal de vigilancia, auditoría, intervención y control de las fases de la actividad minera, control y sanción en todas las fases de la actividad.

Posteriormente se prosigue con el reconocimiento del área y mecanismo de trabajo de la zona de explotación, El mismo que permitirá tener una mejor percepción del proceso de perforación de la roca para la extracción del oro.

Se prosiguió al reconocimiento visual de los problemas que se generan en todo el perímetro que conforma la zona minera, durante la evacuación de las aguas residuales producidas por la explotación del socavón y sus posibles efectos que se pueden generar, involucrando directamente a todo el medio circundante que se desarrolla en dicho lugar. Especialmente a la población de la zona urbana ubicadas aguas abajas del territorio minero que directa o indirectamente se beneficia de los servicios como el agua y sus productos que se desarrollan en este territorio, caracterizados desde muchos tiempos por ser tierras eminentemente agrícola y ganadera y que hoy también es considerada zona minera.

Luego se determinó los puntos de muestreos para la toma de muestras necesarias para el análisis y control de los parámetros físicos como químicos del efluente residual producidos

durante la perforación del suelo. Posteriormente se realizó la caracterización físico-química de las aguas residuales en el Laboratorio de Análisis Técnico de la facultad de Ciencias de la ESPOCH para después proceder a la evaluación técnica del proceso.

Y de esta manera proponer las medidas y alternativas más convenientes e indispensables, necesarias para el diseño del sistema de tratamiento y así poder controlar y mejorar eficientemente la calidad del efluente residual generado por la minería artesanal localizada en dicho territorio.

2.1. DIAGNÓSTICO

Luego de conocer del estudio del manejo del proceso de explotación de la minería artesanal de la sociedad minera situado en la finca Buena Fe perteneciente al recinto Santa Rosa de Agua Clara. Se conoció también los órganos responsables del control y regulación para las fases de la actividad minera en el Ecuador.

A través del recorrido del área minera Tren de Oro se puede notar que es una zona preferentemente agrícola, ganadera, porcina en la que el soporte económico para la población de Santa Rosa y sus lugares aledaños son eminentemente los puntos antes mencionados.

Posteriormente se reconoció el lugar donde se halla localizado el socavón de la minera Tren de Oro, el cual se encuentra aledaña a la vertiente del río Alvarado a donde se evacúan las aguas provenientes de la explotación minera la misma que se encuentra expuesta a derrumbes, debido a que son regiones con pendientes considerables, lo que involucra con mayor facilidad al ablandamiento del área que se encuentra expuesta a la constante dinamitación del área de explotación y a los constantes derrumbes provocados por la naturaleza especialmente en época invernal.



Foto 2.1-1 Área de la finca Buena Fe

Lo que va a generar un problema para la evacuación normal del efluente residual, que desemboca directamente en el río que es utilizado especialmente como fuente de riego para la agricultura, ganadería y especialmente como medio de suministro para la población urbana aledaña a las zonas mineras localizadas en dicha región.



Foto 2.1-2 Zona de explotación

La minería subterránea requiere para la explotación de la roca de equipos como compresor (encargado de generar presión de aire utilización de agua utilizado para minimizar la polución durante la perforación) materiales (explosivos, periódico, plástico, cables), los mismos que son factores directos de contaminación.



Foto 2.1-3 Equipos utilizados en la minería artesanal

La mayoría de los materiales ya utilizados son evacuados en el efluente residual, que desembocando directamente en la vertiente aguas abajo, provocando taponamiento en los sistemas de tuberías que son utilizados especialmente para los regios para las mismas actividades de socavones mineros aguas abajo, los cuales utilizan el agua para su proceso de explotación.



Foto 2.1-4 Salida del efluente por el interior de la mina

Debido a que el área minera es una zona muy reducida, se deberá diseñar un sistema de tratamiento, acorde al perímetro accesible de la zona con el cual se minimizará el impacto tanto del área por el diseño del sistema de tratamiento y lo más importante el control del efluente hacia el estero, lo que involucrará un trabajo más estable y seguro tanto para la sociedad minera como para todo el personal que vive del sustento de esta fuente.



Foto 2.1-5 Salida del efluente residual al exterior de la mina

2.1.2. MUESTREO

2.1.2.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO

En base a un determinado proceso se puede interpretar e identificar los resultados de los análisis de laboratorio y su aplicación, para lo cual, unos de los requisitos fundamentales se basa en la identificación de una zona específica para el muestreo del agua. Llevando a cabo un plan de monitoreo de los efluentes, como se puede observar en las siguientes tablas:

TABLA 2.1.2.1-1

Plan de Muestreo

Tipo	Lugar de Muestreo	Numero de muestreo/semana	Total de muestras analizadas
Compuesta	Salida del socavón	1/cada semana	5 muestras

FUENTE: BONILLA W., 2012

TABLA 2.1.2.1-2

Tiempo de Muestreo por día laborable

Cantidad	Frecuencia	Tiempo de muestreo	Volumen total muestra
4 muestras	Cada 90 min	8 horas laborables	8 litros

FUENTE: BONILLA W., 2012

2.2. METODOLOGIA

2.2.1. METODOS Y TÉCNICAS

2.2.1.1. MÉTODOS

a. Método Inductivo

Se halla relacionado con el estudio y diagnóstico de la zona minera Tren de Oro. Mediante el empleo de un sistema de metodología participativa involucrando la colaboración tanto de directivos, sociedad minera, trabajadores mineros, beneficiarios (comunidad) del proyecto, para así identificar y dar a conocer los posibles problemas e impacto que genera la explotación minera subterránea artesanal.

b. Método Experimental

Está relacionado en la caracterización y valoración de las muestras del efluente residual mediante los análisis físicos y químicos realizados en el Laboratorio, una de

las técnicas empleadas para los respectivos análisis en el laboratorio fueron: Volumétricos, Colorimétricas e Instrumental. Análisis relacionados en base a la metodología del Standard Methods que nos permitió determinar el estado y así poder valorar el contenido de carga contaminante presente en el agua de mina de este socavón.

c. Método Deductivo

Consistió en determinar el mecanismo con que se realizó el tipo de muestreo in situ, tomando en consideración: accesibilidad, seguridad, disponibilidad de tiempo operacional y condiciones climáticas. Lo cual nos permitió, determinar que la toma de muestreo fuese Compuesta tomada una muestra cada dos horas durante las 8 horas laborables por día de trabajo, proporcionando una muestra mucho más representativa para su determinado análisis. Con estos resultados obtenidos se prosiguió al desarrollo y cálculo de ingeniería, para finalmente determinar el Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento necesario para minimizar la carga contaminante del efluente residual generado en la zona minería Tren de oro perteneciente a la finca Buena Fe.

2.2.1.2. TÉCNICA

Los parámetros analizados se efectúan siguiendo la metodología del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

2.2.1.2.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

TABLA 2.2.1.2.1-1

Determinación del pH

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>Es una de las pruebas más frecuentes y utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases de tratamiento del agua para suministro y residual, dependen de mediciones de pH.</p> <p>Se utiliza en la determinación de alcalinidad y dióxido de carbono y otros equilibrios ácido-base. A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico viene dado por la actividad del ion H⁺.</p>	<p>a. Calibración del pH metro con las soluciones tampón</p> <p>b. Colocar muestra en un vaso de precipitación, e introducir el electrodo.</p> <p>c. Tomar la lectura.</p>	Und	pH metro (electrodo de vidrio)	<p>a) Vaso de precipitación</p> <p>b) Piseta</p> <p>c) Agua destilada</p>	$pH = \log \frac{1}{H^+}$ <p>Dónde:</p> <p>H⁺ = actividad de los iones hidrógenos mol/L</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-2

Determinación de la Conductividad

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados.</p> <p>Esta técnica es utilizada para identificar el grado de mineralización, efecto de la concentración de iones, evaluar las concentraciones de minerales disueltos en aguas naturales y residuales, calcular los sólidos totales disueltos en una muestra.</p>	<p>a. Encendemos y Calibramos el conductímetro</p> <p>b. Limpiar lámpara de platino con agua destilada</p> <p>c. Colocamos la muestra en un vaso.</p> <p>d. Realizar la medición</p>	<p>2510-B</p>	<p>Conductímetro (Electrodo de Platino)</p>	<p>a. Vaso de precipitación</p> <p>b. Piseta</p> <p>c. Agua destilada</p>	$C = (0,001413)(R_{KCl})[1 + 0,0191(t - 25)]$ <p>Dónde:</p> <p>R_{KCl} = Resistencia medida (Ω)</p> <p>t = temperatura observada (C)</p> $K = \frac{(1000000)(C)}{R_m[1 + 0,0191(t - 25)]}$ <p>Dónde:</p> <p>K = Conductividad (umhos/cm)</p> <p>C = Constante de la célula (cm^{-1})</p> <p>R_m = Resistencia medida de la célula (ohms)</p> <p>T = Temperatura de medición</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-3

Determinación de la Turbiedad

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>La transparencia de una masa natural de agua es factor decisivo para la calidad y productividad de muchos sistemas.</p> <p>La turbidez es producida por materia en suspensión como arcilla, materia orgánica e inorgánica finamente divididos, compuestos solubles inorgánicos coloreados y otros. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se dispersa y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muerte.</p>	<p>a. Calibración del Turbidímetro</p> <p>b. Colocar la muestra en la celda.</p> <p>c. Según la característica de la muestra se inserta el número de decimales de medición.</p>	<p>2130 – B</p>	<p>Turbidímetro</p>	<p>a) Vaso de precipitación</p> <p>b) Pipeta volumétrica</p> <p>c) Piseta</p> <p>d) Agua destilada</p>	$\text{Turbidez} = \frac{A(B + C)}{C}$ <p>Dónde:</p> <p>A= UNT encontradas en muestras diluidas</p> <p>B= Volumen del agua de dilución (mL)</p> <p>C=Volumen de la muestra tomada (mL)</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-4

Determinación de la Alcalinidad

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases tituladas. Es la medida de una propiedad agregada del agua y solamente puede interpretarse en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química de la muestra.</p> <p>La alcalinidad de muchas aguas de superficies depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que suele tomarse como una indicación de la concentración de estos componentes. La determinación de la alcalinidad se utiliza en la interpretación y el control de los procesos de tratamientos.</p>	<p>a. Colocar 25 mL de muestra en un erlenmeyer</p> <p>b. Añadir 2 gotas de fenolftaleína.</p> <p>c. Añadir 3 gotas de naranja de metilo. Titular con H₂SO₄ 0.02N, hasta viraje</p> <p>d. Anotamos el volumen consumido.</p>	<p>2320 – C</p>	<p>Equipo de Titulación</p>	<p>a) Erlenmeyer</p> <p>b) Bureta</p> <p>c) Pipetas</p>	$CaCO_3 ppm = \frac{V \times N \times 50000}{mL \text{ de muestra}}$ <p>Dónde:</p> <p>V = Volumen del ácido valorado (mL)</p> <p>N = Normalidad del ácido (eqq/L)</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-5
Determinación de Cloruros

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	materiales	Fórmula de cálculo
<p>El cloruro en forma de ion Cl^- es uno de los aniones inorgánicos principales del agua natural y residual.</p> <p>La concentración de cloruros es mayor en las aguas residuales que en las naturales. A lo largo de la costa el cloruro puede estar presente a concentraciones altas por el paso del agua de mar, también puede aumentar debido a los procesos industriales.</p> <p>Un contenido elevado de cloruros puede dañar las condiciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.</p>	<p>a. Colocar 25mL de muestra en erlenmeyer</p> <p>b. Colocar aproximadamente 1mL de K_2CrO_4 como indicador.</p> <p>c. Titular con la solución valorada de $AgNO_3$ (0,01 N).</p>	<p>4500-Cl-B</p>	<p>Equipo de Titulación</p>	<p>a) Erlenmeyer b) Bureta c) Pipetas d) Balanza Analítica</p>	$\frac{mgCl^-}{l} = \frac{(A - B)N \times 35.450}{mL \text{ de muestra}}$ <p>Dónde: A = mL de valoración para la muestra B = mL valoración para el blanco C = Normalidad de $AgNO_3$</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-6

Determinación de la Dureza Total

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	materiales	Fórmula de cálculo
<p>La dureza se entiende como una medida de su capacidad para precipitar el jabón. El jabón es precipitado preferentemente por el ion Calcio y Magnesio.</p> <p>Otros cationes polivalentes también pueden hacerlo, pero estos están presentes en forma compleja, frecuente en componentes orgánicos y su influencia en la dureza del agua puede ser mínima y difícil de determinar. Por lo que la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de cálcico, en miligramos por litro</p>	<p>a. Añadir 25mL de muestra.</p> <p>b. Añadir 1 mL de solución tampón, 2 gotas de solución indicadora.</p> <p>c. Titular con EDTA cambia de color rojo a azul.</p> <p>d. Anotamos el volumen consumido</p>	<p>2340-C</p>	<p>Equipo de Titulación</p>	<p>a) Erlenmeyer b) Bureta c) Pipetas</p>	$mg\ CaCO_3/l \frac{A \times B \times 1000}{mL\ de\ muestra}$ <p>Dónde: A = mL titulación para la muestra. B = mg de $CaCO_3$equivalente a 1.0 mL de titulante EDTA.</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-7
Determinación de Calcio

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>Las sales de calcio y magnesio son las causas más frecuentes de la dureza y afectan vitalmente las propiedades incrustantes o corrosivas de un agua.</p> <p>Con frecuencia las preferencias personales si se usan el método gravimétrico clásico o el titrimétrico del permanganato para la determinación exacta del calcio. La rapidez y simplicidad del método titrimétrico del EDTA lo hace adecuado para aplicaciones rutinarias y de control.</p>	<p>a. Colocar 25 mL de muestra en erlenmeyer</p> <p>b. Añade 1M de solución de NaOH 1.062N</p> <p>c. Añade una pizca de indicador murexida</p> <p>d. Titular con EDTA hasta viraje.</p>	<p>2340 – C</p>	<p>Equipo de Titulación</p>	<p>a) Erlenmeyer b) Bureta c) Pipetas</p>	$Ca^{++}mg/L = \frac{V_2 \times M \times 40000}{mL \text{ de muestra}}$ <p>Dónde:</p> <p>M = Molaridad exacta del EDTA (mol/L)</p> <p>V₂ = Volumen de EDTA (mL)</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-8
Determinación de Sulfatos

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras.</p> <p>En presencia de materia orgánica, ciertas bacterias puede reducir el sulfato a sulfuro, en aguas intensamente contaminadas se deben conservar a baja temperatura y bien preservar por la adición de formaldehído. El oxígeno disuelto puede oxidar el sulfato a sulfuro a un pH superior a 8.</p>	<p>a. Colocar una cantidad de muestra en balón de 100mL.</p> <p>b. Añadir 2mL de solución acondicionadora .</p> <p>c. Colocar aprox. 1 gr. de Cl₂Ba y aforar.</p> <p>d. Realizar la lectura en el espectrofotómetro a una $\lambda=410\text{nm}$</p>	4500-SO ₄ -E	Espectrofotómetro	<p>a) Balón de 100 mL</p> <p>b) Pipetas</p>	<p>$T = 100,1505 - 1,9507X C$</p> $C = \frac{100,1503 - T}{1,9507}$ <p>Dónde:</p> <p>C = concentración de sulfato en ppm</p> <p>T = porcentaje de transmitancia leída por el equipo</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-9
Determinación de Fosfatos

