

UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:

DISEÑO DE UNA TOMA DE FONDO Y LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN
PARA UN PROYECTO DE DOTACIÓN DE AGUA POTABLE

*TRABAJO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL*

AUTOR:

CEDEÑO MORENO JORGE EDUARDO

MACHALA - EL ORO



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

DISEÑO DE UNA TOMA DE FONDO Y LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN PARA UN
PROYECTO DE DOTACIÓN DE AGUA POTABLE

TRABAJO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

CEDEÑO MORENO JORGE EDUARDO

MACHALA - EL ORO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, CEDEÑO MORENO JORGE EDUARDO, con C.I. 0704980697, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación DISEÑO DE UNA TOMA DE FONDO Y LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN PARA UN PROYECTO DE DOTACIÓN DE AGUA POTABLE

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.

- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.

 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 25 de noviembre de 2015



CEDEÑO MORENO JORGE EDUARDO
C.I. 0704980697

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento del servicio de agua potable para los seres humanos es indispensable para la vida, por lo cual el presente proyecto tiene como finalidad diseñar el conjunto de elementos que conforman sistema de agua potable desde la captación hasta la línea de conducción que va a la Planta de Tratamiento.

La obra de toma es el elemento hidráulico de suma importancia para un sistema de aducción, que alimentará a un sistema de agua potable. A partir de la obra de toma, se tomarán decisiones y criterios respecto a la disposición de los demás componentes de la misma.

Los diferentes tipos de obras de toma han sido desarrollados sobre la base de estudios en modelos hidráulicos, principalmente en aquellos aplicados a cursos de agua con gran transporte de sedimentos.

El estudio del funcionamiento hidráulico de la obra de toma se hace con el fin de determinar las dimensiones de los distintos elementos que en ella intervienen, por ejemplo: el tamaño de las rejillas, diámetro del conducto o conductos, etc.

1. TEMA DE TRABAJO

Diseño de una toma de fondo y la línea de conducción para un proyecto de dotación de agua potable.

2. OBJETIVOS

Los objetivos del estudio son:

2.2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio es diseñar una obra hidráulica óptima que pueda dotar de agua a una población durante su vida útil.

2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Contar con los diseños definitivos de una Toma de Fondo, el desarenador y la línea de conducción rigiéndose a las normas técnicas y aplicando una metodología confiable en sus resultados.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se requiere dotar de agua potable a una ciudad de 180.000 habitantes, cuya planta de tratamiento se ubicará en la cota 1600 m.s.n.m. A una distancia de 6Km. se encuentra una fuente de agua superficial, en donde se implantará la obra de toma que tiene un ancho de 10.0 m. y tiene una cota de 1700 m.s.n.m. Se dispone de datos de caudal de 2 años:

Año 1: $Q_{max.} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{med.} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{min.} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Año 2: $Q_{max.} = 9 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{med.} = 4 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{min.} = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Se ha tomado muestras del material de arrastre, y se tiene arenas con peso específico = 2.2 Ton./m³, piedras con diametro promedio de 0.50 m. y peso específico = 2.5 Ton./m³. Asumir que la conducción será en línea recta y con topografía regular y pendiente constante.

4. CRITERIOS DE DISEÑO

Para diseñar una obra de captación se debe conocer las características del sitio donde se implantará la misma. En este proyecto se diseñará una Toma de Fondo de acuerdo a los siguientes criterios:

El rio posee fuertes pendientes longitudinales que alcanzan el 2%, considerándose como un rio de montaña por lo cual es recomendable usar este tipo de toma.

El caudal de diseño es menor que el promedio de los caudales máximos y mínimos, por lo tanto, no es necesario aumentar el nivel del agua con azudes ya que abastece a la demanda.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1. PERIODO DE DISEÑO

Se llama Periodo de Diseño al tiempo estimado que funcionará una obra satisfactoriamente.

El periodo de diseño para una obra de captación, se la diseñará en relación a la tabla de las normas técnicas:

Tabla 1.- Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable(1)

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Para nuestro trabajo escogeremos un periodo de vida útil de 25 años, la cual deberá garantizar el funcionamiento óptimo de la obra durante el lapso indicado.

5.2. ESTIMACIÓN DE LA POBLACION FUTURA

Para el cálculo de la población futura se tomó la ciudad de Loja ya que según el INEC se tiene una población estimada de 180,000 habitantes con sus respectivos censos del año 1990 y 2001.

Para nuestro trabajo se realizó el promedio de los tres métodos analíticos conocidos (aritmético, geométrico y logarítmico) dándonos una población futura 352,574 habitantes (Ver Anexo 1).

5.2.1. METODO ARITMETICO O DE CRECIMIENTO LINEAL

Este método matemático asume que el aumento de la población es constante e independientemente del tamaño de esta(2), considerando lo indicado la población futura es de 304,012 habitantes.

5.2.2. MÉTODO GEOMÉTRICO

El crecimiento geométrico asume que el incremento de la población es proporcional al tamaño de la misma(2), teniendo 383,912 habitantes en el 2040.

Para tratar de que sea más real la población se promediaron los coeficientes de crecimientos de la población en cada periodo, es decir 1990-2001, 2001,2015 y 2015-1990.

5.2.3. MÉTODO LOGARÍTMICO

De la misma forma que el método geométrico se promedió las tasas de crecimiento de distintos periodos teniendo 369,798 habitantes

5.3. DOTACIONES, VARIACIONES DE CONSUMO Y CAUDALES DE DISEÑO

5.3.1. DOTACIÓN

La dotación es el consumo de agua que necesita un habitante en un día considerándose algunos factores como las condiciones climáticas, necesidades de agua potable para la industria, el volumen de agua para los incendios, para riego, etc. Cuando no hay estos datos nos basamos la tabla de dotaciones recomendadas.

Tabla 2.- Dotaciones recomendadas(1)

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frio	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frio	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frio	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Como nuestro proyecto es mayor a 50,000 habitantes se consideró la dotación de 200 litros por habitante por día.

5.3.2. VARIACIONES DE CONSUMO

Una vez obtenida la dotación se calcula el consumo medio anual diario en m³/seg.

$$Q_m = q \cdot N / (1000 \times 86400)$$

Q = DOTACIÓN TOMADA DE LA TABLA

N = NÚMERO DE HABITANTES

$$Q_M = 200 \cdot 352,574 / (1000 \times 86400)$$

$$Q_m = 0,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para calcular el caudal máximo diario se debe calcular por la fórmula:

$$Q_{m-d} = k \times Q_m$$

Sabiendo que K es el coeficiente de variación, lo cual se recomienda utilizar entre 1,3 y 1,5. En nuestro caso elegimos $k=1,3$.

$$Q_{m-d} = 1,3 \times 0,82 \text{ M}^3/\text{SEG}$$

$$Q_{m-d} = 1,06 \text{ m}^3/\text{seg}$$

5.3.3. CAUDALES DE DISEÑO

Los caudales de diseño se basan de acuerdo la tabla 3.

Tabla 3.- Caudales de diseño para los elemento de un sistema de agua potable

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

Como la captación es de aguas superficiales, el caudal de diseño de la Toma de Fondo será:

$$Q_c = 1.2 \times 1,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_c = 1,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

Y para la conducción desde el desarenador hasta la planta de tratamiento será:

$$Q_c = 1.1 \times 1,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_c = 1,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.3.4. PERIODO DE RETORNO

Es el tiempo medio entre dos avenidas con caudales iguales o superiores a uno determinado.

El periodo de retorno está en función de la categoría de la obra que se requiere construir para lo cual se adoptará un periodo de retorno de 100 años.

5.3.4. CAUDAL MAXIMO PROBABLE

En Hidrología, se refiere al caudal máximo de crecida del rio que puede darse en un determinado periodo de retorno.