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>En muchas de las aguas residuales el fosfato se presenta en cantidades apreciables en periodos de baja actividad biológica. Las aguas que reciben a aguas negras, crudas o depuradas, drenajes agrícolas y ciertos desechos industriales contienen normalmente concentraciones, apreciables de fosfatos a las aguas domesticas o industriales y en ocasiones se identifican en una misma muestra. El análisis de fosfatos sirve fundamentalmente para el control de la dosificación de productos químicos o como medio para rastrear una corriente o una contaminación.</p>	<p>a. Anadir 50mL de muestra en un balón de 100 mL. b. Adición de 4MI amonio molibdato 0,5 SnCl₂ c. Aforamos el balón dejamos en reposo d. Procedemos a medir a $\lambda=690\text{nm}$</p>	<p>4500-SO₄-E</p>	<p>Espectrofotómetro</p>	<p>a) Balón de 100 mL b) Pipetas</p>	$\frac{mg}{L} PO_4 = \frac{mgPO_4 \times 1000}{mL \text{ de muestra}}$

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-10
Determinación de Amonios

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	materiales	Fórmula de cálculo
<p>El nitrógeno amoniacal se encuentra presente en concentraciones variables, en aguas superficiales y en aguas profundas. Su presencia en aguas profundas es bastante general, como resultados de procesos naturales de reducción. En algunas plantas de tratamiento se agrega amonio para la coloración residual combinada del agua.</p> <p>Cuando se emplea coloración a residual libre, la presencia de amonio en las aguas puede inducir a un consumo elevado de cloro, para llegar a producir cloro libre residual.</p>	<p>a. Colocar una cantidad de muestra en un balón de 50 mL.</p> <p>b. Adicionar 1mL de tartrato de sodio y potasio, 2 mL reactivo Nessler.</p> <p>c. Realizar la lectura a $\lambda=425\text{nm}$</p>	<p>4500-NH₄-B</p>	<p>Espectrofotómetro</p>	<p>a) Balón de 50 mL b) Pipetas</p>	

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-11
Determinación de Nitratos

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>El nitrato representa la fase más altamente oxidada en el ciclo del nitrógeno y alcanza, normalmente, concentraciones importantes en las etapas finales de la oxidación biológica. Por lo general, se presenta en huellas en aguas superficiales, pero puede alcanzar elevadas concentraciones en algunas aguas subterráneas. La determinación de método de nitrato es difícil debido a los procedimientos relativamente complejos. Una de las técnicas que mide la absorbancia de NO_3^- a 220 nm, también se puede determinar por cromatografía.</p>	<p>a. En una capsula colocar 10 mL de muestra.</p> <p>b. Agregar 1mL de solución de salicilato de sodio, llevar a baño maría hasta sequedad.</p> <p>c. Añadir 8 mL de H_2O destilada y 2mL de H_2SO_4</p> <p>d. Añadir 7 mL $NaOH$ 10N pasar. Medir $\lambda= 420nm$</p>	<p>4500-NO_3^--C</p>	<p>Espectrofotómetro</p>	<p>a) Capsula de porcelana</p> <p>b) Pipetas</p> <p>c) Balones aforados</p>	$\% ER = \frac{X_P - X_1}{X_1} 100$ <p>Dónde:</p> <p>$\% ER =$ Error relativo</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-12

Determinación de Hierro

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>Bajo condiciones reductoras, el Hierro es relativamente soluble en aguas naturales y existen en el estado ferroso, por la exposición al aire o por la adición de cloro, el hierro se oxida al estado férrico y se puede hidrolizar para formar el óxido férrico insoluble.</p> <p>Esta es la forma como se encuentra el hierro en la mayor parte de las muestras. A no ser que las muestras disuelto y el hierro suspendido ya que por exposición al aire el hierro ferroso se puede oxidar en presencia de O₂.</p>	<p>a. Colocar en erlenmeyer 50 ml de muestra</p> <p>b. Añadir 1ml de cloruro de hidroxilamina, 2ml de HCl(c).</p> <p>c. Llevar a reducción hasta un volumen de 15ml dejar enfriar</p> <p>d. Añadir 8 ml de buffer pH 5.5, 2ml fenantrolina</p> <p>e. Medir $\lambda = 520\text{nm}$</p>	<p>3500-Fe-D</p>	<p>Espectrofotómetro</p>	<p>a) Balón</p> <p>b) Pipetas</p> <p>c) Erlenmeyer</p> <p>d) Balanza analítica</p> <p>e) Reverbero</p>	$Y = b_2 - b_1X$ <p>Dónde:</p> <p>Y = eje de las ordenadas</p> <p>b₂ = valor de la ordenada en punto de origen(intersección con la recta)</p> <p>b₁= valor de la pendiente</p> <p>X = eje de las abscisas</p> <p>Formula practica aplicada:</p> $A = 0.01490 + 0.151744^\circ\text{C}$ <p>Dónde:</p> <p>A = Absorbancia dada por el espectrofotómetro</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-13

Determinación de Plomo

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>El plomo aparece principalmente en el agua potable y en porcentajes considerablemente alto en las aguas subterráneas, debido al contenido alto de de minerales obtenidos por la desintegración química de los proceso geológicos localizados en el interior del suelo. También se puede obtener a partir de la corrosión de diferentes materiales utilizados para el transporte de fluidos, hechos de cobre y bronce emplomado especialmente en zonas de aguas blanda y ácida. Este mineral es ingerido con mayor facilidad por los niños, (National Academy of Sciences Safe Drinking Water Commitee 1982)</p>	<p>a. Colocar en un erlenmeyer 50 ml de muestra</p> <p>b. Añadir 2,5ml de Tartrato de Sodio y Potasio 0,2 ml KCN0, 2 Na₂S.</p> <p>c. Mezclar con un agente 1ml Pb(NO₃)₂.</p> <p>d. Medir en el Espectrofotómetro a una $\lambda = 410\text{nm}$</p>		<p>Colorímetro fotoeléctrico.</p> <p>Espectrofotómetro.</p>	<p>a) Balón</p> <p>b) Pipetas</p> <p>c) Erlenmeyer</p> <p>d) Balanza analítica.</p>	

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-14
Determinación de DBO₅

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>La demanda de oxígeno de las aguas negras, efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales aguas de minería y desechos industriales se debe a tres clase de materiales. Material orgánico carbonoso; material nitrogenado oxidable y ciertos compuestos químicos reductores.</p> <p>El principio se basa en la determinación del oxígeno disuelto en las muestras de aguas en exámenes antes y después de un periodo de incubación por cinco días y en la oscuridad.</p>	<p>a. En un balón de 1000 ml añadir 500 ml de agua aireada, 2ml buffer pH 7, 1mL MgCl₂, 1 Ml FeCl₃. Dependiendo del agua a analizar se toma una cantidad de muestra.</p> <p>b. Luego aforamos con la misma agua aireada.</p> <p>c. Repartimos en dos frascos. En el uno añadimos los reactivos que faltan. Titulamos y anotamos el volumen. Titulación el otro a los 5 días.</p>	5210-B	Equipo de titulación	<p>a) Balones de 100 mL.</p> <p>b) Estufa</p> <p>c) Insuflador de aire</p> <p>d) Pipetas</p> <p>e) Vasos de precipitación</p> <p>f) Erlenmeyer, Buretas</p>	$DBO_{ppm} \text{ de } O_2 = \frac{(a - b)N \times 8000}{mL \text{ muestra}}$ <p>Dónde:</p> <p>a= mL de tiosulfato de Na en la titulación antes de la incubación.</p> <p>b= mL de tiosulfato de Na gastados en la titulación.</p> <p>N= Normalidad del tiosulfato de Na</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-15
Determinación de DQO

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>El DQO indica la cantidad de compuestos oxidables que se tienen en un agua y los resultados que se obtengan pueden variar con la composición, concentración del aguay del reactivo, temperatura, etc.</p> <p>Los valores resultantes se conocen como oxígeno consumido, los valores son parámetros importantes para estudios de corriente fluvial y desecho industrial. Se utiliza el método del dicromato al reflujo para determinar DQO. Las sustancias orgánicas son destruidas a la mezcla y ebullición del dicromato de K.</p>	<p>a. Colocar en un balón 10mL de muestra.</p> <p>b. Añadir 6mL $K_2Cr_2O_7$ 0.167 N + 14 mL de sln.</p> <p>c. Mantener en reflujo por 2 horas. Enfriar y se deja en reposo.</p> <p>d. Adiciona 5 gotas de ferroina. Titular con FAS hasta viraje.</p>	5220-C	Equipo de Reflujo	<p>a) Reverber o</p> <p>b) Pipetas</p> <p>c) Buretas</p> <p>d) Probetas</p> <p>e) Espátula</p>	$\frac{mg}{L} = \frac{(V_1 - V_2)N \times 8 \times 1000}{\frac{10mg}{L}}$ <p>Dónde:</p> <p>V_1 = volumen de $K_2Cr_2O_7$ (mL)</p> <p>V_2 = volumen titulante (mL)</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2-16

Determinación de Sólidos Totales

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>El término sólidos totales se le da al residuo que permanece en una capsula después de realizar la evaporación de una muestra de agua con su consecuente secado por medio de una estufa a una temperatura conveniente.</p> <p>La determinación se realiza gravimétricamente la muestra es evaporado a capsula después del secamiento, respecto al peso de la misma cuando está vacía, representa el valor de los sólidos totales.</p>	<p>a. Pesar la capsula previamente tarada(P_1)</p> <p>b. Añadir 25 ml de muestra y llevar a baño maría.</p> <p>c. Secar en la estufa a 105°C. Enfriar en el desecador.</p> <p>d. Tomar el peso crisol + muestra (P_2)</p>	<p>2540-B</p>	<p>a. Equip o baño maría</p> <p>b. Estufa</p> <p>c. Desec ador</p>	<p>a) Pipeta volumétrica</p> <p>b) Capsula de porcelana</p> <p>c) Balanza analítica</p> <p>d) Pinza de crisol.</p>	$ST \left(\frac{mg}{L} \right) \frac{(P_2 - P_1)}{V} \times 10^6$ <p>Dónde:</p> <p>P_2 = Peso de la cápsula, con el residuo seco (g).</p> <p>P_1 = Peso de la cápsula tarada (g)</p> <p>V = Volumen de muestra analizada (mL).</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-17

Determinación de Sólidos Totales Disueltos

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>Conocidos como sólidos fijados, después de someterse a ignición durante un tiempo determinado y a una temperatura especificada.</p> <p>La pérdida de peso por ignición se debe a los sólidos volátiles. La determinación de los sólidos volátiles y fijados no distingue exactamente entre materia orgánica e inorgánica, porque la pérdida de peso no se limita al material orgánico sino que incluye también pérdidas por descomposición o volatilización de algunas sales minerales.</p>	<p>a. Filtramos una cantidad de muestra mediante un filtro de fibra. Añadiendo agua lentamente hasta filtración completa.</p> <p>b. Cloque el papel filtrado en una capsula tarada y pesada.</p> <p>c. Seque a baño maría. Enfrié en desecador</p> <p>d. Pesar la capsula + muestra</p>	<p>2540-C</p>	<p>a. Estufa b. Baño maría c. Desecador</p>	<p>a) Papel filtro b) Vaso c) Embudo</p>	$STD \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(A - B)}{V} \times 1000$ <p>Dónde:</p> <p>A = Peso residuo seco + vaso(mg)</p> <p>B = Peso de vaso(mg)</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

TABLA 2.2.1.2.1-18

Determinación de Sólidos Sedimentables

Fundamento	Procedimiento	Método	Equipo	Materiales	Fórmula de cálculo
<p>Sólidos en sedimentación son los materiales que pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.</p> <p>Los sólidos sedimentables de las aguas de superficies y salinas, así como la de los residuos domésticos e industriales pueden ser determinados, y expresados en función de un volumen. La prueba volumétrica es la encargada de la realización de este procedimiento.</p>	<p>a. Colocamos una cantidad de muestra en el cono Imhoff hasta su determinada señal.</p> <p>b. Dejamos en reposo durante 2 horas.</p> <p>c. Registramos el volumen del sólido sedimentable</p>	<p>2540-F</p>	<p>Cono imhoff</p>	<p>a) Varilla de agitación</p>	$\text{Mg de sol. Sedimet.} = \frac{\text{mg de sol. totales en susp.} \times L}{\text{mg de sólido no sedimt.} \times L}$

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 2008

2.3. DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA

TABLA 2.3.1-1
Caracterización de los análisis físicos químicos del agua

Muestra	Método	Unidades	Número de muestra					*Límites	Promedio Resultado
			1	2	3	4	5		
Ph	4500 B	Und	6,90	6,40	6,50	6,40	6,80	6.5 – 9	6,6
Conductividad	2510-B	μSm/cm	902,0	673,0	681,0	1100,0	970,0	< 3000	865,2
Turbiedad	2130-B	UNT	374,0	1069,0	1790,0	989,0	1570,0	-	1158,4
Alcalinidad	2320-C	mg/L	200,0	180,0	250,0	220,0	210,0	-	212,0
Cloruros	4500-Cl-B	mg/L	20,0	11,34	17,2	27,2	27,1	**1000	20,6
Dureza	2340-C	mg/L	200,0	120,0	144,0	200,0	240,0	-	212,0
Calcio	2340-C	mg/L	60,8	192,0	16,0	62,0	56,0	-	77,3
Sulfatos	4500-SO ₄ -E	mg/L	9,9	192,0	146,3	224,0	116,0	**1000	135,7
Fosfatos	4500-PO ₄ -B	mg/L	8,4	8,7	10,6	11,5	11,2	**10	10,06
Amonios	4500-NH ₄ -B	mg/L	1,2	1,7	7,48	6,8	5,2	**10	4,5
Nitratos	4500-NO ₃ -C	mg/L	17,4	19,5	29,2	30,0	29,2	30	25,1
Hierro	3500-Fe-D	mg/L	1,7	9,4	15,0	11,2	12,8	**10	10,0
Plomo		mg/L	4,9	5,8	5,2	6,7	6,2	**0.2	5,7
DBO ₅	5210-B	mg/L	12,6	19,4	39,0	23,0	42,0	**100	27,2
DQO	5220-C	mg/L	1560,0	1600,0	1800,0	1650,0	1890,0	**250	1700,0
Sólidos Totales	2540-B	mg/L	49440	26240	25550	23680	20150	1600	29012,0
Sólidos Totales disueltos	2540-B	mg/L	560,0	420,0	422,0	682,0	601,0	2000	537,0
Sólidos Sedimentables	2540-F	mg/L	23000,0	4600,0	3500,0	3900,0	4300,0	1000	7860,0

FUENTE: BONILLA W., 2012

TABLA 3:** Criterio de la calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios. *TABLA 12:** Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce.

TABLA 2.3.1-2
Determinación de propiedades IN SITU del efluente

Semana	Olor	Color	Caudal promedio (L/s)	Temperatura (C)
Primera	Objetable	Plomizo	2,30	20
Segunda	Objetable	Plomizo	2,20	20
Tercera	Objetable	Plomizo	2,13	21
Cuarta	Objetable	Plomizo	2,10	20
Quinta	Objetable	Plomizo	1,83	20

FUENTE: BONILLA W., 2012

2.4. DATOS ADICIONALES

Ver Anexo VI

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

3.1. CÁLCULOS

3.1.1. Determinación del caudal y volumen del muestreo del efluente

3.1.1.1. Proyección del caudal

La proyección del caudal se hace en base al Método de Aforo (datos obtenidos en las mediciones reales in situ):

3.1.1.1.1. Cálculo del caudal de Diseño (máximo, medio, mínimo).

- a. Los resultados totales de las mediciones de los caudales individuales se presentan en el ANEXO IV.

$$Q = \frac{V_b}{t}$$

- b. Los resultados totales de los caudales promedios de diseño del total de mediciones tenemos según la TABLA 2.3.1-2

$$Q_{\text{máx}} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{mín}} = 1,83 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.1.2. Cálculo del volumen individual de la muestra

El volumen de muestra requerida por unidad de caudal se obtiene de la Ec. 1.3.1.1-1. Los parámetros a considerar según Plan de Muestreo de la TABLA 2.1.2.1-2

$n = 5$ muestras; $V = 8 \text{ L}$

$$V_i = \frac{v}{n Q_{med}} Q_i$$

Los resultados de los volúmenes individuales se presentan en el ANEXO IV.