Para este proyecto se utilizó el programa Hidroesta en donde se calcula el caudal máximo por el método estadístico de Gumbel(3) el cual pide ingresar los datos de caudales máximos por año y el periodo de retorno dándonos como resultado 23,17 m³/seg (ANEXO 2)

6. OBRA DE CAPTACIÓN

De acuerdo al criterio de diseño se elegirá una toma de fondo lo cual consta de las siguientes partes:

1.Diseño de rejilla – 2.Galería – 3.Calculo del orificio de paso – 4.Calculo del cajon desripiador – 5.calculo de la tubería de paso del cajon distribuidor al desarenador.

6.1. DISEÑO DE LA REJILLA

Las tomas con rejillas de fondo, en ríos de montaña, se deben diseñarse para garantizar el paso de los sedimentos gruesos por sobre los orificios.

Para el proyecto en mención se diseñará la pendiente de la rejilla con un 15%, lo cual está dentro de los criterios de diseño

Krochin, considera un espaciamiento entre pletinas de 2 a 6cm. Teniendo en cuenta los sedimentos transportados se toma un espaciamiento entre pletinas de 4cm.(4)

A continuación se indicará el procedimiento para diseñar la rejilla

6.1.1. Calculo de las dimensiones de la platina (ANEXO 3).

Datos:

- Caudal de diseño, que es $1,27 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- Caudal de crecida, que es el caudal máximo calculado por el método de Gumbel.
- Peso específico del material que es de $2,50 \text{ ton}/\text{m}^3$
- El diámetro representativo es de 0,50 metros.
- La pendiente de la rejilla es de 15%.
- Esfuerzo de las platinas.
- Distancia entre platinas b .
- Ancho de las platinas s .

Ya teniendo los datos se realizan los siguientes pasos.

- Primero se calcula el peso del material específico sumergido s .
- Segundo se calcula el volumen de material sobre la rejilla en función del diámetro representativo.
- Tercero se calcula el peso del material.
- Cuarto se calcula la longitud de la rejilla asumiendo valores de 0.50 1.00 y 1.50 metros, estas medidas son tomadas para aprovechar la máxima eficiencia de la platina la cual tiene una longitud de fábrica igual a 6 metros.
- Quinto se calcula el momento máximo
- Sexto se calcula el momento resistente W en función del momento máximo y el esfuerzo de las platinas.
- Septimo se calcula el ancho de la platina (a).

Tabla 4.- Resumen cálculos de la rejilla para hallar las dimensiones de la platina:

i (%)	L (m)	L' (m)	M_{max} (ton/m ³)	W (cm)	a (cm)	DETALLES DE PLATINA		
						Denominación	a (mm)	e (mm)
0,15	0,50	0,510	0,01	0,71	2,06	PL 30 X 12	30	12
0,15	1,00	1,010	0,01	0,71	2,06	PL 30 X 12	30	12
0,15	1,50	1,520	0,02	1,43	2,93	PL 50 X 12	50	12

6.1.2. CALCULO DE LA REJILLA EN FUNCIÓN DE LA OBSTRUCCIÓN (ANEXO 4)

Para calcular las dimensiones de la rejilla nos valemos de la formula expuesta por Zamarin

se realizaron los siguientes pasos:

- Se calcula el coeficiente de contracción de la rejilla "c".
- Se calcula el coeficiente de reducción del área efectiva "k".
- Se calcula el ancho de la rejilla "B"
- Se calcula la energía específica o carga hidráulica que va a tener sobre la rejilla. "Ho".
- Se calcula el ancho de la rejilla y la carga hidráulica en función de la longitud. En la figura 2 se muestra tres dimensiones la cual se eligió la segunda fila teniendo: L= 0.80 metros y b= 4.40 metros y con una carga hidráulica de 0.38 metros.

Tabla 5.- Resumen de cálculos para las dimensiones de la rejilla

<i>L</i> (m)	<i>B</i> (m)	<i>Ho</i> (m)
0,50	8,87	0,199
0,80	4,4	0,317
1,50	1,71	0,594

6.2. CALCULO DE LOS MUROS DE ALA

Los muros de ala se calculan en base al caudal máximo de crecida. Se realizaron los cálculos determinándose las cotas de la rejilla y de los muros de ala.

Tabla 6.-Resumen de las cotas de rejilla y de los muros de ala

Altura de los muro de ala:	H=	2,50	m
Cota de la rejilla	Cota=	1700,00	m.s.n.m.
Cota del muro	Cota=	1702,5	m.s.n.m.

6.3. CALCULO PARA EL DISEÑO DE LA GALERÍA

La galería es el cajón donde capta el agua para llevarla a la tubería de aducción.

Para el efecto utilizaremos el método de Zamarin(5) que consiste en:

- Dividir la longitud total de la rejilla en varias partes iguales, para nuestro ejemplo lo dividimos en 7 partes y en cada tramo se calcula:
 - El caudal en ese tramo
 - La velocidad V_x
 - Calculo del área hidráulica
 - Calculo del calado
 - Calculo del perímetro mojado
 - Calculo del radio hidráulico
 - Calculo de h'
 - Calculo del gradiente hidráulico
 - Calculo de las pérdidas de carga
 - Calcular el perfil del fondo.

Obteniendo así la figura a continuación.

Tabla 7.- Resumen de cálculo; Perfil de Fondo

Perfil de Fondo												
Perfil= d + Suma (hf) + Vx ² /2g												
X (cm)	Qx (m ³ /s)	Vx (m/s)	Ah (m ²)	d (m)	Pm (m)	Rh (m)	Rh ⁴ /3	J	hf	Suma hf	$\frac{V^2}{2g}$	Perfil
0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,000	0,0000	0,0000	0,0510	0,05
0,6	0,18	1,21	0,15	0,19	1,17	0,13	0,06	0,014	0,0090	0,0090	0,0752	0,27
1,3	0,36	1,43	0,25	0,32	1,44	0,18	0,10	0,013	0,0161	0,0251	0,1040	0,45
1,9	0,54	1,64	0,33	0,41	1,63	0,20	0,12	0,014	0,0265	0,0516	0,1376	0,60
2,5	0,73	1,86	0,39	0,49	1,78	0,22	0,13	0,016	0,0407	0,0659	0,1758	0,73
3,1	0,91	2,07	0,44	0,55	1,89	0,23	0,14	0,019	0,0593	0,1109	0,2187	0,88
3,8	1,09	2,29	0,48	0,60	1,99	0,24	0,15	0,022	0,0827	0,1486	0,2663	1,01
4,4	1,27	2,50	0,51	0,64	2,07	0,25	0,15	0,025	0,1116	0,2225	0,3186	1,18

ANEXO 6

6.4. CALCULO DEL ORIFICIO DE PASO

El orificio de paso debe de ser calculado en función del caudal necesario que pasa a través de él (ANEXO 7).

Tabla 8.- Resumen de cálculo del orificio de paso

L (m)	ao (m)	A (cm ²)	Q (m ³ /s)	Cota (Z)	hi (m)	Cota (N)
0,8	0,2	0,16	1,27	1698,53	8,92	1699,33
0,8	0,80	0,64	1,27		0,56	
0,8	1,0	0,80	1,27		0,36	

Para nuestro proyecto se escogió el valor de a_0 debido a que se tiene carga hidráulica para conducir hacia el cajón desripiador.

6.5. CALCULO DEL CAJON DISIPADOR – CAJON DISTRIBUIDOR

Para el cálculo del cajón se escogerá las medidas de 1.5 x 1.5 m económicamente factibles para dar mantenimiento y limpieza. (ANEXO 8)

6.6. CALCULO DE LA TUBERÍA DE PASO DEL DESRIPIADOR AL DESARENADOR

Para su cálculo se considera un orificio sumergido que permita el paso del caudal Q.

El diámetro de la tubería que va desde el cajón desripiador hasta el desarenador es 834mm. Debido a que no existe ese diámetro en tubería comercial escogemos el diámetro de 900mm. (ANEXO 9)

7. DESARENADOR

El desarenador es una estructura hidráulica que tiene como función evacuar el arrastre de sólidos que vienen de la captación junto con el agua para conducirla hacia la planta de tratamiento.

En el proyecto tenemos el desarenador a 100 metros de la toma de fondo.

Se diseñará un desarenador de doble cámara en función del caudal de diseño con el fin de poder clarificar el agua mediante la retención y sedimentación de las partículas mayores y no dejar de abastecer de agua a las conducciones, según la demanda de los usuarios.

Para el cálculo del desarenador realizaremos el siguiente procedimiento.

- Calculamos el área de la sección transversal del desarenador con la ecuación de la continuidad en función del caudal de diseño.
- Calculamos las bases y las alturas del desarenador en función del área calculada por la ecuación de la continuidad.
- Se calcula la altura inicial de la cámara que sería la altura del desarenador.
- Se procede a calcular la longitud de transición mediante la fórmula que se detalla en cálculos.
- Posteriormente se calcula la longitud del desarenador.
- Se calcula la altura final y media del desarenador, con la pendiente al 5%.
- Ahora se recalculará estas alturas debido a que se consideró como altura inicial a la altura promedio quedándonos como datos:

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

Tabla 9.- Datos del desarenador

LT=	4,06	m
Ld=	15,66	m
hi=	2,22	m
hm=	2,61	m
hf=	3	m

7.1. DISEÑO DEL VERTEDERO DE PASO

El vertedero es un elemento hidráulico designado a propiciar el pase libre o controlado en las fuentes superficiales.

La longitud del vertedero se lo calcula en función de la carga hidráulica y el caudal.

Para determinar el valor debemos considerar que la longitud del vertedero no debe ser muy ancho con respecto a la longitud del desarenador. En nuestro caso dividimos la sección para dos vertederos puesto que son dos cámaras.

Tabla 10.- Resumen de cálculo del vertedero de exceso.

h	b
0,25	5,64
0,20	7,89
0,22	6,84

7.2. DISEÑO DE LA COMPUERTA DE LAVADO

Para el diseño de la compuerta de lavado se considera como un orificio sumergido, puesto que por ahí se descarga los sedimentos al momento de lavado.

Para calcular la altura de la compuerta de lavado se realizan interacciones asumiendo que $h_o = h_f$. La altura h_o debe estar medida desde la altura final del desarenador hasta el centroide de la compuerta de lavado.

Una vez que se repiten las interacciones nos quedamos con los datos arrojados en la última iteración teniendo:

Tabla 11.- Datos finales del diseño de la compuerta de lavado

ho=	1,82	m
Y=	0,59	m

8. LINEA DE CONDUCCIÓN

Para el diseño de la conducción se ha escogido el método de Hazen – Williams y se ha realizado los cálculos con distinto material, en nuestro trabajo se escogió Hierro Dúctil y PVC, para determinar su costo y cual es más viable. El proceso se detalla en el anexo 13 y 14.

En la conducción realizada con Hierro Dúctil se realiza una combinación de dos diámetros, de 700mm y 600mm para optimizar la carga hidráulica disponible, en el siguiente cuadro se muestra las longitudes calculadas con su respectivo costo.

Tabla 12.- Datos de la línea de conducción de Hierro Dúctil

DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TUBERÍA 600MM HD	m	961	166,47	159974,5071
TUBERÍA 700MM HD	m	5039	263,84	1329494,773
TOTAL				1489469,28

En la conducción realizada con pvc se determinó el diámetro de 630mm quedándonos el siguiente cuadro.

Tabla 13.- Datos de la línea de conducción de PVC

DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TUBERÍA 630MM	m	6000	423,67	2542020
				0
TOTAL				2542020

Como se ve en las tablas, la tubería más económica es el de hierro dúctil el cual existe una diferencia notable. (VER ANEXO 15 Y 16)

9. CONCLUSIONES

- para el presente proyecto se ha considerado una obra de captación tipo caucasiana por cuanto se trata de un río de montaña, lo que significa que este río puede arrastrar diversos materiales en suspensión tales como ramas, arbustos, hojarascas, etc.
- Por tratarse de un proyecto de abastecimiento de agua potable al desarenador, se le ha considerado dos cámaras para poder realizar la limpieza sin necesidad de suspender el suministro de agua.
- Para la línea de conducción se concluye que es más conveniente desde el punto de vista económico utilizar la tubería de hierro dúctil ya que de acuerdo a cotizaciones (ver Anexo 15 y 16), la tubería de hierro dúctil es ampliamente más barato
- Luego de los cálculos realizados, tanto para la captación desarenador y línea de conducción se concluye que todas estas obras se encuentran dentro de los parámetros normales, y consecuentemente este es un proyecto que se puede considerar desde el punto de vista técnico es factible en toda su amplitud.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1 000 Habitantes. Primera. Quito, Ecuador; 1992. 293 p.
2. López Cualla RA. Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, editor. Bogotá; 2004. 546 p.
3. Villon M. HIDROLOGÍA-Ing. Máximo Villón. Segunda. Editorial Villon, editor. Lima, Perú; 2002. 430 p.
4. Wylie, Benjamin y Streeter VL. Fluid Transients. En: Mc Graw Hill Inc. N. Y. USA; 1978. p. 6.
5. Vera I francisco. Diseño Hidraulico. 2010.

ANEXOS

ANEXO 1

CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Ciudad:	Loja
Descripción:	Se tomo esta ciudad ya que esta acorde al numero de habitantes que se tiene en el proyecto.
Fuente	www.inec.gob.ec
Tiempo (años):	25
Población actual:	180000
Población Futura (Promedio de los	352574

1.- Método Aritmetico

Año	Hab.
1990	110.633
2001	142.271
2010	180.000

Año	Pa. (hab)	t años	P Pf-Pa	Pa*t	r P/Pa*t	r*t
1990	110.633					
		11	31638	1216963	0,026	0,286
2001	142.271					
		9	37729	1280439	0,029	0,265
2010	180.000					
TOTAL	-----	20	-----	-----	-----	0,551

$$r = \text{Total } r^*t / \text{Total } t$$

$$r = 27,56 \quad (\text{coef. de crecimiento})$$

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{rxt}{1000} \right)$$

$$Pf = 180.000 \left(1 + \frac{28 \times 25}{1000} \right)$$

Pf= 304.012 habitantes

2.-Método Geométrico

Año	Hab.
1990	110.633
2001	142.271
2010	180.000

Se realizará el calculo para el año----: 2040

1.-) La tasa de crecimiento es:

$$r = \frac{180.000}{110.633}^{1/(2010 - 1990)} - 1 = 2,46 \%$$

Población proyectada al 2040

$$P_{2040} = 180.000 \times (1 + 0,025)^{(2040-2010)} = 373554,7 \text{ hab.}$$

2.-) La tasa de crecimiento es:

$$r = \frac{180.000}{142.271}^{1/(2010 - 2001)} - 1 = 2,65 \%$$

Población proyectada al 2040

$$P_{2040} = 180.000 \times (1 + 0,026)^{(2040-2010)} = 394269,3 \text{ hab.}$$

Población futura prome **383912** **habitantes**

3.- Método Logarítmico o Exponencial

Año	Hab.
1990	110.633
2001	142.271
2010	180.000

Calcular tasa de crecimiento:

$$k_1 = \frac{\ln 142271 - \ln 110633}{2001 - 1990} = 0,023$$

$$k_2 = \frac{\ln 180000 - \ln 142271}{2010 - 2001} = 0,026$$

$$k_2 = \frac{\ln 180000 - \ln 110633}{2010 - 1990} = 0,024$$

Tasa de crecimiento promedio

$$k_m = \frac{0,023 + 0,026 + 0,024}{3}$$

$$k_m = 0,024$$

Población futura: 2040

$$A = P_a \times e^{k_m(2040-2010)}$$

$$P_f = 180000 \times e^{0,024 \times (2040-2010)}$$

$$P_f = \mathbf{369798 \text{ habitantes}}$$

ANEXO 2

Determinación del caudal máximo probable en función de la categoría de la obra

Para hallar el caudal máximo probable trabajaremos con el método estadístico de Gumbel, el cual se escoge los valores de caudales máximos.