3.1.2. Dimensionamiento del tratamiento preliminar

3.1.2.1. Dimensionamiento de las Rejillas

Las rejillas serán de barras:

- Tipo de sección: rectangular

3.1.2.1.1. Determinación del espesor y el espaciamiento de las barras

De acuerdo a la TABLA 1.2.2.1.1.1-2 se tiene:

$$1/4 \text{ pulg.} \times 1\frac{1}{2} \text{ pulg.}; (6 \text{ mm "espesor"} \times 40 \text{ mm "espaciamiento"})$$

3.1.2.1.2. Determinación de la eficiencia

La eficiencia de acuerdo a la TABLA 1.2.2.1.1.2-1 es:

$$E = 0,857$$

3.1.2.1.3. Cálculo del área de escurrimiento

Suponiendo que para el caudal máximo la velocidad del efluente es $0,20 \text{ m/s}$ (evitar acumulación de arena en lecho del canal). El área útil necesaria se parte de la Ec. 1.3.2.3-1

$$Q_{max} = VA_u$$
$$A_u = \frac{Q_{max}}{v}$$

$$A_u = \frac{2,3 \times 10^{-3}}{0,20}$$

$$A_u = 0,012 \text{ m}^2$$

3.1.2.1.4. Cálculo del área total del canal

El área total, se obtiene por la Ec. 1.3.2.3-2

$$S_c = \frac{A_u}{E}$$

$$S_c = \frac{0,012}{0,857}$$

$$S_c = 0,014 \text{ m}^2$$

3.1.2.1.5. Cálculo de la longitud del canal

La longitud del canal del canal se obtiene al suponer movimiento uniforme para un tiempo $t = 5$ s (norma internacional para este tipo de canal) mediante Ec. 1.3.2.4-1

$$L = \frac{Q_{max}}{A_T} t$$

$$L = \frac{2,3 \times 10^{-3}}{0,014} \times 5$$

$$L = 0,82 \text{ m}$$

3.1.2.1.6. Cálculo de la altura del canal

$h = 0,32$ m. Por la variación “aumento del Tirante crítico” (variación de flujo entre el régimen lento y rápido). Para el diseño se tomara del 1,7%. A partir de la Ec. 1.3.2.5-1

$$l = \frac{S_T}{b}$$

$$l = \frac{0,014}{0,32}$$

$$l = 0,061 \text{ m}$$

3.1.2.1.7. Cálculo del Radio Hidráulico

El radio hidráulico se obtiene a partir de la Ec. 1.3.2.6-1

$$R_h = \frac{b \times h}{b+2h}$$

$$R_h = \frac{0,32 \times 0,061}{0,32+2(0,061)}$$

$$R_h = 0,044 \text{ m}$$

3.1.2.1.8. Cálculo de la velocidad real

La velocidad de entrada por el canal se obtiene a partir de la Ec. 1.3.2.7-1

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,013} \times 0,044^{2/3} \times 0,00045^{1/2}$$

$$V = 0,20 \text{ m/s}$$

3.1.2.1.9. Cálculo de la velocidad a través de las rejillas

La velocidad de paso a través del sistema de rejilla se obtiene a partir de la Ec. 1.3.2.7-2

$$v = V \times E$$

$$v = 0,20 \times 0,857$$

$$v = 0,17 \text{ m/s}$$

3.1.2.1.10. Cálculo del número de rejilla

El número de rejilla se calcula a partir de la Ec. 1.3.2.8-1

$$N^{\circ} = \frac{b-W}{W-e}$$
$$N^{\circ} = \frac{0,32-0,040}{0,040-0,006}$$
$$N^{\circ} = 8,47 = 9 \text{ Barras}$$

3.1.2.1.11. Cálculo de las pérdidas de cargas

Las pérdidas de cargas a través de la rejilla se estiman a partir de la Ec. 1.3.2.9-1

$$h_f = \frac{1}{0,7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$
$$h_f = \frac{1}{0,7} \left(\frac{(0,2)^2 - (0,17)^2}{2(9,8)} \right)$$
$$h_f = 0,001 \text{ m}$$

3.1.2.2. Dimensionamiento de la canaleta de Parshall

3.1.2.2.1. Medidor aplicable de Parshall

Considerando el caudal máximo igual a $2,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ se verifica que el menor medidor aplicable conforme a la TABLA 1.2.2.1.3.3-3 es:

$$W = 7,6 \text{ cm}; 3 \text{ pulg.}$$

3.1.2.2.2. Determinación de las constantes K, n

Los valores de K y n se determinan de acuerdo a la TABLA 1.2.2.1.3.3-4

$$K = 0,176; n = 1,547$$

3.1.2.2.3. Cálculo de la profundidad de la lámina de agua

La profundidad de la lámina de agua deberá estimarse para los tres caudales. La ecuación general para el medidor de Parshall es dado por la Ec. 1.3.3.1-1

$$H = \left(\frac{Q}{K}\right)^{1/n}$$

Entonces se determina las alturas máximas para cada caudal:

$$Q_{\text{máx}} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{máx}} = \left(\frac{2,3 \times 10^{-3}}{0,176}\right)^{1/1,547}$$

$$H_{\text{máx}} = 0,061 \text{ m}$$

$$Q_{\text{mín}} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{mín}} = \left(\frac{1,83 \times 10^{-3}}{0,176}\right)^{1/1,547}$$

$$H_{\text{mín}} = 0,052 \text{ m}$$

3.1.2.2.4. Cálculo del resalto

Resalto Z se obtiene a partir de la Ec. 1.3.3.2-2

$$Z = \frac{Q_{\text{máx}} H_{\text{mín}} - Q_{\text{mín}} H_{\text{máx}}}{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}}$$

$$Z = \frac{(2,3 \times 10^{-3})(0,052) - (1,83 \times 10^{-3})(0,061)}{(2,3 \times 10^{-3}) - (1,83 \times 10^{-3})}$$

$$Z = 0,017 \text{ m}$$

3.1.2.2.5. Determinación de las dimensiones del medidor Parshall

Las dimensiones del medidor de Parshall se estiman en la tabla del ANEXO III se obtiene:

$$A = 46,6 \text{ cm}$$

$$D = 26 \text{ cm}$$

$$G = 30,5 \text{ cm}$$

$$B = 45,7 \text{ cm}$$

$$E = 45,7 \text{ cm}$$

$$K = 2,5 \text{ cm}$$

$$C = 17,8 \text{ cm}$$

$$F = 15,2 \text{ cm}$$

$$N = 10,0 \text{ cm}$$

$$\frac{2A}{3} = 31,07 \text{ cm}$$

3.1.2.3. Dimensionamiento del Desarenador

❖ Tipo de Desarenador

- El diseño se establece para un Desarenador Rectangular de un canal con un baipás.

3.1.2.3.1. Cálculo de la altura útil

El nivel del canal se determina por medio del resalto Z y de la Ec. 1.3.4.1-1

$$H = H_{max} - Z$$

$$H = 0,061 - 0,017$$

$$H = 0,044 \text{ m}$$

3.1.2.3.2. Cálculo del ancho del desarenador

A partir de la Ec. 1.3.4.1-1 ($V = 0,10$ m/s vs diámetro de partícula y la Tabla 1.2.2.1.2.3.2-1)

$$b = \frac{Q_{max}}{HV}$$

$$b = \frac{2,3 \times 10^{-3}}{(0,044)(0,10)}$$

$$b = 0,52 \text{ m}$$

3.1.2.3.3. Cálculo de la longitud del desarenador

La longitud del desarenador se estima por la Ec. 1.3.4.3-8

$$L = 25H$$

$$L = 25(H_{max} - Z)$$

$$L = 25(0,044)$$

$$L = 1,10 \text{ m}$$

3.1.2.3.4. Cálculo del área del tanque del desarenador

Para una relación $b/h = 1/1,5$ se tiene a partir de la Ec. 1.3.4.4-1

$$A_T = bh$$

$$A_T = b(1,5b) \quad \text{Pero } b = 0,52 \text{ m}$$

$$A_T = 0,41 \text{ m}^2$$

3.1.2.3.5. Cálculo de la profundidad del tanque

Entonces la altura del tanque será:

$$h = \frac{A_T}{b}$$

$$h = \frac{0,41}{0,52}$$

$$h = 0,80 \text{ m}$$

3.1.2.3.6. Cálculo del volumen del tanque

El volumen se obtiene a partir de la Ec. 1.3.4.5-1

$$V_T = A_T x L$$

$$V_T = 0,41 x 1,10$$

$$V_T = 0,45 \text{ m}^3$$

3.1.2.3.7. Cálculo del Tiempo de Retención

El tiempo de recorrido se obtiene a partir de la Ec. 1.3.4.5-2

$$T_r = \frac{V_T}{CP}$$

$$T_r = \frac{0,45}{2,3 x 10^{-3}}$$

$$T_r = 195,65 \text{ s ; } 3,26 \text{ min}$$

3.1.2.3.8. Cálculo la velocidad real

La velocidad a través del canal de entrada del desarenador hacia el deflector se obtiene a partir de la Ec. 1.3.4.5-3

$$V_r = \frac{Q_{max}}{b x (H-Z)}$$

$$V_r = \frac{2,3 x 10^{-3}}{0,52 x 0,044}$$

$$V_r = 0,10 \text{ m/s.}$$

3.1.2.4. Dimensionamiento del Tanque de sedimentación

❖ Tipo de Sedimentador

- Se diseñara un tanque de sedimentación de forma rectangular.

3.1.2.4.1. Determinación de la velocidad de sedimentación

La velocidad de sedimentación se determina según la Figura 1.2.2.2.1-1 Sabiendo que el peso específico de la partícula de arena es 2,65; $T = 20\text{ C}$; $\theta = 1\text{ mm}$ partícula de arena:

$$V_s = 0,1\text{ m/s}$$

3.1.2.4.2. Cálculo del número de Reynold

El número de Reynold se determina a partir de la Ec. 1.3.5.2-1

$$N_R = dV_S\rho_L/\mu_L$$

$$N_R = \frac{(1 \times 10^{-3})(0,1)(998,2)}{1,009 \times 10^{-3}}$$

$$N_R = 98$$

3.1.2.4.3. Cálculo del C_D

El C_D nos queda a partir de la Ec. 1.3.5.3-1

$$C_D = \frac{18,5}{N_R^{0,6}}$$

$$C_D = \frac{18,5}{98^{0,6}}$$

$$C_D = 1,18$$

3.1.2.4.4. Cálculo del área longitudinal

Proponiendo una carga de superficie teórica $CS = 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ (Metcalf y Eddy, 1996) en la Tabla 1.2.2.2.1.4.-1. A partir de la Ec. 1.3.5.4-2

$$A = \frac{Q}{CS}$$

$$A = \frac{198.72}{30}$$

$$A = 6,62 \text{ m}^2$$

3.1.2.4.5. Cálculo de la longitud del tanque

Proponiendo una relación de L/a de (2:1) se calcula el largo y ancho del tanque:

$$A = a \times L$$

$$A = a (2a)$$

$$a^2 = \frac{A}{2}$$

$$a = \sqrt{\frac{6,62}{2}}$$

$$L = 3.64 \text{ m} ; b = 1,82$$

3.1.2.4.6. Cálculo del volumen del tanque

Proponiendo una profundidad $h = 1.5 \text{ m}$, se calcula el volumen a partir de la Ec. 1.3.5.5-1

$$V_T = L * a * h$$

$$V_T = 3,64 \times 1,82 \times 1,5$$

$$V_T = 9,94 \text{ m}^3$$

3.1.2.4.7. Cálculo de la carga superficial

La carga superficial real será a partir de la Ec. 1.3.5.4-1

$$CS = \frac{Q}{A}$$

$$CS = \frac{198.72}{(3,64 \times 1,82)}$$

$$CS = 29,83 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$$

3.1.2.4.8. Cálculo del Tiempo de retención

El tiempo de retención se obtiene a partir de la Ec. 1.3.5.6-1

$$Tr = \frac{V}{Q}$$

$$Tr = \frac{9,94}{2,30 \times 10^{-3}}$$

$$Tr = 4321.74 \text{ s}$$

$$Tr = 1,20 \text{ h}$$

3.1.2.4.9. Cálculo de la Velocidad crítica

La velocidad de arrastre se calcula a partir de la Ec. 1.3.5.7-1

$$V_C = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2}$$

Considerando los siguientes valores:

- Constante de cohesión (K = 0,005)
- Gravedad específica (s = 2,65)
- Aceleración de la gravedad (g = 9,8 m/s²)
- Diámetro de partículas (d = 1,00 mm)
- Factor de fricción de Darcy-Weisbach (f = 0,025)

$$V_C = \left(\frac{8 \times 0,05(1,65)9,8 \times 1 \times 10^{-3}}{0,025} \right)^{1/2}$$

$$V_C = 0,508 \frac{m}{s}$$

3.1.2.4.10. Cálculo de la Velocidad horizontal

La velocidad horizontal, se obtiene a partir de la Ec. 1.3.5.8-1

$$V_H = \frac{Q}{H \times W}$$

$$V_H = \frac{2,3 \times 10^{-3}}{1,5 \times 1,82}$$

$$V_H = 8,42 \times 10^{-4} m/s$$

3.1.2.4.11. Cálculo de las tasas de remoción de DBO y SST

Las tasas de remoción de DBO y SST (constantes empíricas ver Anexo V) se determinan a partir de la Ec. 1.3.5.9-1

- Remoción de DBO₅:

$$R = \frac{t}{a+bt}$$

$$R = \frac{1,20}{0,018+(0,02)(1,20)}$$

$$R = 28,57 \%$$

- Remoción de SST:

$$R = \frac{t}{a+bt}$$

$$R = \frac{1,20}{0,075+(0,014)(1,20)}$$

$$R = 49,40$$

3.1.2.4.12. Cálculo del número de placas

De acuerdo a especificaciones las placas de asbesto-cemento tienen las siguientes dimensiones: $l = 1,0$ m; $h = 1,0$ m; $d = 0,06$ m; $e = 0,01$ m. El número de placas se obtiene a partir de la Ec. 1.3.5.10-1

$$N = \frac{(L_s - l \cos \theta) \text{Sen} \theta + d}{d + e}$$

$$N = \frac{(3,64 - 1,0 \cos 60) \text{Sen} 60 + 0,06}{0,06 + 0,01}$$

$$N = 39 \text{ Placas.}$$

3.2. RESULTADOS

3.2.1. Resultados de análisis físico químico del agua

Ver ANEXO VII

3.2.2. Resultados de propiedades IN SITU del efluente

Ver ANEXO VIII

3.2.3. Resultado del dimensionamiento del sistema de tratamiento.

TABLA 3.2.3-1

Resultado del diseño del tratamiento preliminar Rejas de limpieza manual

Características	Unidad	Rejilla	Canal de conducción
Forma			Rectangular
Separación entre barras	m	0,040	
Espesor de la barra	m	0,006	
Altura	m	0,5	
Pendiente relación a la vertical	°	55	
Número de barras		9	
Eficiencia		0,857	
Área de escurrimiento	m	0,0115	
Velocidad de flujo a través de la rejilla	m/s	0,167	
Velocidad de flujo real	m/s		0,20
Área del canal	m ²		0.014
Longitud del canal	m		0,82
Ancho del canal	m		0,32
Altura del canal	m		0,061
Radio hidráulico	m		0,044
Pérdidas de cargas	m	0,001	