AÑO	CAUDALES (M3/SEG)		
	MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
2010	1	3	5
2011	0,6	4	9

Cálculo de caudal de diseño utilizando la distribución Gumbel

Ingreso de datos

Año de inicio: 2000

Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
2000	5,0
2001	9,0
[...]	

Período de retorno de cálculo del caudal de diseño (T): 100 años

Resultados:

N° años disponibles	Qm	SQ	YN	SN	Qmáx	DeltaQ	IntervaloQ	Quisero
2	7,0	2,0204	0,0090	0,7450	23,173	4,3220	10,05 - 27,5	27,4907

Archivos y resultados:

Calcula Limpia Imprime Menú Principal

Clear Accesar Reporte

23:10 25/10/2015

Como vemos en el programa el caudal máximo es **23,17** m3/seg

ANEXO 3 DISEÑO DE PLETINAS

DATOS:

Q _{DISEÑO} =	1,27 m ³ /s
Q _{CRECIDA}	23,17 m ³ /s
γ _{MATERIAL}	2,50 ton/m ³
φ	0,50 m
i	15,0 %
δ=	1400,0 kg/cm ²
b=	5,00 cm
s=	1,00 cm

CALCULOS PARA EL DISEÑO DE LA REJILLA

PRIMERO:

Calculo del peso especifico del material sumergido (γ_s)

$$\begin{aligned} \gamma_{H_2O} &= 1,0 \text{ tn/m}^3 \\ \gamma_m &= 2,5 \text{ tn/m}^3 \\ \gamma_s &= \gamma_m - \gamma_{H_2O} \\ \gamma_s &= 2,5 - 1,0 \end{aligned}$$

$$\gamma_s = 1,5 \text{ tom/m}^3$$

SEGUNDO:

Calculo del volumen de material sobre la rejilla.

$$\begin{aligned} \text{Vol.} &= \frac{1}{6} \pi * \phi^3 \\ \text{Vol.} &= \frac{1}{6} 3,14 0,5^3 \\ \text{Vol.} &= 0,065 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

TERCERO:

Calculo del peso de material.

$$\begin{aligned} G &= \text{Vol} * \gamma_s \\ G &= 0,065 * 1,5 \\ G &= 0,09817 \text{ ton} \end{aligned}$$

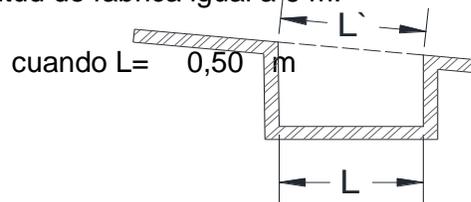
CUARTO:

Calculo de la longitud de la rejilla.

Nota

Para las longitudes de (L) asumimos valores de (0,50; 1,00 y 1,50) metros, estas medidas son tomadas para aprovechar la maxima eficiencia de la platina la cual tiene una longitud de fabrica igual a 6 m.

$$\begin{aligned} L' &= \sqrt{L^2(i^2+1)} \\ L' &= \sqrt{0,5^2(0,15^2+1)} \\ L' &= 0,51 \text{ m} \end{aligned}$$



QUINTO:

Calculo del momento máximo.

$$M = \frac{G}{8} (L' + 0,05)$$

$$M = \frac{0,098}{8} (0,51 + 0,05)$$

$$M = 0,01 \text{ ton/m}$$

SEXTO:

Calculo del momento resistente.

$$W = \frac{M}{\bar{\sigma}} * 10^5$$

$$W = \frac{0,01}{1400,0} * 10^5$$

$$W = 0,71 \text{ cm}$$

SEPTIMO:

Calculo del ancho de la platina.

$$a = \sqrt{\left(\frac{6W}{s}\right)}$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{6 * 1,347}{1}\right)}$$

$$a = 2,06 \text{ cm}$$

RESUMEN DE CALCULOS:

NOT

Los datos tomados de las platinas, son de las especificaciones tecnicas de materiales de la Empresa Ecuatoriana NOVACERO

<i>i</i> (%)	<i>L</i> (m)	<i>L'</i> (m)	<i>Mmax</i> (ton/m ³)	<i>W</i> (cm)	<i>a</i> (cm)	DETALLES DE PLETINA		
						Denominació	<i>a</i>	<i>e</i>
0,15	0,50	0,510	0,01	0,71	2,06	PL 30 X 12	30	12
0,15	1,00	1,010	0,01	0,71	2,06	PL 30 X 12	30	12
0,15	1,50	1,520	0,02	1,43	2,93	PL 50 X 12	50	12

ANEXO 4

CALCULO DE LA REJILLA EN FUNCIÓN DE LA OBSTRUCCIÓN

PRIMERO:

Calculo del coeficiente de contracción de la rejilla.

$$C = C_o - 0,325 \cdot i$$

Nota: El coeficiente (C_o) esta en función de la relación:

$$\frac{a}{b} > 4 \quad C_o = 0,60$$

$$\frac{a}{b} < 4 \quad C_o = 0,50$$

cuando $b = 5,00$ cm
 $a = 2,06$ cm

$$C = C_o - 0,325 \cdot i$$

$$C = 0,50 - 0,325 \cdot 0,15$$

$$C = 0,45$$

SEGUNDO:

Calculo del coeficiente de reducción del área efectiva.

$$K = (1 - f) \frac{b}{b + s}$$

Asumimos $f = 30\%$
 $s = 1,20$

$$K = (1 - 0,3) \frac{5,0}{5,0 + 1,2}$$

$$K = 0,56$$

TERCERO:

Calculo del ancho de la rejilla "B"

$$B = \frac{Q}{3,20(C*K*L)^{1,5}}$$
$$B = \frac{1,34}{3,20(0,45*0,56*0,50)^{1,5}}$$
$$B = 8,87 \text{ m}$$

CUARTO:

Calculo de la energía especifica (Ho)

$$H_o = \left(\frac{Q}{2,55*C*K*B*L} \right)^2$$
$$H_o = \left(\frac{1,34}{2,55*0,45*0,56*4,54*0,5} \right)^2$$
$$H_o = 0,199$$

RESUMEN DE CALCULOS:

L (m)	B (m)	Ho (m)
0,50	8,87	0,199
0,80	4,4	0,317
1,50	1,71	0,594

ELECCION DE VALOR

COMPROBACIÓN:

$$Q = 2,55*C*K*B*L*\sqrt{H_o}$$

$$Q = 2,55*0,45*0,56*4,64*0,8*\sqrt{0,316}$$

$$Q = 1,27 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{caudal captado})$$

ANEXO 5

DIMENSIONES DE LA REJILLA ADOPTADA

Longitud de la rejilla	L= 0,80	m
Ancho de la rejilla	B= 4,4	m
Separación de barrotes	b= 0,05	m
Sección de los barrotes	s*a PL 30 X 12	
Energía específica	Ho=0,32	m

CALCULO DE LOS MUROS DE ALA

PRIMERO:

Calculo del calado crítico (Yc)

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q_c^2}{B^2 g}}$$

cuando: $Q_c = 23,17 \text{ m}^3/\text{s}$
 $B = 4,4 \text{ m}$
 $g = 9,81 \text{ m}$

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{(14,80)^2}{(2,10)^2 \cdot 9,81}}$$

$Y_c = 1,42 \text{ m}$

SEGUNDO:

Calculo de la altura crítica (H')

$$H' = \frac{3}{2} Y_c$$

cuando: $Y_c = 1,42 \text{ m}$

$$H' = \frac{3}{2} \cdot 1,42$$

$$H' = 2,13 \text{ m}$$

TERCERO:

Calculo de la altura del muro de ala (H)

$$H = H' + BL \quad \text{cuando:} \quad H' = 2,13 \text{ m}$$

$$\text{asumimos:} \quad BL = 0,38 \text{ m}$$

$$H = 2,13 + 0,37$$

$$H = 2,50 \text{ m}$$

RESUMEN DE CALCULOS:

Altura de los muro de ala:	H=	2,50	m
Cota de la rejilla	Cota=	1700,00	m.s.n.m.
Cota del muro	Cota=	1702,5	m.s.n.m.