FUENTE: BONILLA W., 2012

TABLA 3.2.3-2
Resultado del diseño del Desarenador

Característica	Unidad	Resultado
Forma		Rectangular
Número de unidades		Un canal con baipás
Profundidad	m	0,8
Longitud	m	1.1
Ancho	m	0,52
Área del tanque	m ²	0,41
Volumen del tanque	m ³	0,45
Tiempo de retención hidráulico	min	3,12
Altura útil del agua	m	0,044
Velocidad real a través del desarenador	m/s	0,10

FUENTE: BONILLA W., 2012

TABLA 3.2.3-3
Resultado del diseño de la canaleta de Parshall

Característica	Unidad	Resultado
Altura máxima	m	0,061
Altura mínima	m	0,052
Ancho del medidor de Parshall(W)	m	0,076
K; n		0,176; 1,547
Resalto	m	0,017
Longitud inclinada de transición (A)	m	0,466
Longitud de la transición (B)	m	0,457
Ancho del canal aguas abajo del medidor (C)	m	0,178
Ancho del canal aguas arriba del medidor (D)	m	0,26
Distancia entre la canaleta y desarenador (E)	m	0,457
Longitud del medidor de Parshall (F)	m	0,152
Longitud de transición aguas abajo del medidor (G)	m	0,305
Diferencia de nivel (K)	m	0,025
Profundidad de la canaleta (N)	m	0,10
Distancia que va colocada el medidor (2A/3)	m	0,3107

FUENTE: BONILLA W., 2012

TABLA 3.2.3-4
Resultado del diseño del Sedimentador

Característica	Unidad	Resultado
Ancho	m	1,82
Altura	m	1,5
Área	m ²	6,62
Longitud horizontal	m	3.64
Volumen	m ³	9,94
Velocidad de sedimentación	m/s	0,1
Carga superficial	m ³ /m ² dia	29,83
Tiempo de retención	h	1,20
Número de Reynold		98
Coefficiente de fricción		1,18
Velocidad crítica	m/s	0,508
Velocidad horizontal	m/s	8,42x10 ⁻⁴
Remoción de DBO	%	28,57
Remoción de SST	%	49,40
Número de placas		39

FUENTE: BONILLA W., 2012

TABLA 3.2.3-5
Resultado Adicionales de condiciones de proceso

Peso específico de las partículas de la arena (gr/mol)	Viscosidad Dinámica ($\frac{Kg}{m.s}$)	Densidad del líquido ($\frac{Kg}{m^3}$)
2,65	1,009x10 ⁻³	998,2

FUENTE: CRITES/TCHOBANOGLIOUS., 2012

3.3. PROPUESTA

En el diagnóstico se encontró que el principal problema es la gran fluidez de partículas de arena de gran tamaño y en menor proporción la contaminación mineralógica y química que se produce por la transformación química entre minerales presentes en el interior de las rocas y los componentes químicos de los explosivos que se genera en el proceso de explotación (perforación, voladura) cuyos contaminantes son arrastrados en el material particulado. Por lo que el diseño se caracterizará por ser un proceso eminentemente físico el cual ayudará a la eliminación del material particulado y así contrarrestar a la contaminación que se presentan en la zona minera Tren de Oro.

El diseño consta de dos niveles de tratamiento: Tratamiento preliminar el cual abarca a los Sistemas de las Rejilla y el Desarenado. El efluente residual entra a un Canal de rejillas cuyo espesor de las paredes son de 0,08 m el mismo que se encontrara provisto por un sistemas de rejillas cuyas barras serán malla metálica de acero estarán a un ángulo de inclinación de 55° parámetros sugeridos lo que permitirá una mejor fluidez del efluente evitando la disminución de la velocidad lo que provocaría el asentamiento de las partículas en el canal.

Luego el efluente ingresa al desarenador el mismo que consta de un canal, provisto de un baipás las cuales presentaran compuertas metálicas tanto al inicio como al final del baipás el espesor de la pared interna del baipás es de 0,05 m y de la pared externa del baipás es de 0,1m, el ancho es el mismo del canal de rejillas, largo de 2,04 m. La función básica del baipás es de transportar el efluente cuando se prosigue a la limpieza del tanque del desarenador, el mismo que desembocara directamente en la canaleta de Parshall.

A la entrada del Desarenador estará provista de una compuerta metálica. Luego el fluido desembocara en un deflector agujereado, cuya lámina es de acero el espesor de 0,03 m, ancho de 0,26 m, largo de 0,32 m el diámetro de orificio de 0,03m. El deflector permitirá una distribución y control del efluente hacia el interior del tanque, lo que evitará que se generen

turbulencia lo que provocaría el levantamiento de las partículas sedimentadas. En este proceso se generara la preclarificación debido a la sedimentación del material particulado y su correspondiente disminución de la carga contaminante del efluente.

El tanque de desarenacion es de forma rectangular de concreto donde las paredes del mismo tendrán un espesor de 0,10 m el cual evitara su deterioro prematuro debido al almacenamiento de agua residual con concentraciones mineralógicos propios de la minería el ancho del tanque es de 0,80 m la profundidad de 0,52 m la longitud de 1,10 m.

La base del tanque estará provista de tres decantadores de forma piramidal de concreto cuyo ancho nominal para cada uno es de 0,40 m de altura de 0,40 m de lo cual le dará la inclinación necesaria para una sedimentación más rápido de las partículas. Para la evacuación de los lodos sedimentados estará provisto de tres orificios de desfogues.

El efluente preclarificado al salir del desarenador será conducido por un vertedero en este caso tenemos la canaleta de Parshall, el mismo que medirá y controlará la velocidad del flujo del desarenador como del agua cruda ingresada por el baipás, las paredes de la canaleta son de concreto de un espesor de 0,008 m, longitud de la canaleta de 1,84 m. La característica de la canaleta de Parshall será de forma divergente al inicio del canal de un ancho de 0,26 m, convergente en la parte media de la canaleta con ancho de 0,076 m y divergente al final del canal con un ancho de 0,178 m. Lo cual permitirá que la variación de la velocidad del flujo sea tolerable, permitiendo así un mejor control de la velocidad y por ende una sedimentación más eficiente y total en la última etapa del proceso.

Finalmente llegará a la etapa de tratamiento primario compuesto por un Tanque de Sedimentación donde el ancho del tanque es de 1,82 m, longitud de 3,64 m, altura de 1,5 m espesor de las paredes es de 0,10 m. El tanque está provisto de canal de entrada y de salida, el canal de entrada es la parte divergente final de la canaleta de parshall y el canal es un vertedero de forma circular.

Para una eficiente sedimentación y por ser la última etapa del proceso El tanque de sedimentación es de forma Rectangular dispondrá de placas de sedimentación en este caso serán placas de asbesto cemento que son las más utilizadas en los sedimentadores primarios, cuyo ángulo de inclinación de las placas es de 60° , espesor de 0,01 m, ancho de 1,0 m, longitud de 1,2 m, distancia entre placas de 0,06 m.

En la zona de sedimentación de lodos la pared del tanque son de concreto de forma piramidal lo que permitirá un mejor asentamiento y por ende una mejor evacuación de los lodos a través de la correspondiente válvula que permitirán las salidas de los lodos hacia el sistema de tuberías de PVC y así ser desembocados en el tanque de lodos. Hay que tener presente que debido a que el área donde se diseñara el sistema es una zona con una pendiente considerable lo cual va a facilitar de manera satisfactoria el desfogue de los lodos, sin la necesidad de bombas mecánico para su evacuación.

Solo en el Tratamiento primario se generara una Remoción de SST 50 % y DBO de 29% tomando en cuenta que es una agua ya preclarificada, es decir que en el Pretratamiento ya se genera una eliminación considerable de carga contaminante, y con un buen control específicamente en la velocidad de fluido en todo el proceso del Sistema de tratamiento en general, puede eliminar entre (70 - 80) % de la carga contaminante, garantizando y justificando así el desarrollo del proyecto.

3.4. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos permitió saber cuáles de los parámetros tienen mayor influencia en la contaminación ambiental, en especial al medio hídrico y así poder tomar las medidas pertinentes para su respectivo control. Se enfocó específicamente en los cambios y efectos que se producen en la etapa que comprende la Explotación en la que se generan las mayores alteraciones al medio, debido al uso de los equipos y materiales que se necesitan para la perforación como son: el equipo neumático (barreno, compresor, oxígeno agua) y la voladura como son los explosivos (dinamita, fulminante, detonantes, mechero, etc.) que son los mayores responsables de las mayores modificaciones del ambiente.

El equipo neumático y los explosivos durante el proceso de explotación provocan alteraciones. Debido a que el primero por la perforación y consumo de agua genera una contaminación física, (desprendimiento de material particulado) y el consumo de agua que se ha utilizado para la reducción del material. El segundo genera una contaminación física y química, dando lugar a la formación de CO_2 (formación del ácido carbónico), presencia del SO_2 , formación de sales (aniones y cationes) por lo que fue indispensable el análisis de ciertos parámetros.

Los principales parámetros que se consideró como medida indispensable de análisis dentro de una minería es el pH, cuyo resultado es de 6,6 el cual se encuentra dentro de los valores permisibles. Dando a entender que los gases y los residuos de la explotación no afectan significativamente este parámetro, debido a la dilución importante que presenta el agua de la mina al ser un área de alta pluviosidad.

Se tiene la presencia de sales, lo que involucra la presencia de aniones y cationes que tienen dos consecuencias: provocan las reacciones de equilibrio gases-agua. Ya que en el proceso de explotación se produce la disolución de los compuestos solubles como material particulado, sales y minerales de las rocas presentes en el interior de la mina, generando así la presencia de

aniones como bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) y cloruro (Cl^-), y los cationes, Ca^{2+} y Mg^{2+} ; por lo que fue indispensable el análisis de ciertos parámetros como la Alcalinidad de 212 mg/L CaCO_3 ; Cloruros de 20,6 mg/L CaCO_3 ; Calcio de 77,3 mg/L Ca^{2+} ; Amonios de 4,5 de mg/L NO_3^- ; Sulfatos de 135,7 de mg/L SO_4^{2-} ; los mismos que se encuentran dentro de los límites de control.

Especial importancia se tomó en cuenta el contenido en algunos aniones considerados como nutrientes como el Fosfato de 10,0 mg/L PO_3^{3-} que se encuentra sobre el límite superior y el Nitrato de 25,1 mg/L NO_2^- ; que se encuentra dentro del límite y que son esenciales para la vida de las plantas. La presencia de estos se debe en la etapa de voladura, ya que se produce la explotación y desintegración de la roca provocando la transformación química entre componentes (dinamita), agua y minerales presentes en la roca produciendo así el fenómeno denominado “eutrofización”, que implica el crecimiento significativo de las poblaciones de algas y la subsiguiente eliminación del oxígeno debido al consumo prioritario de éstas.

Otro parámetro de análisis fue la Turbiedad de 1158,4 NTU; a pesar de no especificar en las normas los límites permisibles por la coloración u obscurecimiento de la masa del efluente residual, se determinó que el control sería necesario. Debido a que este cambio de tonalidad limita la zona fótica (zona iluminada), y por lo tanto la fotosíntesis de otras seres acuáticas.

Otra medida de control de análisis importante es el contenido de Hierro de 10 mg/L Fe^{2+} que se encuentre en el límite máximo pero dentro de norma y el Plomo de 5,7 mg/L Pb^{2+} que se encuentra fuera de norma. Se debe al contenido mineralógico que se halla en el interior de las rocas las cuales son desprendidas y son conducidas en el material particulado llevados por el efluente residual y depositado en el estero.

Los problemas generados están más en el contenido de residuos por el uso de las sustancias químicas, contaminación que se evidencia en el resultado elevado de la DQO cuyo valor promedio es de 1700 mg/L. Sin embargo el resultado de la DBO_5 es de 27 mg/L, valores que

no tienen correspondencia con una DQO elevada, por tanto se puede considerar que el agua no tiene contaminación por sustancias orgánicas y el valor del DQO estaría más bien sujeto a la presencia de sustancias reductoras, que consumen el oxidante.

Se puede ver que los parámetros de mayor consideración de control y que se encuentran fuera de los límites de control son Sólidos Totales de 29012 mg/L, Sólidos Sedimentables de 7860 mg/L, los cuales se forman desde la etapa de preparación hasta la explotación del área. Ya que todo el material particulado muchas de las veces son arrastradas por la dinámica del fluido produciendo la turbidez más evidente en el efluente residual, partículas en suspensiones, y partículas en sentido estricto (partículas sólidas arrastradas) las cuales constituyen un problema en cuanto a la calidad del agua no solo por su presencia, que constituye un factor negativo sobre todo de cara a su aspecto, sino también porque a menudo a estas partículas sólidas se adhieren una gran cantidad de contaminantes: metales pesados como el plomo, bacterias, etc. Por lo que nuestra Planta de Tratamiento se enfocará más a la reducción de estos parámetros fuera de control.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Concluido con la investigación es necesario tomar en cuenta los problemas que se suscitan en la zona donde se realiza la minería subterránea, llegando a las siguientes conclusiones:

- El estado de desfogue del efluente residual es completamente turbia de un color objetable debido a la presencia de gran cantidad de material particulado, el cual es evacuado por un canal pequeño que parte desde el interior del socavón, a la salida de la mina, este canal no tiene un cauce bien definido lo que provoca que las aguas se dispersen o acumulen indiscriminadamente generando una mayor contaminación del suelo, debido al contacto del efluente con la roca fragmentada ubicado alrededor del área minera, antes de desembocar en el río.
- Los análisis realizados a la salida del socavón determinaron que los parámetros con alto riesgo de contaminación son Turbiedad de 1158,4 UNT; Plomo de 5,7 mg/L; DQO de 1700 mg/L; Sólidos Totales de 29012 mg/L; Sólidos Sedimentables de 7860 mg/L. Por tanto la contaminación generada por la explotación minera en un mayor porcentaje es de carácter Físico.
- Se determinó las diferentes variables necesarias para el dimensionamiento del sistema de tratamiento como: Caudal de 2,3 L/s; Temperatura 20,3 C; Viscosidad dinámica $2,3 \times 10^{-3} \text{ Kg/m. s}$; Densidad $998,2 \text{ Kg/m}^3$; Peso específico partícula 2,5 g/mol.
- Se efectuó los cálculos de ingeniería permitiendo el Dimensionamiento de la Planta de tratamiento que consta de un Tratamiento preliminar y un Tratamiento primario, cuyos parámetros principales de cálculo son: Sistema de rejillas (área del canal de $0,014 \text{ m}^2$;

longitud de 0,82 m; espesor de las barras 0,006 m; espaciamento entre barras 0,04 m; eficiencia de 0,857); Desarenador (volumen del tanque de 0,45 m³; velocidad de sedimentación de 0,10 m/s); Sedimentador (longitud del tanque de 3,64 m; altura de 1,5 m; ancho de 1,82 m; tiempo de retención de 1,2 h; número de placas 39).

4.2. RECOMENDACIONES

- En la construcción del desarenador se recomienda hacerlo con dos canales especialmente cuando se tiene caudales de efluentes grandes, uno que funcionará normalmente y el otro que servirá para la evacuación, limpiezas del lodo, o cuando sea necesario un mantenimiento del sistema.
- Los fangos obtenidos del agua residual deben ser evacuados a tanque de almacenamiento y ser llevados a un tratamiento previo, el mismo que debería constar de almacenamiento, homogenización de estos para luego llevarlo a una estabilización, desinfección y deshidratación para poder ser vertido en el relleno sanitario, o ser utilizado como abono por la presencia de algunos minerales aptos para la agricultura.
- Debido a la explotación continua del socavón y las condiciones climáticas provocan que el perímetro aledaño se torne frágil, lo cual conlleva al deslizamiento de tierras. Es necesario la creación de muros de contención para evitar el deslizamiento del material y provocar taponamiento en el sistema de tratamiento.
- Por la presencia de un número considerable de otras zonas mineras (socavones), aledañas al área minera Tren de Oro, donde los efluentes residuales desembocan al mismo río. Se recomendaría realizar un solo vertido de estos efluentes para la realización de un solo diseño de una Planta de tratamiento, lo que permitirá una reducción de costo para las sociedades mineras, debido a la implementación y mantenimiento de los Sistemas de tratamientos, lo que generará menor impacto

ambiental hacia la naturaleza, generando así un mayor control por parte de todas las sociedades que se dedican a la minería artesanal en el recinto.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.,** Calidad y Tratamiento del Agua., 5a. ed., Madrid - España., Mc Graw-Hill., Interamericana de España S.A.U., 2002., Pp. 131-373.
- 2. AZEVEDO N., J. M. Y ACOSTA A. G.,** Manual de Hidráulica., 6a ed., Editorial Harla S. A., D.F México – México., 1976., Pp. 570-580.
- 3. BIANUCCI GIOVANNI – ESTHER RIBALDONE B.,** L' Analisi Chimica delle Acque Naturalied Inquinata., 2a. ed., Milano-Italy., Editorial Ulrico Hoepli., 1980., Pp. 134-197.
- 4. CRITES TCHOBANOGLOUS.,** Tratamiento de Aguas Residuales., Santa Fe Bogotá–Colombia., Editorial Mc Graw-Hill., Interamericana S.A., 2000., Pp. 293-303.
- 5. G. TYLER MILLER, JR.,** Ecología y Medio Ambiente., Madrid - España., s.edt., 1984., Pp. 2 –5; 197-200.

6. **JACK M. VERREY (American Water Works),** Agua su calidad y Tratamiento., 1a. ed., D.F México - México., Editorial UTEHA., 1999., Pp. 508-520.

7. **KEITH LYE.,** Los minerales y rocas., 1a. ed., Barcelona - España., s.edt., 1968., Pp. 8-11.

8. **METCALF Y EDDY, INC.,** Ingeniería de Aguas Residuales., 2a. ed., New York - Estados Unidos., Editorial Mc Graw-Hill., 1996., Pp. 512–545.

9. **OCON P. TOJO J.,** Problemas de Ingeniería Química., Vol. I., D. F México - México., Editorial Aguilar., 1980., Pp. 330; 336.

10. **PERRY J.,** Manual del Ingeniero Químico., D. F México - México., Editorial Mc Graw-Hill., 1985., Pp. 445-452.

11. **RAMALHO RUBENS S.,** Tratamiento de aguas residuales., 3ra. ed., Quevec – Canadá., Editorial Reverte S.A., 1983., Pp. 92 –104.

12. **V.I. SMIRNOV.,** Geología de Yacimientos Minerales., Moscú - Unión Soviética., Editorial MIR., 1982., Pp. 11–15.

- 13. ECUADOR., (LIBRO VI)., NORMA DE CALIDAD
AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:
RECURSO AGUA., Quito - Ecuador., 2008., Pp. 301-303.**

INTERNET

- 14. AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL MINERO
(ARCOM)**

[http://www.arcom.gob.ec/index.php/transparencia/cat_vie/127-
leyes-y-reglamentos.](http://www.arcom.gob.ec/index.php/transparencia/cat_vie/127-leyes-y-reglamentos)

19/01/2012

- 15. IMPACTO Y CONTROL AMBIENTAL**

[http://es.scribd.com/doc/3135799/Control-Ambiental-Mineria.](http://es.scribd.com/doc/3135799/Control-Ambiental-Mineria)

02/10/2012

- 16. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS
POR LA MINERÍA**

[http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/IMPACTOAMBIENTAL/
MINERA.pdf](http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/IMPACTOAMBIENTAL/
MINERA.pdf)

07/02/2012

- 17. PROCESOS DE TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS DE
MINERÍA**

<http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM9.htm>

05/11/2012

18. SEDIMENTACIÓN

<http://www.bdigital.unal.edu.co/2006/1/8646493.2010.pdf>

07/11/2012

19. VERTEDEROS

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3165_C.pdf

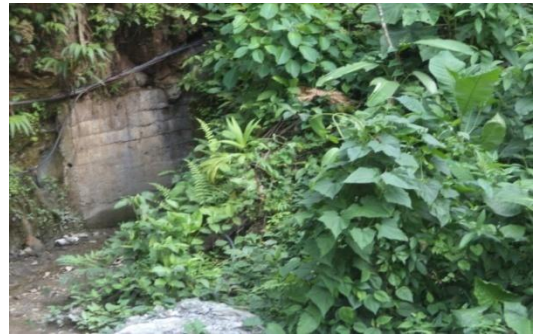
21/12/2012

ANEXOS

ANEXO I
Área Minera Tren de Oro



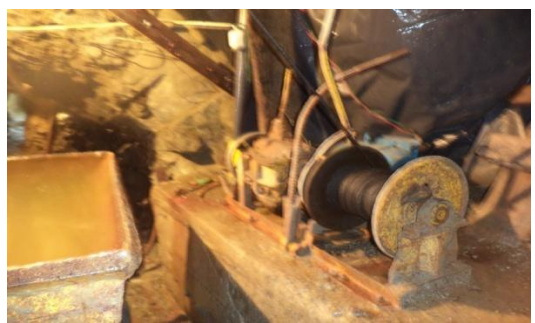
a. Zona minera



b. Entrada al socavón



c. Sistema eléctrico



d. Accesorios en el interior de la mina



d. Evacuación del efluente



e. Área de depósito del material

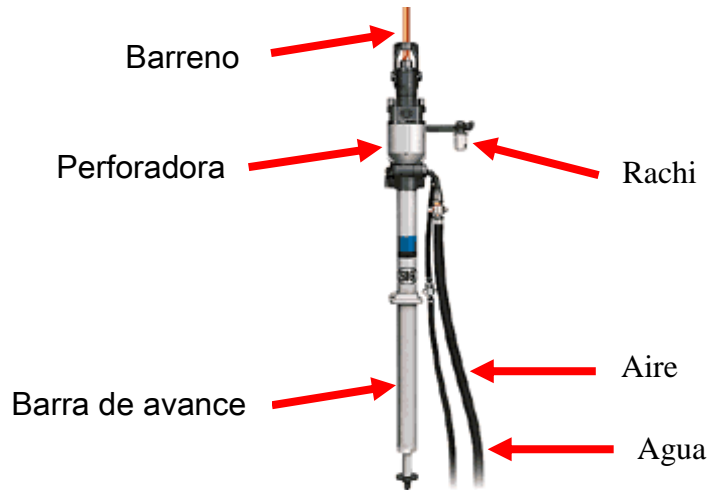
NOTAS:	CATEGORIA: <input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Área Minera Tren de Oro		
			Lámina	Escala	Fecha
			1 N	Normal	08/01/13

ANEXO II

Equipos básicos para la Explotación Minera Subterránea



a. Compresor



b. Equipo de perforación



c. Explosivos



d. Coche coop

NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Equipos básicos para la Explotación Minera Subterránea		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			2N	Normal	08/01/13

ANEXO III

Dimensiones estándar de medidores Parshall, (cm)

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
pulg	cm									
1	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	38,1	7,6	20,3	1,9	2,9
3	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	10,0
6	15,2	62,1	61,0	30,5	40,3	53,3	30,5	45,7	3,8	11,4
9	22,9	88,0	86,4	45,7	57,5	61,0	45,7	61,0	6,9	17,1
1	30,5	137,1	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1 ½	45,7	144,8	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2	61,0	152,3	149,3	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3	91,5	167,7	164,2	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4	122,0	182,8	179,2	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5	152,5	198,0	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6	183,0	213,3	209,1	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7	213,5	228,6	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8	244,0	244,0	239,0	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10	305,0	274,5	260,8	366,0	475,9	122,0	91,5	122,0	14,2	34,3

FUENTE: AZEVEDO N., 1998

NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Dimensiones estándar de medidores Parshall.						
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Lámina</th> <th style="width: 33%;">Escala</th> <th style="width: 33%;">Fecha</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3N</td> <td style="text-align: center;">Normal</td> <td style="text-align: center;">08/01/13</td> </tr> </table>	Lámina	Escala	Fecha	3N	Normal	08/01/13
Lámina	Escala	Fecha							
3N	Normal	08/01/13							

ANEXO IV

Resultados de los parámetros de muestreo del efluente residual

Semana	Tiempo (s)	Muestreo por día	Caudal promedió (m^3/dia)	Volumen ind. requerido (L)
		Caudal (L/s)		
Primera	0,434	2,30	$2,3 \times 10^{-3}$	1,60
	0,436	2,29		1,59
	0,432	2,30		1,60
	0,432	2,31		1,61
	0,434	2,30		1,60
Segunda	0,458	2,18	$2,2 \times 10^{-3}$	1,58
	0,454	2,20		1,60
	0,456	2,19		1,59
	0,450	2,22		1,61
	0,454	2,20		1,60
Tercera	0,471	2,12	$2,13 \times 10^{-3}$	1,59
	0,465	2,15		1,62
	0,467	2,14		1,61
	0,471	2,12		1,59
	0,473	2,11		1,58
Cuarta	0,471	2,12	$2,10 \times 10^{-3}$	1,62
	0,481	2,08		1,58
	0,483	2,07		1,57
	0,478	2,09		1,59
	0,467	2,14		1,63
Quinta	0,546	1,83	$1,83 \times 10^{-3}$	1,60
	0,543	1,84		1,61
	0,546	1,83		1,60
	0,543	1,84		1,61
	0,549	1,82		1,59

FUENTE: BONILLA W., 2012

NOTAS:	CATEGORIA: <input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Resultados de los parámetros de muestreo del efluente residual		
			Lámina	Escala	Fecha
			4N	Normal	08/01/13

ANEXO V

Valores de las constantes empíricas a y b para la remoción DBO₅ y SST.

Variable	A	B
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

FUENTE: CRITES / TCHOBANOGLOUS., 2000

NOTAS:							
<p>CATEGORIA:</p> <input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Valores de las constantes empíricas a y b para la remoción DBO ₅ y SST.			Lámina	Escala	Fecha
			5N	Normal	08/01/13		

ANEXO VI

Condiciones de diseño para el dimensionamiento del Sistema de Tratamiento:

a. Parámetros de diseño del deflector en el Desarenador.

Característica	Medida
Ancho de deflectores (m)	0,2 – 0,4
Número de orificios de los deflectores	3 – 10
Diámetro de orificios(m)	0,01 – 0,06
Espesor del deflector (m)	0,15 – 0,06
Largo del deflector (m)	0,2 – 0,4

FUENTE: VERREY J., 1967

b. Parámetros de diseño de las Placas de asbesto-cemento en el Sedimentado.

h (m)	e (m)	l (m)
1,0	0,01	1,2

FUENTE: ARBOLEDA J., 2011

NOTAS:					
	CATEGORIA: <input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Condiciones de diseño para el dimensionamiento del Sistema de Tratamiento.		
			Lámina	Escala	Fecha
			6N	Normal	08/01/13

ANEXO VII

Informe de la primera muestra del análisis del agua.



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. William Bonilla

Fecha de Análisis: 22 de febrero de 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 27 de febrero de 2012

Tipo de muestras: Agua residual proceso de explotación minera

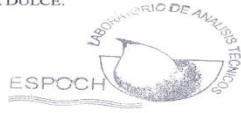
Localidad: Comunidad Santa Rosa de Agua Clara

Determinaciones	Unidades	*Método	*Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.5 - 9	7,0
Conductividad	µSm/cm	2510-B	< 3000	902,0
Turbiedad	UNT	2130-B		374,0
Alcalinidad	mg/L	2320-C		200,0
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B		20,0
Dureza	mg/L	2340-C		200,0
Calcio	mg/L	2340-C		60,8
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	**1000	9,9
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	**10	8,4
Amonios	mg/L	4500-NH ₄ -B	**10	1,2
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -C	30	17,4
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	**10	1,7
Plomo	mg/L		**0,2	4,9
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	**100	12,6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	**250	1560,0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	49440,0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2540-C	2000	560,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	1000	23000,0

*TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO. **TABLA 12. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Informe de la primera muestra del análisis del agua.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			7 N	Normal	08/01/13

ANEXO VIII

Informe de la segunda muestra del análisis del agua residual de mina.



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. William Bonilla

Fecha de Análisis: 15 de marzo de 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 23 de marzo de 2012

Tipo de muestras: Agua residual proceso de explotación minera

Localidad: Comunidad Santa Rosa de Agua Clara

Determinaciones	Unidades	*Método	*Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.5 – 9	6,40
Conductividad	µSm/cm	2510-B	< 3000	673,0
Turbiedad	UNT	2130-B		1069,0
Alcalinidad	mg/L	2320-C		180,0
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B		11,34
Dureza	mg/L	2340-C		120,0
Calcio	mg/L	2340-C		19,2
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	**1000	192,0
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	**10	8,7
Amonios	mg/L	4500-NH ₄ -B	**10	1,7
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -C	30	19,5
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	**10	9,4
Plomo	mg/L		**0.2	5,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	**100	19,4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	**250	1600,0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	26240,0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2540-C	2000	420,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	1000	4600,0

*TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO. **TABLA 12. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORIA:	Informe de la segunda muestra del análisis del agua residual de mina.						
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI						
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Lámina</th> <th style="width: 33%;">Escala</th> <th style="width: 33%;">Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">8N</td> <td style="text-align: center;">Normal</td> <td style="text-align: center;">08/01/13</td> </tr> </tbody> </table>	Lámina	Escala	Fecha	8N	Normal	08/01/13
Lámina	Escala	Fecha						
8N	Normal	08/01/13						

ANEXO IX

Informe de la tercera muestra del análisis del agua residual de mina.



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. William Bonilla

Fecha de Análisis: 19 de marzo de 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 26 de marzo de 2012

Tipo de muestras: Agua residual proceso de explotación minera

Localidad: Comunidad Santa Rosa de Agua Clara

Determinaciones	Unidades	*Método	*Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.5 - 9	6,5
Conductividad	µSm/cm	2510-B	< 3000	681,0
Turbiedad	UNT	2130-B		1790,0
Alcalinidad	mg/L	2320-C		250,0
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B		17,2
Dureza	mg/L	2340-C		144,0
Calcio	mg/L	2340-C		16,0
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	**1000	146,3
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	**10	10,6
Amonios	mg/L	4500-NH ₄ -B	**10	7,48
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -C	30	29,2
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	**10	15,0
Plomo	mg/L		**0.2	5,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	**100	39,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	**250	1800,0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	25550,0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2540-C	2000	422,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	1000	3500,0

*TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO. **TABLA 12. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

Atentamente


Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Informe de la tercera muestra del análisis del agua residual de mina.						
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Lámina</th> <th style="width: 25%;">Escala</th> <th style="width: 50%;">Fecha</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9N</td> <td style="text-align: center;">Normal</td> <td style="text-align: center;">08/01/13</td> </tr> </table>	Lámina	Escala	Fecha	9N	Normal	08/01/13
Lámina	Escala	Fecha							
9N	Normal	08/01/13							

ANEXO X

Informe de la cuarta muestra del análisis del agua residual de mina.