ANEXO 6
CALCULO PARA EL DISEÑO DE LA GALERÍA

PRIMERO:

Calculo de la distancia X (x)

No.	B	x (X)
1	4,4	0,6
2		1,3
3		1,9
4		2,5
5		3,1
6		3,8
7		4,4

SEGUNDO:

Calculo del caudal de diseño (Qx)

$$Q_x = \frac{Q}{B} X$$

cuando: Q= 1,27 m³/s
B= 4,39 m
X= 0,63 m

$$Q_x = \frac{1,27}{4,39} \cdot 0,63$$

$$Q_x = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

TERCERO:

Calculo de la velocidad (Vx)

$$V_x = X * \left(\frac{V_f - V_0}{B} \right) + V_0$$

cuando: V₀= 1,00 m/s asumido
V_f= 2,50 m/s asumido
B= 4,39 m
X= 0,63 m

$$V_x = 0,69 * \left(\frac{2,00 - 1,00}{2,07} \right) + 1,00$$

$$V_x = 1,21 \text{ m/s}$$

CUARTO:

Calculo del área hidráulica (Ah)

$$Ah = \frac{Qx}{Vx}$$

cuando $Qx = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Vx = 1,21 \text{ m/s}$

$$Ah = \frac{0,18}{1,21}$$

$$Ah = 0,15 \text{ m}^2$$

QUINTO:

Calculo del calado (d)

$$d = \frac{Ah}{L}$$

cuando $L = 0,80 \text{ m}$
 $Ah = 0,15 \text{ m}^2$

$$d = \frac{0,15}{0,80}$$

$$d = 0,19 \text{ m}$$

SEXTO:

Calculo del perimetro mojado (Pm)

$$Pm = 2 * d + L$$

cuando $d = 0,19 \text{ m}$
 $L = 0,80 \text{ m}$

$$Pm = 2 * 0,19 + 0,80$$

$$Pm = 1,17 \text{ m}$$

SEPTIMO:

Calculo del radio hidráulico (Rh)

$$Rh = \frac{Ah}{Pm}$$

cuando Ah= 0,15 m
Pm= 1,17 m

$$Rh = \frac{0,15}{1,17}$$

$$Rh = 0,13 \text{ m}$$

OCTAVO:

Calculo del radio hidráulico (Rh^{4/3})

$$Rh^{4/3} = 0,06$$

cuando Rh= 0,13 m

NOVENO:

Calculo del gradiente hidráulico (J)

$$J = \frac{(Vx^2 * n^2)}{Rh^{4/3}}$$

cuando Rh= 0,13 m
Vx= 1,21 m/s
n= 0,03

$$J = \frac{(1,33^2 * 0,025^2)}{0,18^{4/3}}$$

$$J = 0,021$$

DECIMO:

Calculo de las perdidas de carga (hf)

$$hf = J * X$$

cuando $J = 0,021$
 $X = 0,627 \text{ m}$

$$hf = 0,021 * 0,6271429$$

$$hf = 0,01317$$

RESUMEN DE CALCULO:

Perfil de Fondo												
Perfil= d + Suma (hf) + Vx ² /2g												
X (cm)	Qx (m3/s)	Vx (m/s)	Ah (m2)	d (m)	Pm (m)	Rh (m)	Rh ⁴ /3	J	hf	Suma hf	— *	Perfil
0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,000	0,0000	0,0000	0,0510	0,05
0,6	0,18	1,21	0,15	0,19	1,17	0,13	0,06	0,014	0,0090	0,0090	0,0752	0,27
1,3	0,36	1,43	0,25	0,32	1,44	0,18	0,10	0,013	0,0161	0,0251	0,1040	0,45
1,9	0,54	1,64	0,33	0,41	1,63	0,20	0,12	0,014	0,0265	0,0516	0,1376	0,60
2,5	0,73	1,86	0,39	0,49	1,78	0,22	0,13	0,016	0,0407	0,0659	0,1758	0,73
3,1	0,91	2,07	0,44	0,55	1,89	0,23	0,14	0,019	0,0593	0,1109	0,2187	0,88
3,8	1,09	2,29	0,48	0,60	1,99	0,24	0,15	0,022	0,0827	0,1486	0,2663	1,01
4,4	1,27	2,50	0,51	0,64	2,07	0,25	0,15	0,025	0,1116	0,2225	0,3186	1,18

ANEXO 7
CALCULO DEL ORIFICIO DE PASO

PRIMERO:

Calculo del área (A)

$$A = L * a_o$$

cuando $L = 0,80 \text{ m}$
 $a_o = 0,80 \text{ m}$ asumido

$$A = 0,80 * 0,80$$

$$A = 0,64 \text{ m}^2$$

SEGUNDO:

Calculo de la carga al centro del orificio (hi)

$$h_i = \frac{Q^2}{(C_d^2 * A^2 * 2g)}$$

cuando $Q = 1,27 \text{ m}^3/\text{s}$
 $C_d = 0,60$ asumido
 $A = 0,64 \text{ m}^2$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$h_i = \frac{1,10^2}{(0,60^2 * 0,20^2 * 2 * 9,81)}$$

$$h_i = 0,56 \text{ m}$$

TERCERO:

Calculo del caudal (Q)

$$Q = C_d * A * \sqrt{(2 * g * h_i)}$$

cuando $h_i = 0,56 \text{ m}$
 $C_d = 0,60$ asumido
 $A = 0,64 \text{ m}^2$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$Q = 0,60 * 0,20 * \sqrt{(2 * 9,81 * *)}$$

$$Q = 1,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

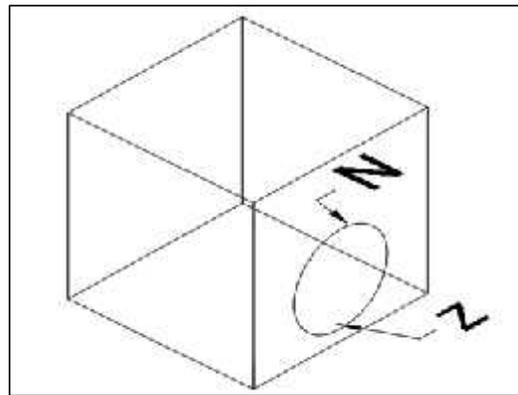
RESUMEN DE CALCULO:

L (m)	ao (m)	A (cm ²)	Q (m ³ /s)	Cota (Z)	hi (m)	Cota (N)
0,8	0,2	0,16	1,27	1698,53	8,92	1699,33
0,8	0,80	0,64	1,27		0,56	
0,8	1,0	0,80	1,27		0,36	

ANEXO 8
CALCULO DEL DISIPADOR - CAJON DISTRIBUIDOR

Nota:

Por motivos de limpieza y economia se asume unas dimensiones para el cajon de 1,50 x 1,50



ANEXO 9

CALCULO DE LA TUBERIA DE PASO DEL DESRIPIADOR AL DESARENADOR

PRIMERO:

Calculo del volumen del cajon distribuidor (VOL.)

$$\begin{aligned} \text{Vol.} &= b * h * A \\ \text{Vol.} &= 1,5 * 1,5 * 1,5 \\ \text{Vol.} &= 3,38 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

SEGUNDO:

Calculo del tiempo de llenado del cajon distribuidor (t)

$$t = \frac{Q}{\text{Vol.}} \quad \text{cuando } \begin{array}{l} Q = 1,27 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Vol.} = 3,38 \text{ m}^3 \end{array}$$

$$t = \frac{1,27}{3,38}$$

$$t = 0,38 \text{ s}$$

TERCERO:

Calculo de la tuberia de paso del cajon distribuidor al desarenador

$$Q = C_d * A * \sqrt{2 * g * h_i}$$

$$A = \frac{Q}{C_d * \sqrt{2 * g * h_i}} \quad \text{cuando: } \dots = \frac{\dots}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * C_d * \sqrt{2 * g * h^2}}}$$

$$\begin{array}{l} \text{cuando } Q = 1,27 \text{ m}^3/\text{s} \\ C_d = 0,50 \\ h = 1,10 \text{ m} \end{array}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1,10}{\pi * 0,50 * \sqrt{2 * 9,81 * 1,10}}}$$

$$D = 0,834 \text{ m}$$

Nota: Se asume un diametro comercial de: $D_{\text{comercial}} = 900 \text{ mm}$

CUARTO:

Comprobacion del caudal de diseño

$$Q=Cd*A*\sqrt{2*g*hi}$$

$$A=\frac{\pi*D^2}{4}$$

$$A=\frac{\pi*0,8^2}{4}$$

$$A= 0,6361725 \text{ m}^2$$

$$Q=0,50*0,6361725*\sqrt{2*9,81*1,08}$$

$$Q= 1,444 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{cuando } h= 1,05 \text{ m}$$

$$Cd= 0,50$$

$$D= 0,90 \text{ m}$$

ANEXO 10

CALCULO DEL DESARENADOR

DATOS:

QDISEÑO= 1,27 m³/s
 MATERIAL= 2,20 ton/m³
 d= 0,30 mm
 Va= 0,20 m/s
 i= 0,05
 B1=
 B2=

PRIMERO:

Calculo del area de la seccion transversal

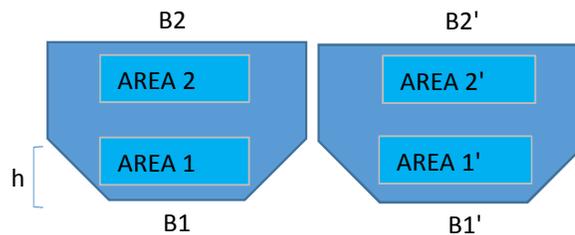
$$Q = A * V$$

cuando V= Va

$$A_T = \frac{Q}{V_a}$$

$$A_T = \frac{1,27}{0,20}$$

$$A_T = 6,35 \text{ m}^2$$



SEGUNDO:

Calculo del area No. 1, 1' y No. 2, 2'

$$A_T = A_1 + A_1' + A_2 + A_2'$$

cuando B2= 1,5 m

B1= 0,9 m

asumimos h= 0,5 m

$$A_1 = \frac{B_2 + B_1}{2} * h$$

$$A_1 = \frac{1,5 + 0,9}{2} * 0,5 = 0,6$$

$$A_1 + A_1' = 1,2 \text{ m}^2$$

$$A_2 + A_2' = A_T - (A_1 + A_1')$$

$$A_2 + A_2' = 6,35 - 1,20$$

$$A_2 + A_2' = 5,15 \text{ m}^2$$

$$A_2 = A_2' = 2,58$$

$$h_2 = h_2' = \frac{2,58}{3,00} = 0,86$$

TERCERO:

Calculo de la altura inicial de la cámara

$$A2' = b * h \quad A2 = A2'$$

$$h' = \frac{A2}{B2}$$

$$h' = \frac{2,6}{1,5}$$

$$h' = 1,72 \text{ m}$$

$$hi = h + h'$$

$$hi = 0,5 + 1,72$$

$$hi = 2,22 \text{ m}$$

CUARTO:

Calculo de la longitud de transición (LT)

$$LT = \frac{B2 - B1}{2 * \tan \theta} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} B2 = 3,00 \text{ m} \\ B1 = 1,20 \\ \theta = 12,5^\circ \end{array}$$

$$LT = \frac{3,0 - 1,2}{2 * \tan 12,5^\circ}$$

$$LT = 4,06 \text{ m}$$

QUINTO:

Calculo de la longitud del desarenador (Ld)

$$Ld = k * hm * \frac{Va}{Vs} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hm = hi = 2,22 \text{ asumido} \\ Va = 0,20 \text{ m} \\ Vs = 0,04 \text{ m} \\ K = k = 1,20 \text{ asumido} \end{array}$$
$$Ld = 1,2 * 2,2 * \frac{0,20}{0,04}$$
$$Ld = 13,32 \text{ m}$$

SEXTO:

Calculo de la altura final de la camara desarenadora

$$hf = hi + Ld * i \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hi = 2,22 \text{ m} \\ Ld = 13,32 \text{ m} \\ i = 0,05 \text{ m} \end{array}$$
$$hf = 2,22 + 13,32 * 0,05$$

$$hf = 2,89 \text{ m}$$

SEPTIMO:

Calculo de la altura media de la camara desarenadora

$$hm = \frac{hi + hf}{2} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hi = 2,22 \text{ m} \\ hf = 2,89 \text{ m} \end{array}$$

$$hm = \frac{2,2 + 2,9}{2}$$

$$hm = 2,56 \text{ m}$$

Nota: Por el echo de haber considerado inicialmente la altura media igual a la altura inicial comenzamos un proceso iterativo para poder hallar los datos de altura final, altura media y longitud del desarenador.

SEGUNDA ITERACIÓN DEL PASO QUINTO:

Calculo de la longitud del desarenador (Ld)

$$Ld = k * hm * \frac{Va}{Vs} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hm = 2,56 \text{ m} \\ Va = 0,20 \text{ m} \\ Vs = 0,04 \text{ m} \\ K = k = 1,20 \end{array}$$
$$Ld = 1,2 * 2,6 * \frac{0,20}{0,04}$$
$$Ld = 15,36 \text{ m}$$

SEGUNDA ITERACIÓN DEL PASO SEXTO:

Calculo de la altura final de la camara desarenadora

$$hf = hi + Ld * i \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hi = 2,22 \text{ m} \\ Ld = 15,36 \text{ m} \\ i = 0,05 \end{array}$$
$$hf = 2,2 + 15,36 * 0,05$$
$$hf = 2,99 \text{ m}$$

SEGUNDA ITERACIÓN DEL PASO SEPTIMO:

Calculo de la altura media de la camara desarenadora

$$hm = \frac{hi + hf}{2} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hi = 2,22 \text{ m} \\ hf = 2,99 \text{ m} \end{array}$$

$$hm = \frac{2,2 + 3,0}{2}$$

$$hm = 2,61 \text{ m}$$

TERCERA ITERACIÓN DEL PASO QUINTO:

Calculo de la longitud del desarenador (Ld)

$$Ld = k * hm * \frac{Va}{Vs} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hm = 2,61 \text{ m} \\ Va = 0,20 \text{ m} \\ Vs = 0,04 \text{ m} \\ K = k = 1,20 \\ \text{asumido} \end{array}$$

$$Ld = 1,2 * 2,6 * \frac{0,20}{0,04}$$

$$Ld = 15,66 \text{ m}$$

TERCERA ITERACIÓN DEL PASO SEXTO:

Calculo de la altura final de la camara desarenadora

$$hf = hi + Ld * i \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hi = 2,22 \text{ m} \\ Ld = 15,66 \text{ m} \\ i = 0,05 \text{ m} \end{array}$$

$$hf = 2,2 + 15,66 * 0,05$$

$$hf = 3,00 \text{ m}$$

TERCERA ITERACIÓN DEL PASO SEPTIMO:

Calculo de la altura media de la camara desarenadora

$$hm = \frac{hi + hf}{2} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hi = 2,22 \text{ m} \\ hf = 3,00 \text{ m} \end{array}$$

$$hm = \frac{2,2 + 3,0}{2}$$

$$hm = 2,61 \text{ m}$$

CUARTA ITERACIÓN DEL PASO QUINTO:

Calculo de la longitud del desarenador (Ld)

$$Ld = k * hm * \frac{Va}{Vs} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} hm = 2,61 \text{ m} \\ Va = 0,20 \text{ m} \\ Vs = 0,04 \text{ m} \\ K = k = 1,20 \\ \text{asumido} \end{array}$$

$$Ld = 1,2 * 2,6 * \frac{0,20}{0,04}$$

$$Ld = 15,66 \text{ m}$$

CUARTA ITERACIÓN DEL PASO SEXTO:

Calculo de la altura final de la camara desarenadora

$$\begin{aligned} hf &= hi + Ld * i && \text{cuando } hi = 2,22 \text{ m} \\ hf &= 2,2 + 15,66 * 0,05 && Ld = 15,66 \text{ m} \\ & && i = 0,05 \text{ m} \\ hf &= 3,00 \text{ m} \end{aligned}$$

CUARTA ITERACIÓN DEL PASO SEPTIMO:

Calculo de la altura media de la camara desarenadora

$$\begin{aligned} hm &= \frac{hi + hf}{2} && \text{cuando } hi = 2,22 \text{ m} \\ & && hf = 3,00 \text{ m} \\ hm &= \frac{2,2 + 3,0}{2} \\ hm &= 2,61 \text{ m} \end{aligned}$$

Nota: Una vez que se repiten las iteraciones nos quedamos con los datos arrojados en la ultima iteración debido a que los datos se vuelven repetitivos.