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. William Bonilla

Fecha de Análisis: 25 de marzo de 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 02 de abril de 2012

Tipo de muestras: Agua residual proceso de explotación minera

Localidad: Comunidad Santa Rosa de Agua Clara

Determinaciones	Unidades	*Método	*Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.5 - 9	6,4
Conductividad	µSm/cm	2510-B	< 3000	1100,0
Turbiedad	UNT	2130-B		989,0
Alcalinidad	mg/L	2320-C		220,0
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B		27,2
Dureza	mg/L	2340-C		200,0
Calcio	mg/L	2340-C		62,0
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	**1000	224,0
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	**10	11,5
Amonios	mg/L	4500-NH ₄ -B	**10	6,8
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -C	30	30,0
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	**10	11,2
Plomo	mg/L		**0.2	6,7
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	**100	23,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	**250	1650,0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	23680,0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2540-C	2000	682,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	1000	3900,0

*TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CALIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO. **TABLA 12. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORIA: <input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Informe de la cuarta muestra del análisis del agua residual de mina.		
			Lámina	Escala	Fecha
			10N	Normal	08/01/13

ANEXO XI

Informe de la quinta muestra del análisis del agua residual de mina.



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. William Bonilla

Fecha de Análisis: 3 de abril de 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 10 de abril de 2012

Tipo de muestras: Agua residual proceso de explotación minera

Localidad: Comunidad Santa Rosa de Agua Clara

Determinaciones	Unidades	*Método	*Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.5 - 9	6,8
Conductividad	µSm/cm	2510-B	< 3000	970,0
Turbiedad	UNT	2130-B		1570,0
Alcalinidad	mg/L	2320-C		210,0
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B		27,0
Dureza	mg/L	2340-C		240,0
Calcio	mg/L	2340-C		56,0
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	**1000	116,0
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	**10	11,2
Amonios	mg/L	4500-NH ₄ -B	**10	5,2
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -C	30	29,2
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	**10	12,8
Plomo	mg/L		**0,2	6,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	**100	42,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	**250	1890,0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	20150,0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2540-C	2000	601,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	1000	4300,0

*TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO. **TABLA 12. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

Atentamente


Dra. Gina Alvarez R.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORIA:		Informe de la quinta muestra del análisis del agua residual de mina.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Lámina	Escala	Fecha
			11N	Normal	08/01/13

ANEXO XII

Resultados de los parámetros dentro y fuera de norma análisis físico químico.

Parámetro	Unidad	Método	*Límites	Promedio Resultado
pH	Und	4500 B	6.5 – 9	6,6
Conductividad	µSm/cm	2510-B	< 3000	865,2
Turbiedad	NTU	2130-B	-	1158,4
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	2320-C	-	212,0
Cloruros	mg/L CaCO ₃	4500-Cl-B	**1000	20,6
Dureza	mg/L Cl ⁻	2340-C	-	212,0
Calcio	mg/L Ca ²⁺	2340-C	-	77,3
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	4500-SO ₄ -E	**1000	135,7
Fosfatos	mg/L PO ₃ ³⁻	4500-PO ₄ -B	**10	10,06
Amonios	mg/L NO ₃ ⁻	4500-NH ₄ -B	**10	4,5
Nitratos	mg/L NO ₂ ⁻	4500-NO ₃ -C	30	25,1
Hierro	mg/L Fe ²⁺	3500-Fe-D	**10	10,0
Plomo	mg/L Pb ²⁺	-	**0.2	5,7
DBO ₅	mg/L	5210-B	**100	27,2
DQO	mg/L	5220-C	**250	1700,0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	29012,0
Sólidos totales Disueltos	mg/L	2540-C	2000	537,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	1000	7860,0

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER., 201

NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Resultados de los parámetros dentro y fuera de norma análisis físico químico.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			12N	Normal	08/01/13

ANEXO XIII

Resultado de las características IN SITU del agua de minería.

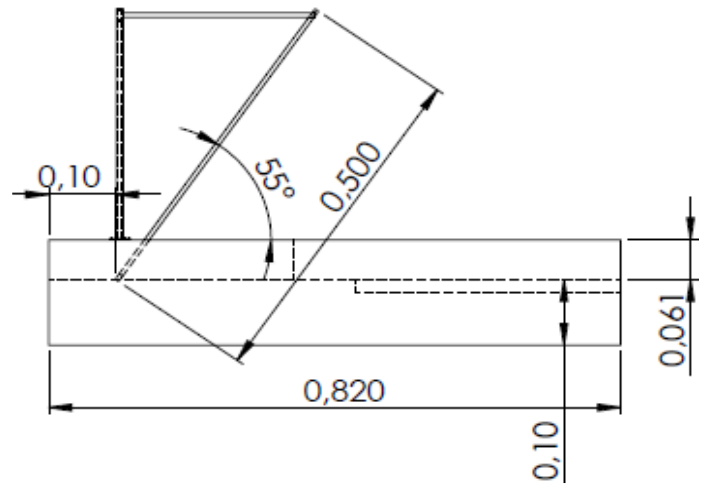
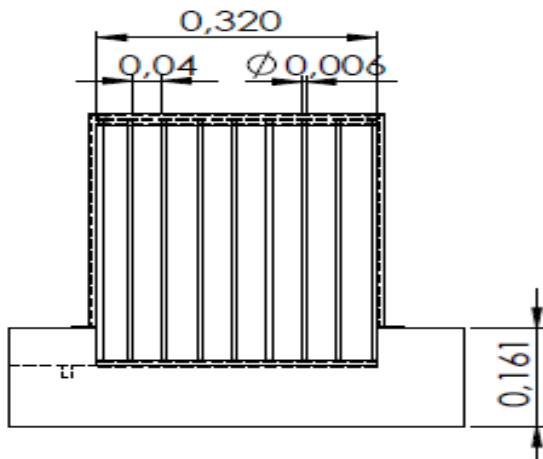
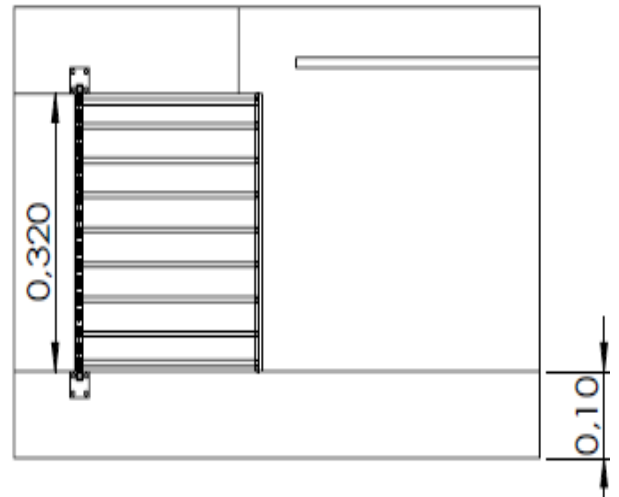
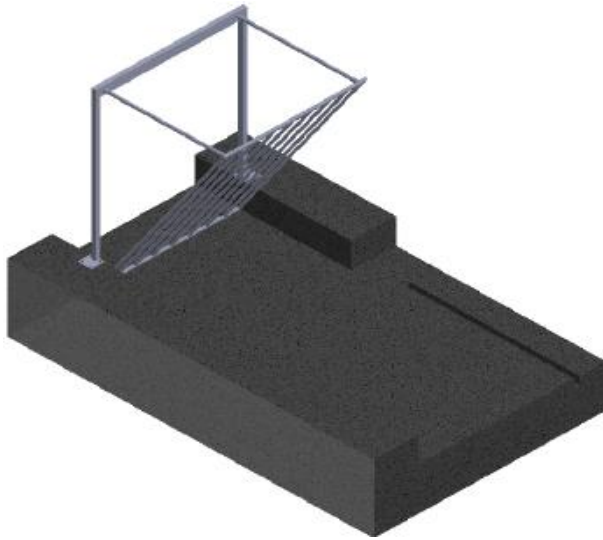
Parámetro	Unidad	Característica	Promedio
Olor	-	Objetable	-
Color	-	Plomizo	-
Caudal	L/s	-	2,3
Temperatura	C	-	20.3

FUENTE: BONILLA W., 2012

NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Resultado de las características IN SITU del agua de minería.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			13N	Normal	08/01/13

ANEXO XIV

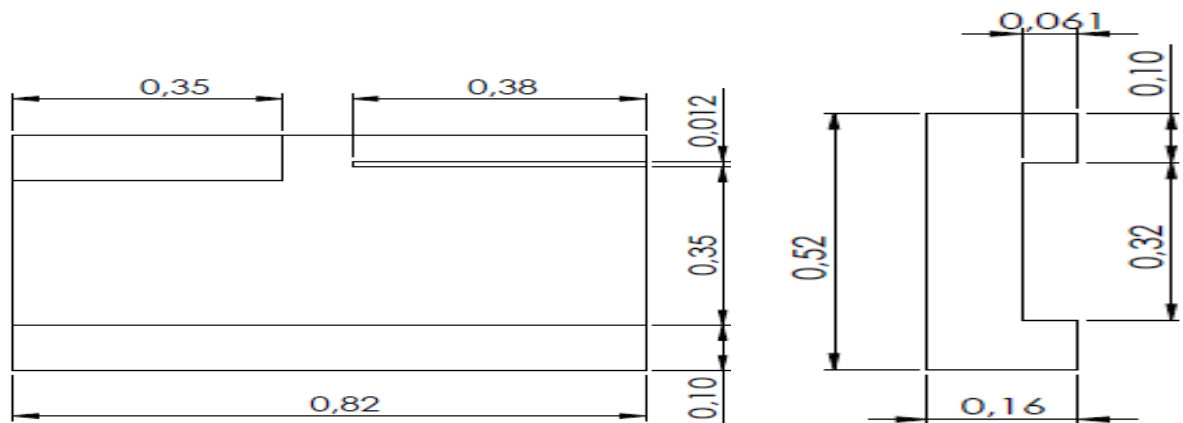
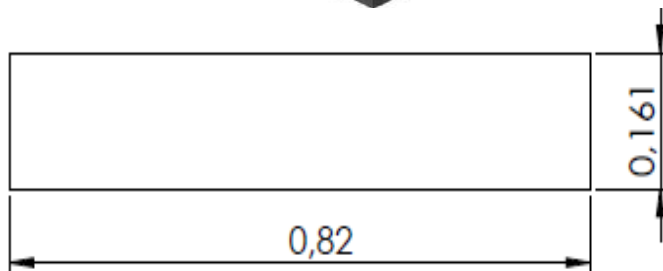
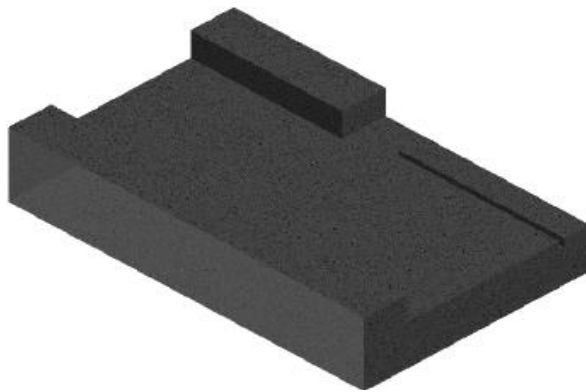
Diseño del Sistema de rejillas.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño del Sistema de rejillas.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			14N	Normal	08/01/13

ANEXO

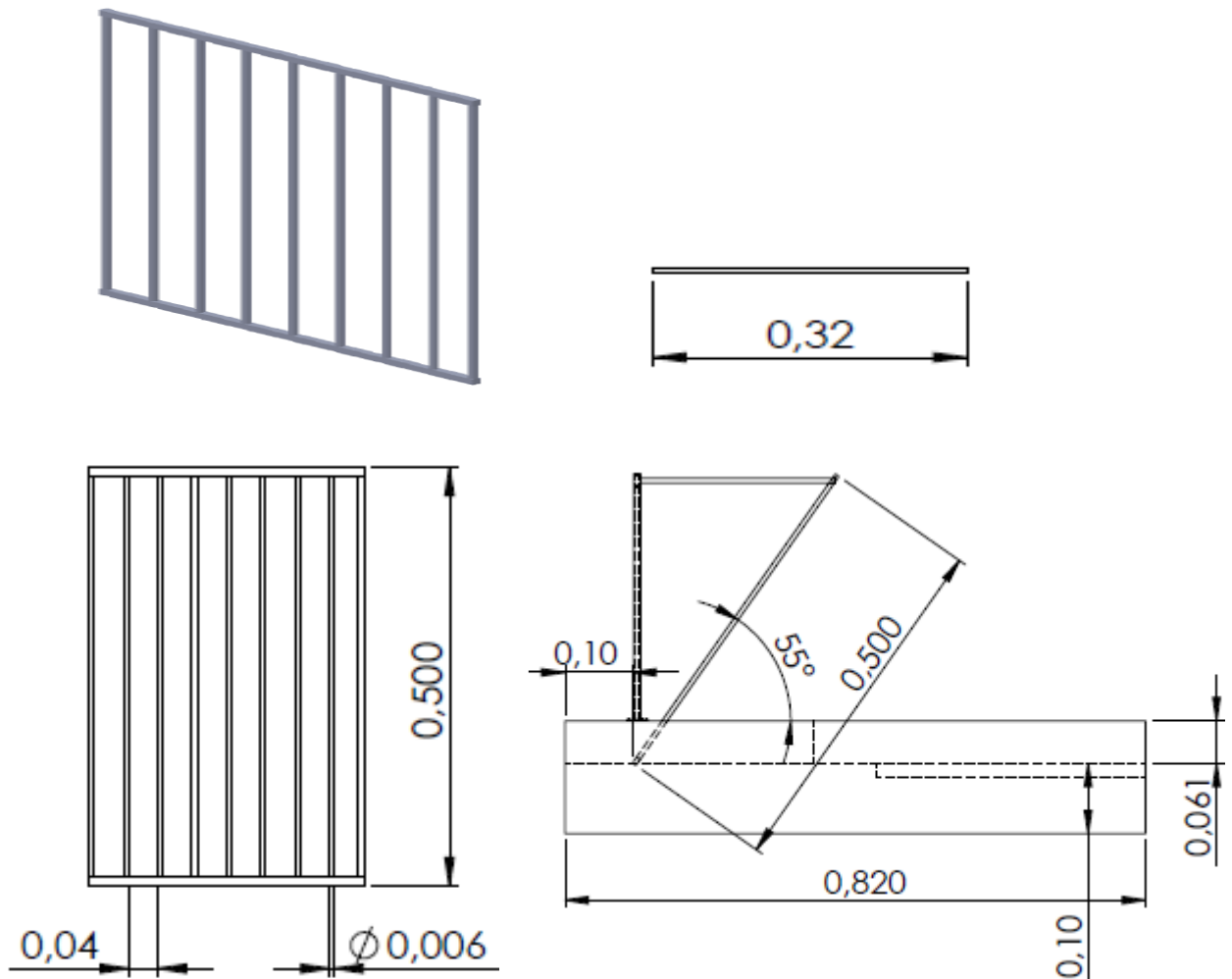
Diseño del canal de rejilla.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño del canal de rejilla.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			15N	Normal	08/01/13

ANEXO

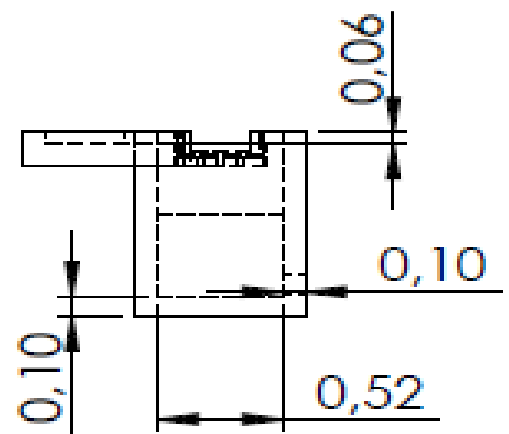
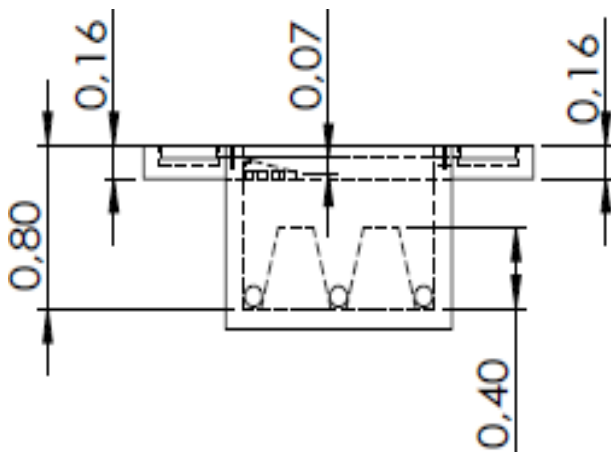
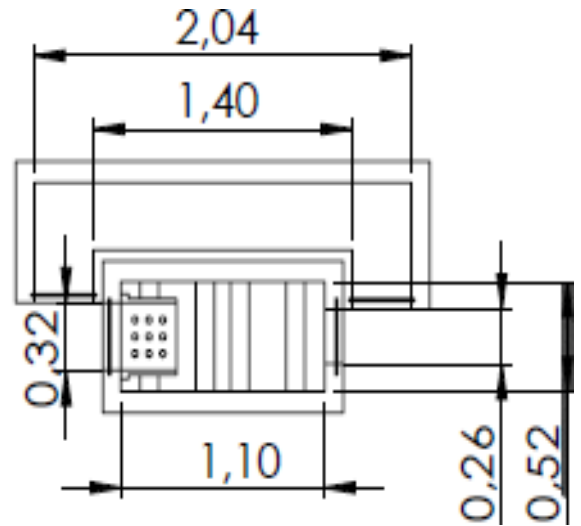
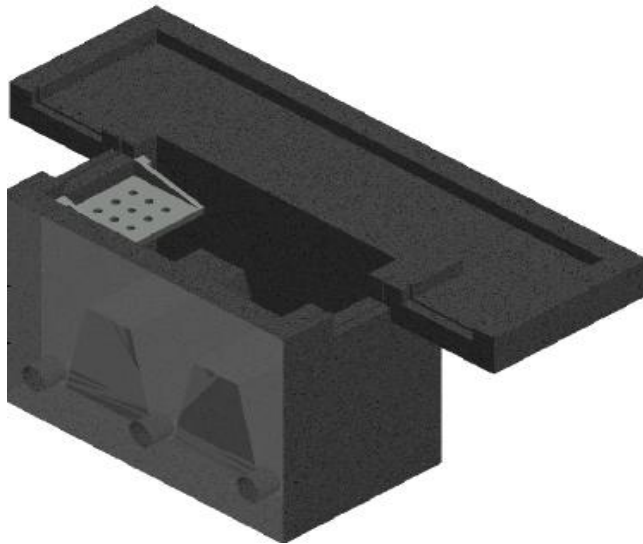
Diseño de las rejas.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño de las rejas.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			16N	1:5	08/01/13

ANEXO XV

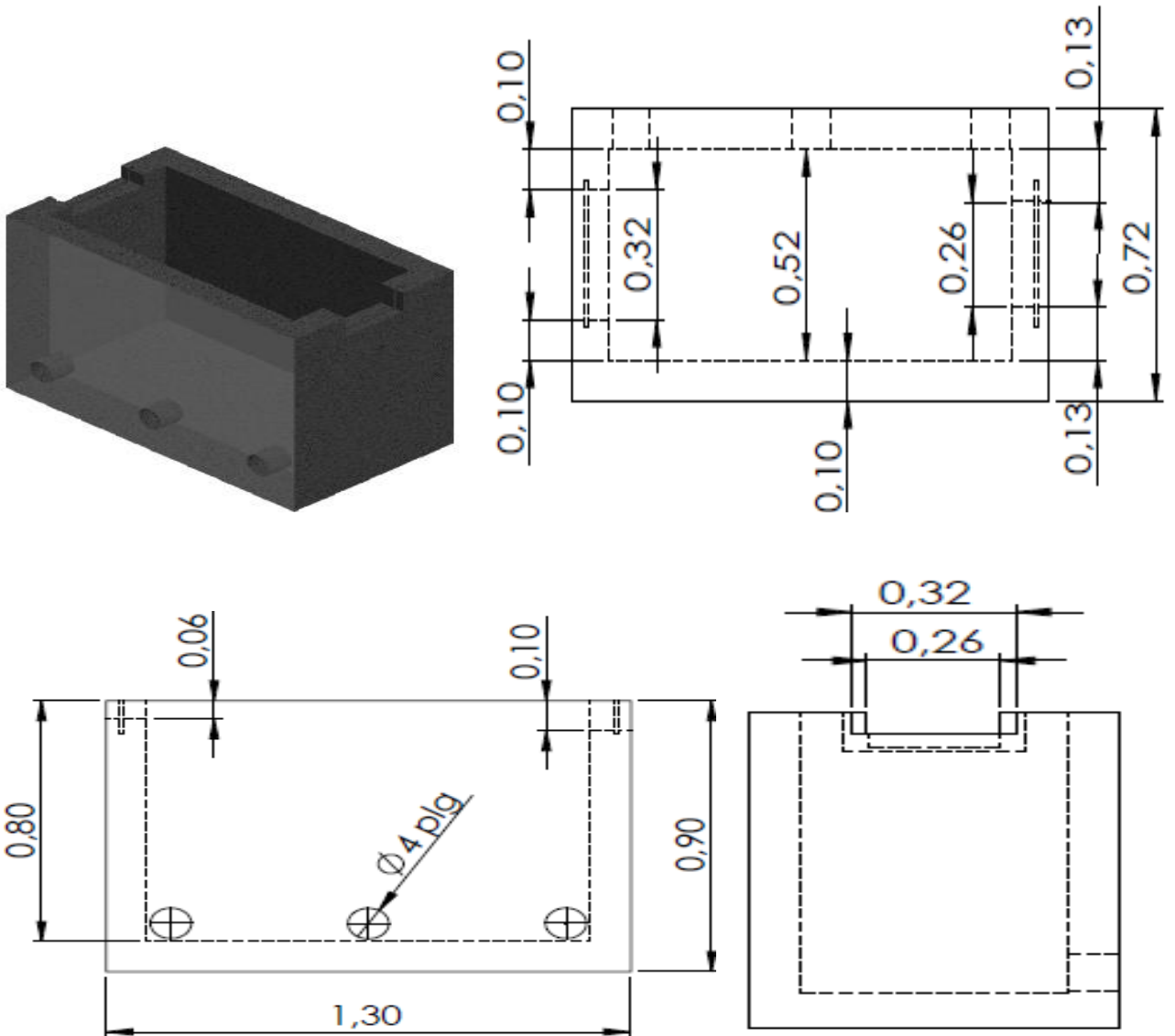
Diseño del Desarenador.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño del Desarenador.	
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala
			17N	1:10
				Fecha
				08/01/13

ANEXO

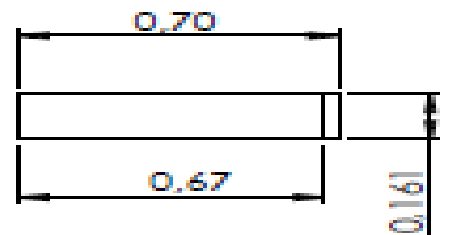
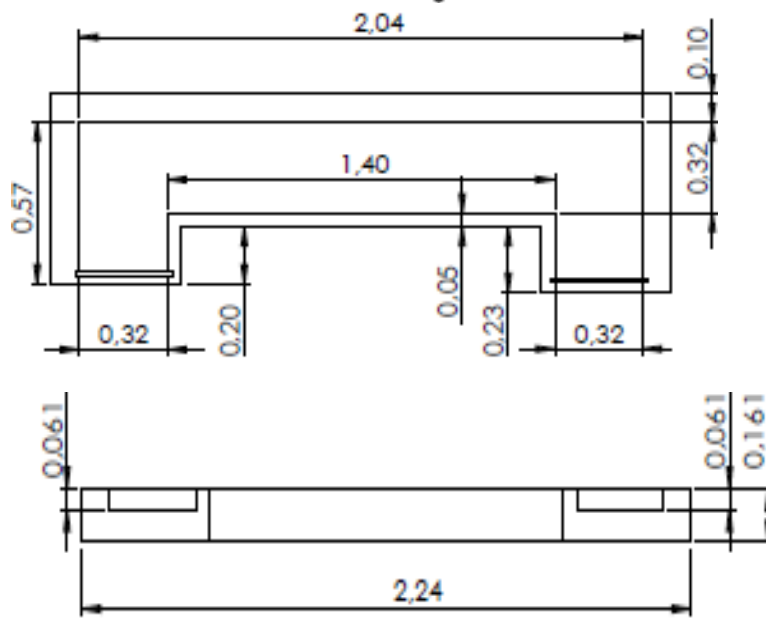
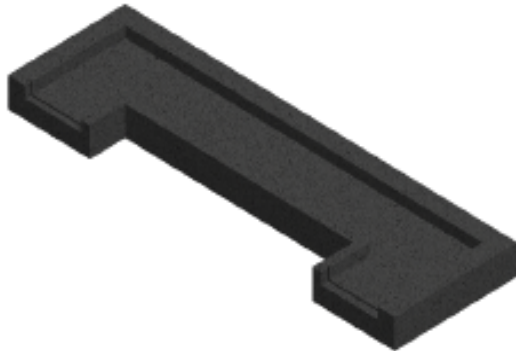
Diseño del Tanque del desarenador.



NOTAS:	CATEGORIA:		Diseño del Tanque del desarenador.	
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Lámina	Escala
			18N	1:10
				Fecha
				08/01/13

ANEXO

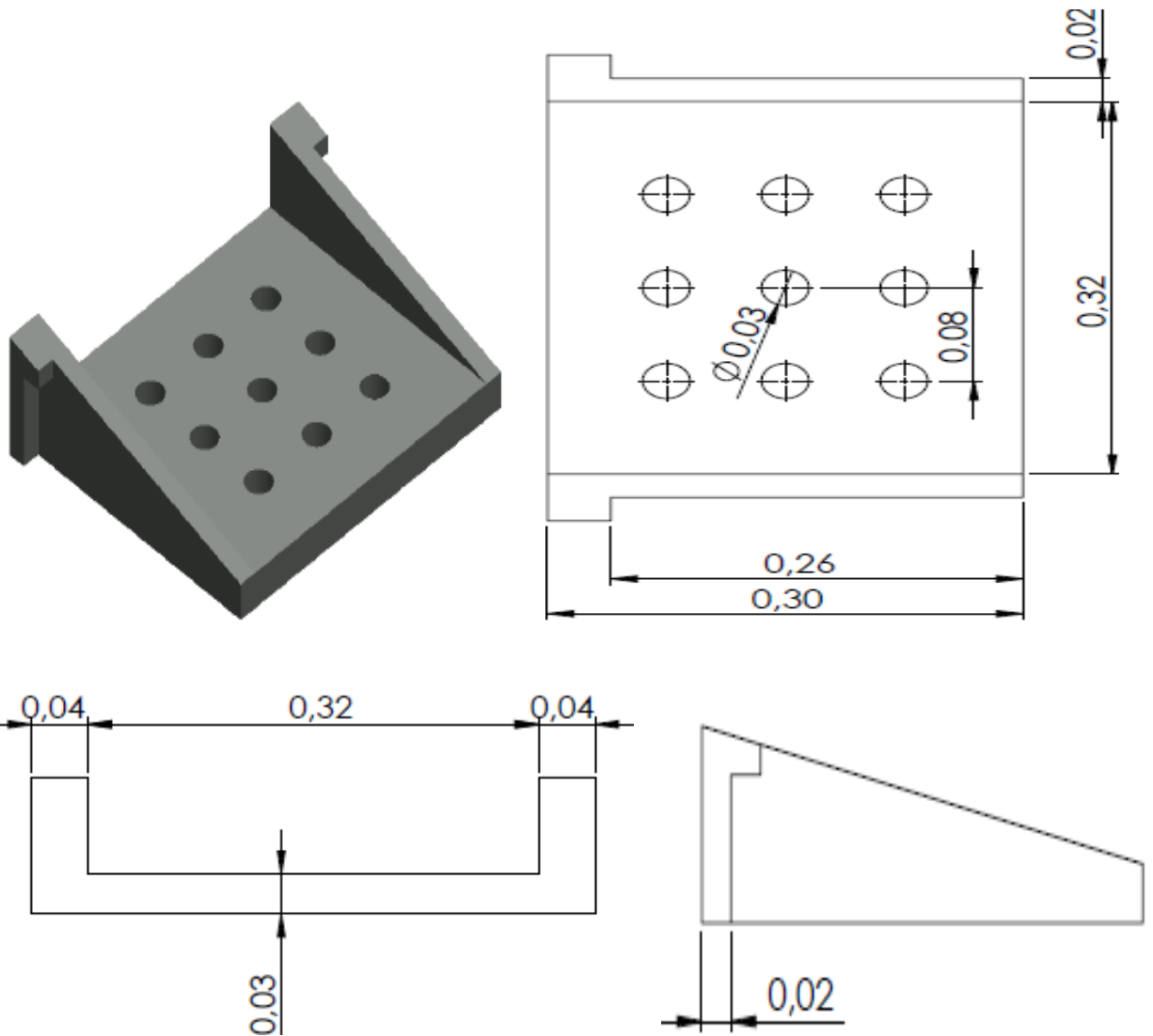
Diseño del Baipás.