DATOS FINALES:

LT=	4,06	m
Ld=	15,66	m
hi=	2,22	m
hm=	2,61	m
hf=	3,00	m

ANEXO 11
DISEÑO DEL VERTEDERO DE PASO

PRIMERO:

Calculo de la longitud del vertedero

$$b = \frac{Q}{k * H^{3/2}} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} H = 0,25 \text{ m} \\ Q = 1,27 \text{ m} \\ k = 1,80 \end{array}$$

$$b = \frac{1,27}{1,8 * 0,25^{3/2}}$$

$$b = 5,64 \text{ m}$$

RESUMEN DE CALCULOS:

h	b
0,25	5,64
0,20	7,89
0,22	6,84

ANEXO 12
DISEÑO DE LA COMPUERTA DE LAVADO

PRIMERO:

Despeje de formula.

$$Q = C_d * A * \sqrt{2 * g * h_i}$$

$$A = \frac{Q}{C_d * \sqrt{2 * g * h_o}}$$

SEGUNDO:

Calculo del area de la compuerta de lavado

$$A = Y * B_2 \quad \text{cuando} \quad B_2 = 0,9 \text{ m}$$

TERCERO:

Igualdad del primer y segundo paso.

$$Y * B_2 = \frac{Q}{C_d * \sqrt{2 * g * h_o}} \quad \text{cuando} \quad \begin{array}{l} B_2 = 0,90 \text{ m} \\ Q = 1,27 \text{ m}^3/\text{s} \\ C_d = 0,60 \\ g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ \text{asumimos } h_o = h_f = 3,00 \text{ m} \end{array}$$

Nota: Para reducir el tiempo de lavado multiplicamos por dos el caudal para de esta manera minimizar el lavado del desarenador.

$$Y = \frac{2 * Q}{B_2 * C_d * \sqrt{2 * g * h_o}} \quad \text{asumimos} \quad h_o = h_f = 3,00 \text{ m}$$

$$Y = \frac{2 * 1,27}{0,90 * 0,60 * \sqrt{2 * 9,81 * 3,00}}$$

$$Y = 0,61 \text{ m}$$

Nota: Comenzamos un proceso iterativo por el echo de que asumimos un valor inicial de (h_o) igual a la altura final (h_f). La altura (h_o) debe estar medida desde la altura final del desarenador hacia el centroide de la compuerta de lavado.

SEGUNDA ITERACIÓN DEL TERCER PASO :

$$Y = \frac{2 * Q}{B_2 * C_d * \sqrt{2 * g * h_o}} \quad \text{cuando} \quad h_o = 2,70 \text{ m}$$

$$Y = \frac{2 * 1,27}{0,90 * 0,60 * \sqrt{2 * 9,81 * (3,00 - 0,61/2)}}$$

$$Y = 0,65 \text{ m}$$

TERCERA ITERACIÓN DEL TERCER PASO :

$$Y = \frac{2*Q}{B^2 * Cd * \sqrt{2 * g * h_0}} \quad \text{cuando} \quad h_0 = 2,68 \quad \text{m}$$

$$Y = \frac{2 * 1,27}{0,90 * 0,60 * \sqrt{2 * 9,81 * (3,00 - 0,65/2)}}$$

$$Y = 0,65 \quad \text{m}$$

CUARTA ITERACIÓN DEL TERCER PASO :

$$Y = \frac{2*Q}{B^2 * Cd * \sqrt{2 * g * h_0}} \quad \text{cuando} \quad h_0 = 2,68 \quad \text{m}$$

$$Y = \frac{2 * 1,27}{0,90 * 0,60 * \sqrt{2 * 9,81 * (3,00 - 0,65/2)}}$$

$$Y = 0,65 \quad \text{m}$$

Nota: Una vez que se repiten las iteraciones nos quedamos con los datos arrojados en la ultima iteración debido a que los datos se vuelven repetitivos.

DATOS FINALES:

h ₀ =	2,68	m
Y=	0,65	m

ANEXO 13

Calculo de la Línea de Conducción

Datos:

Periodo de diseño:	25 años
Caudal de diseño:	1,17 m ³ /seg.
Cota de salida al desarenador:	1698,89 m
Cota de salida a la Planta:	1602 m

MATERIAL HIERRO DUCTIL

Presión estática máxima (en abscisa 1600)=	1698,89	-	1602	=	96,89 m
Presión de diseño=	1,3 *		96,89	=	125,957 m
Presión de trabajo=	600mm=48 bar				700mm= 48bar
Clase de tubería: hierro dúctil k9					
Coeficiente de rugosidad Hazen - Williams, C=	120				

Calculo de Diametro

$$Q = 0,2785 C \cdot D^{2,63} \cdot J^{0,54} \quad \text{Hazen - Williams}$$

Carga Hidraulica Disponible

SE DEJARÁ 2 M PARA LLEGAR A LA PLANTA DE TRATAMIENTO

$$H = 1698,89 - 1602 = 96,89$$

Longitud real de tubería = 6000 m

$$\begin{aligned} \text{Pérdida de Carga Unitaria } JH/L &= 96,89 / 6000 \\ &= 0,01615 \end{aligned}$$

Despejando el diametro con la ecuación de Hazen - Williams

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot J^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,65218 \text{ m} = 652,2 \text{ mm}$$

Se diseñará para una combinación de diámetros de 700mm y 600mm, con lo cual se hace un uso optimo de la carga hidraulica disponible.

Perdida de carga Total

$$H = H1 + H2$$

H1= Corresponde al diametro de 600mm

H2= Corresponde al diametro de 700mm

PARA DIAMETRO 600MM:

Diametro externo=	600
Espesor de la pared del tubo=	9,9
Diametro interno real=	580,2

$$J_1 = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right)^{1/0,54} = \left[\frac{1,17}{0,2785 * 120 * 0,5802^{2,63}} \right]^{1/0,54} =$$

$$J_1 = 0,02854 \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{1,17}{(3,1416 * 0,5802^2) / 4} = 4,43 \text{ m/seg}$$

$$\frac{V_1^2}{2 * g} = 0,9981 \text{ m}$$

PARA DIAMETRO 700MM:

Diametro externo= 700
 Espesor de la pared del tubo= 10,8
 Diametro interno real= 678,4

$$J_2 = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right)^{1/0,54} = \left[\frac{0,2785 * 1,17}{120 * 0,6784^{2,63}} \right]^{1/0,54} =$$

$$J_2 = 0,01333 \frac{m}{m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A} = \frac{1,17}{(3,1416 * 0,6784^2) / 4} = 3,24 \text{ m/seg}$$

$$v_2 = \frac{V_2^2}{2 * g} = 0,5340 \text{ m}$$

La carga hidraulica total disponible es:

$$H = H_1 + H_2 = J_1 \cdot L_1 + J_2 \cdot L_2 = J_1 \cdot L_1 + J_2 \cdot (L - L_1)$$

$$L_1 = \frac{H - J_2 \cdot L}{J_1 - J_2} = \frac{96,89 - 0,013 (6000)}{0,029 - 0,013} = 1112 \text{ m} \longrightarrow D_1 = 600\text{mm}$$

$$L_2 = L - L_1 = 6000 - 1112 = 4888 \text{ m} \longrightarrow D_2 = 700\text{mm}$$

Calculo de las perdidas de energía

1.- Pérdidas por valvulas de control:

Se han instalado valvulas a la salida del desarenador (700mm), a la entrada de la planta (600mm).