NOTAS:	CATEGORIA:		Diseño del Baipás.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI			
			Lámina	Escala	Fecha
			19N	1:20	08/01/13

ANEXO

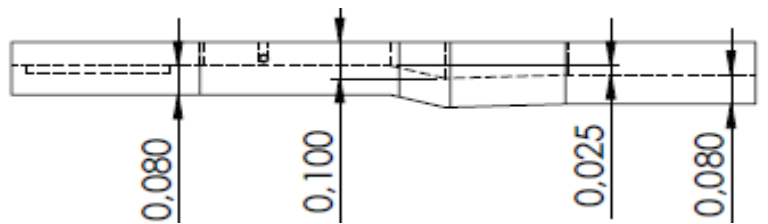
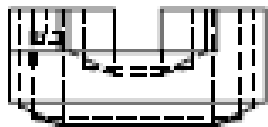
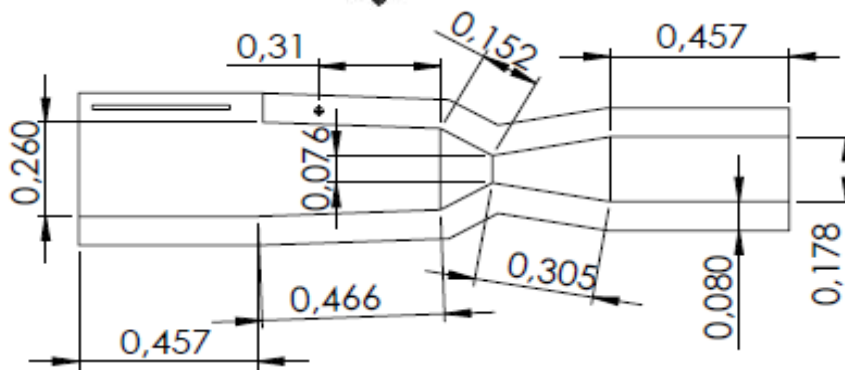
Diseño del Deflector del tanque de desarenación.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño del Deflector del tanque de desarenación.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			20N	1:20	08/01/13

ANEXO XVI

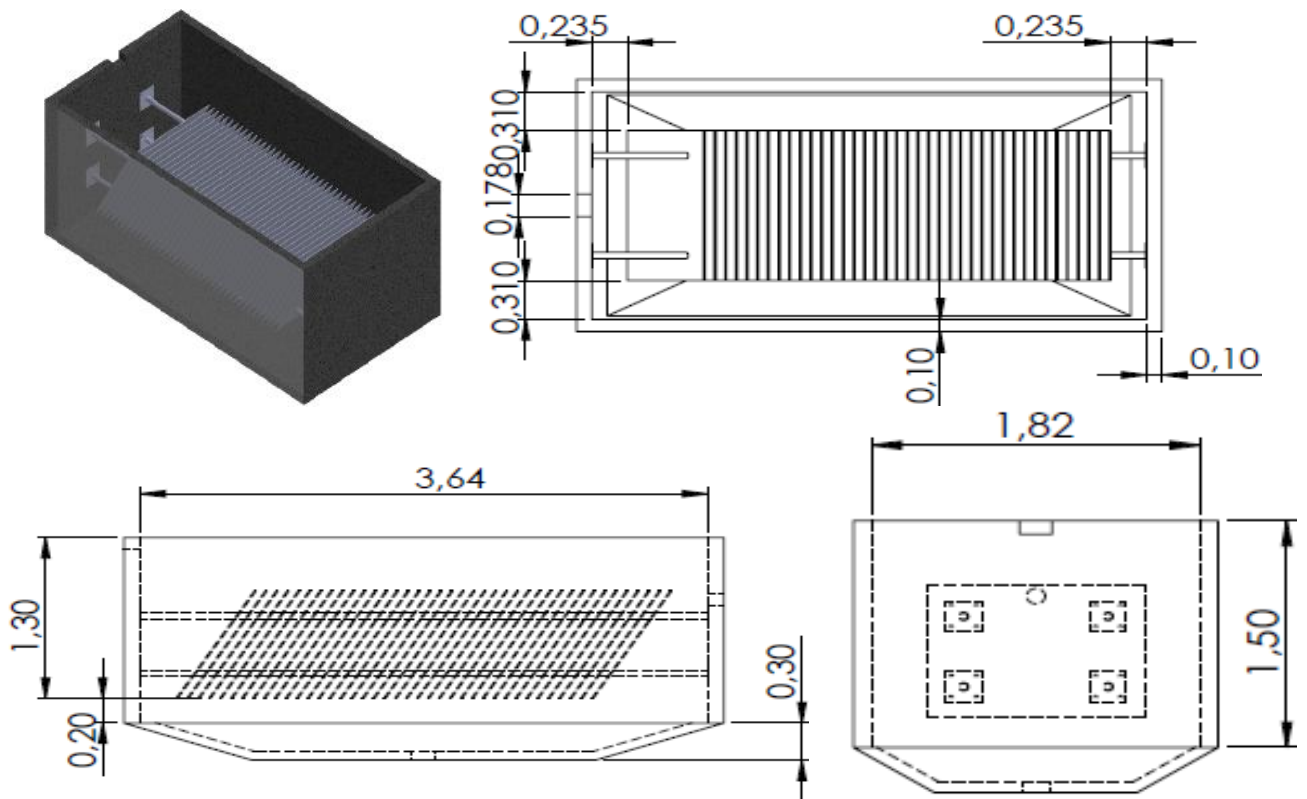
Diseño de la canaleta de Parshall.



NOTAS:	CATEGORIA:		Diseño de la canaleta de Parshall.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI			
			21N	1:20	08/01/13

ANEXO XVII

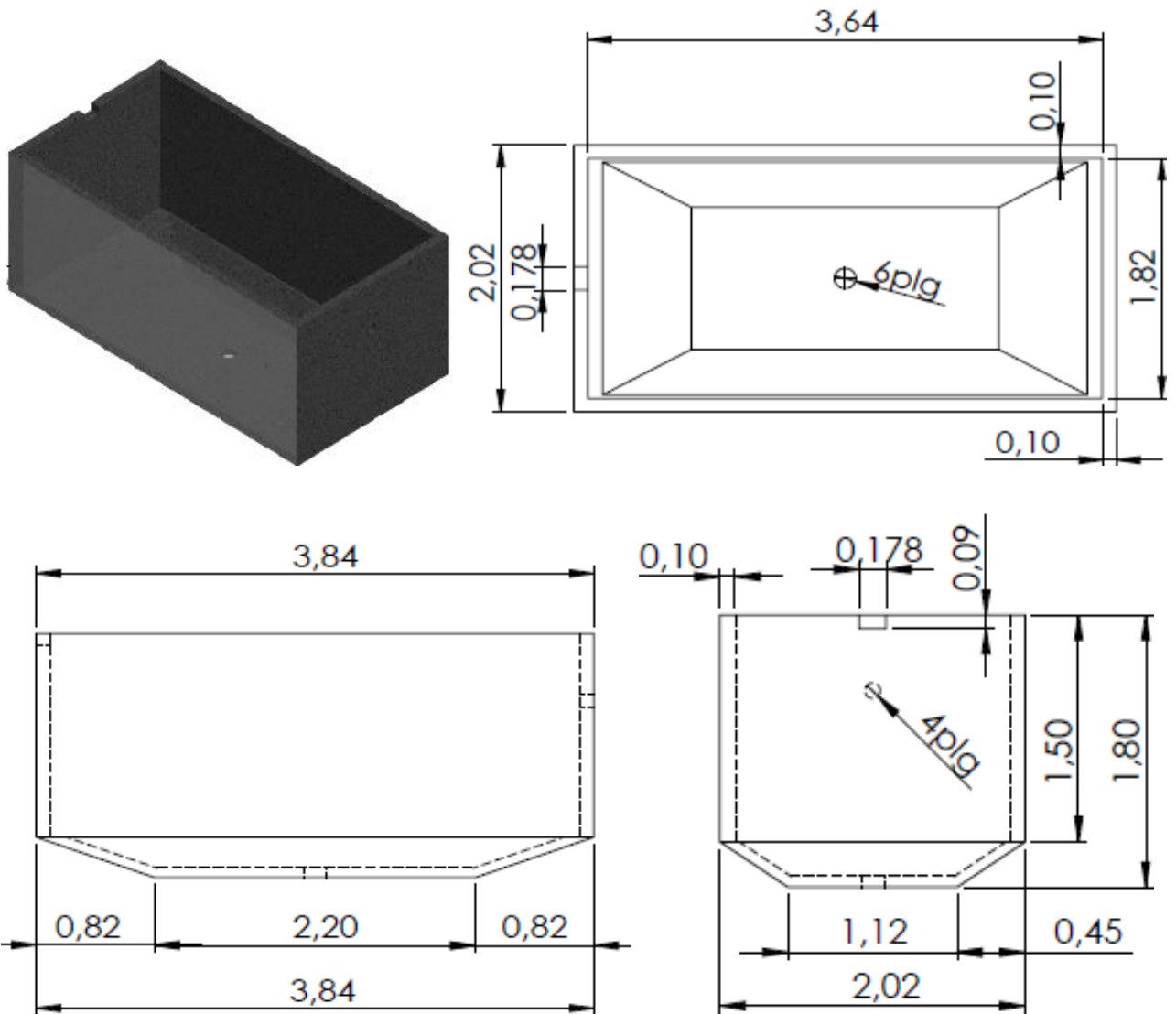
Diseño del Sistema del Sedimentador.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño del Sistema del Sedimentador.	
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala
			22N	1:20
				Fecha
				08/01/13

ANEXO

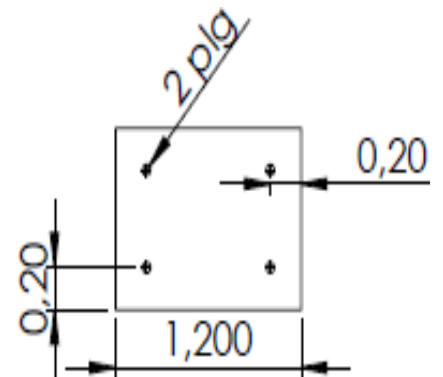
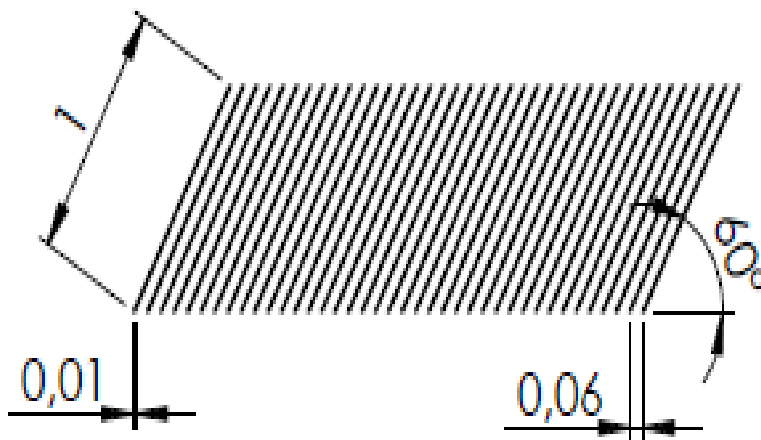
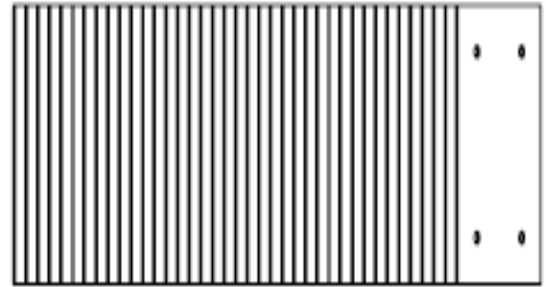
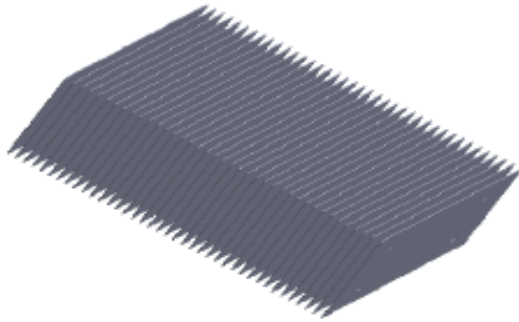
Diseño del Tanque del sedimentador.



NOTAS:	CATEGORIA:		Diseño del Tanque del sedimentador.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Lámina	Escala	Fecha
			23N	1:20	08/01/13

ANEXO

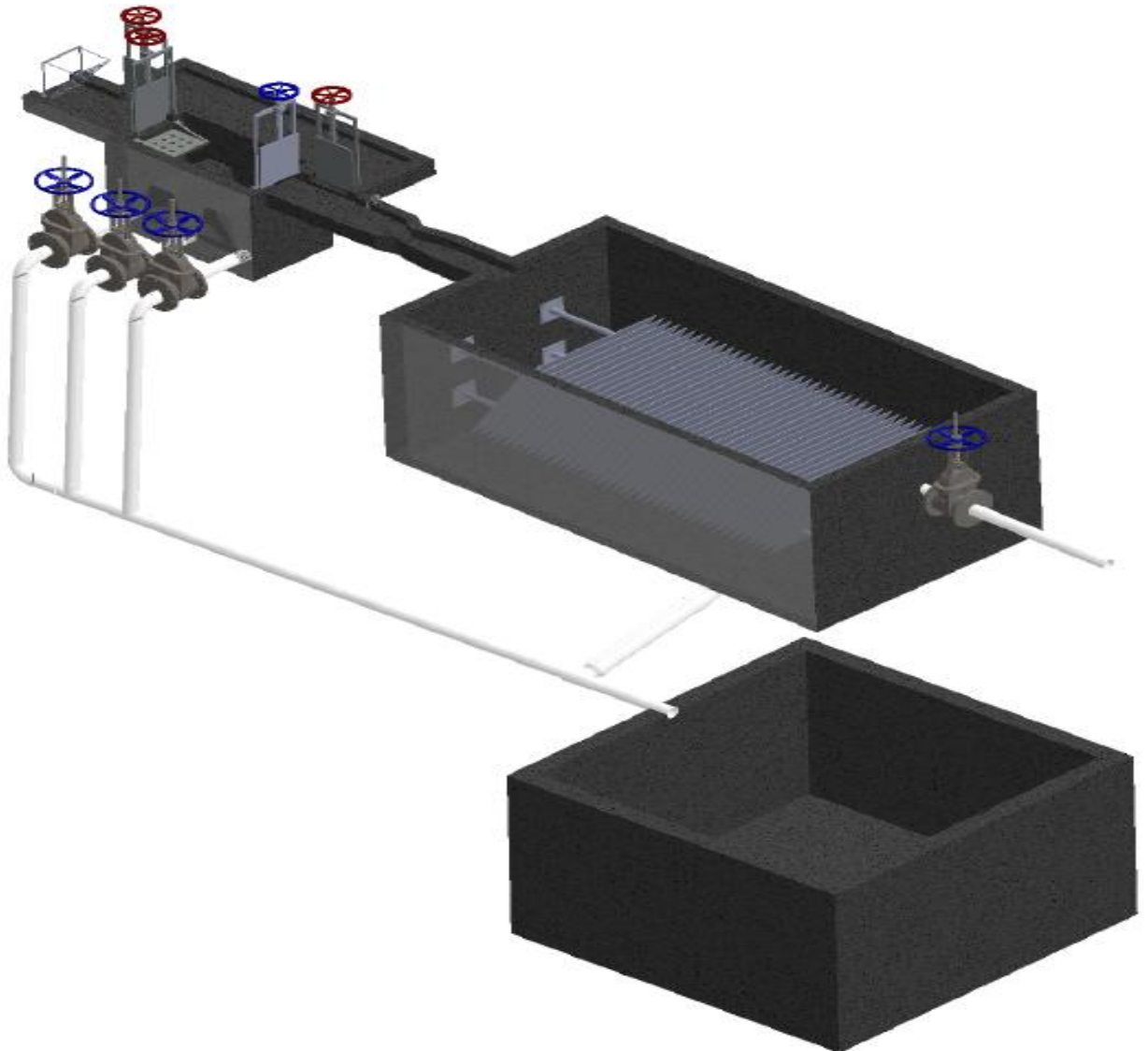
Diseño de las Placas de Asbesto cemento.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño de las Placas de Asbesto cemento.	
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala
			24N	1:20
				Fecha
				08/01/13

ANEXO XVIII

Diseño de la Planta de Tratamiento.



NOTAS:	CATEGORIA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA WILLIAM RODOLFO BONILLA AUQUI	Diseño de la Planta de Tratamiento.		
	<input type="checkbox"/> Certificado. <input type="checkbox"/> Por eliminar. <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar. <input type="checkbox"/> Aprobado.		Lámina	Escala	Fecha
			25N	1:20	08/01/13