Valvula de compuerta abierta:

$$k = 0,2$$

1 válvula en 700mm
1 válvula en 600mm

$$h_m = 0,2 * (0,9981 + 0,5340)$$

$$h_m = 0,3064 \text{ m}$$

2.- Pérdidas por reducción gradual

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{678,4}{580,2} = 1,17 \quad k = 0,26$$

$$h_m = 0,26 * \frac{V_1^2}{2g} = 0,26 * 0,9981 = 0,260$$

$$h_m = 0,260 \text{ m}$$

3.- Pérdidas por entrada normal al tubo 700mm:

$$h_m = 0,5 * \frac{V_2^2}{2g} = 0,5 * 0,5340 =$$

$$h_m = 0,267 \text{ m}$$

4.- Perdidas por salida 600mm:

$$h_m = 1 * \frac{V_1^2}{2g} = 1 * 0,9981$$

$$h_m = 0,998 \text{ m}$$

Pérdidas totales= Sumatoria
hm= 1,831 m

Con el valor de las pérdidas totales se deben verificar el diametro teorico y la redistribución de longitudes:

$$\text{Carga Hidraulica disponible= } H = 1699 - 1602 - 1,831 = 95,059$$

Longitud Real de tubería= 6000

$$\text{Pérdida de carga Unitaria } J = \frac{H}{L} = \frac{95,059}{6000} = 0,016$$

Despejando el diametro de la Ecuación de Hazen y Wiliams:

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot J^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,655$$

Por tanto, se sigue trabajando con D1= 600mm y D2=700mm, las mismas perdidas de carga.

Las nuevas longitudes de las tuberías seran:

$$H = H_1 + H_2 = J_1 \cdot L_1 + J_2 \cdot L_2 = J_1 \cdot L_1 + J_2 \cdot (L - L_1)$$

$$D1=600\text{mm} \quad L_1 = \frac{H-J_2 \cdot L}{J_1 - J_2} = \frac{95,059 - 0,013(6000)}{0,029 - 0,013} = 992 \text{ m}$$

$$D2=700\text{mm} \quad L_2 = L - L_1 = 6000 - 991,87 = 5008 \text{ m}$$

Con esta nueva distribución de longitudes, se verifica que no exista cambio de diámetro en los accesorios. Las cotas de la línea piezométrica se calculan para cada tramo:

Tramo en 700mm:

$$\begin{aligned} \text{Cota piezométrica al inicio} &= 1698,89 & J_2 &= 0,01333 \text{ m/m} \\ \text{Cota piezométrica al final} &= (1698,89 - J_2 \cdot L_2 - \text{SUMATORIA DE Hm}) & L_2 &= 5008 \text{ m} \\ &= 1631,70 & \text{Perdidas} &= 67,19 \end{aligned}$$

Tramo en 600mm:

$$\begin{aligned} \text{Cota piezométrica al inicio} &= 1631,7 & J_1 &= 0,02854 \text{ m/m} \\ \text{Cota piezométrica al final} &= (1631,7 - J_1 \cdot L_1 - \text{SUMATORIA DE Hm}) & L_1 &= 992 \text{ m} \\ &= 1602 & \text{Perdidas} &= 29,64 \end{aligned}$$

COSTO DE LA TUBERÍA DE HIERRO DUCTIL

DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TUBERÍA 600MM HD	m	992	166,47	165.116,82
TUBERÍA 700MM HD	m	5008	263,84	1.321.344,66
			TOTAL	1.486.461,49

ANEXO 14

Calculo de la Línea de Conducción

Datos:

Periodo de diseño:	25 años
Caudal de diseño:	1,17 m ³ /seg.
Cota de salida al desarenador:	1698,42 m
Cota de salida a la Planta:	1602 m

MATERIAL PVC

Presión estática máxima (en abscisa 1600)= 1698,42 - 1602 = 96,42 m
Presión de diseño= 1,3 * 96,42 = 125,346 m = 1,23 Mpa
Presión de trabajo= 630mm = 1,25 Mpa
Clase de tubería: PVC
Coeficiente de rugosidad Hazen - Williams, C= 150

Calculo de Diametro

$$Q = 0,2785 C.D^{2,63} J^{0,54} \quad \text{Hazen - Williams}$$

Carga Hidraulica Disponible SE DEJARÁ 1,5 M PARA LLEGAR A LA PLANTA DE TRATAMIENTO

$$H = 1698,42 - 1601,5 = 96,92$$

Longitud real de tubería = 6000 m

$$\begin{aligned} \text{Pérdida de Carga Unitaria } JH/L &= 96,92 / 6000 \\ &= 0,016153 \end{aligned}$$

Despejando el diametro con la ecuación de Hazen - Williams

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot J^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,599092 \text{ m} = 599,1 \text{ mm}$$

Se diseñará para una tubería de 630mm

PARA DIAMETRO 600MM:

Diametro externo= 630
 Espesor de la pared del tubo= 30
 Diametro interno real= 599

$$J_1 = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right)^{1/0,54} \left\{ \frac{1,17}{0,2785 * 150 * 0,599^{2,63}} \right\}^{1/0,54}$$

$$J_1 = 0,01617$$

$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{1,17}{(3,1416 * 0,599^2) / 4} = 4,15 \text{ m/seg}$$

$\frac{V_1^2}{2 \cdot g}$	=	0,8786
---------------------------	---	--------

La carga hidraulica total disponible es: $H=J_1.L_1=$ 0,01617 * 6000 = 96,99

Cota piezométrica al inicio= 1698,42
 Cota piezométrica al final= (1698,42 - $J_2.L_2$) =
 = 1601,43

La tubería PVC puede soportar altas presiones

COSTO DE LA TUBERÍA DE PVC

DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TUBERÍA 630MM	m	6000	423,67	2.542.020,00
				0,00
			TOTAL	2.542.020,00

ANEXO 15

2015

TUBERIA Y ACCESORIOS DE u-PVC PARA PRESION

Unión por Sellado Elastomérico (Unión "Z")

Certificada de Conformidad con Sello de Calidad I N E N

Norma Técnica de Referencia: NTE INEN 1 3 7 3

U/Z -1/4

**VALOR
REF
UNITARIO**

Código	DESCRIPCION	
925856	TUB u-PVC UZ 50mm X 6m 0,80MPa(116psi)	
926161	TUB u-PVC UZ 400mm X 6m 1,00MPa(145psi) *	11,87
926162	TUB u-PVC UZ 400mm X 6m 1,25MPa(181psi) *	947,00
926163	TUB u-PVC UZ 400mm X 6m 1,60MPa(232psi) *	1077,00
926164	TUB u-PVC UZ 450mm X 6m 0,63MPa(91psi) *	1233,00
947134	TUB u-PVC UZ 450mm X 6m 0,80MPa(116psi) *	656,00
926165	TUB u-PVC UZ 450mm X 6m 1,00MPa(145psi) *	893,00
947115	TUB u-PVC UZ 450mm X 6m 1,25MPa(181psi) *	995,00
926166	TUB u-PVC UZ 500mm X 6m 0.63MPa(91psi) *	1313,00
926167	TUB u-PVC UZ 500mm X 6m 0.80MPa(116psi) *	955,00
926168	TUB u-PVC UZ 500mm X 6m 1.00MPa(145psi) *	1033,00
926169	TUB u-PVC UZ 500mm X 6m 1.25MPa(181psi) *	1271,00
926172	TUB u-PVC UZ 630mm X 6m 0.63MPa(91psi) *	1543,00
926170	TUB u-PVC UZ 630mm X 6m 0.80MPa(116psi) *	1342,00
926171	TUB u-PVC UZ 630mm X 6m 1.00MPa(145psi) *	1677,00
926174	TUB u-PVC UZ 630mm X 6m 1.25MPa(181psi) *	2055,00
		2542,00

« Tubería de baja presión, no para AAPP
 EL PRECIO DEL TUBO INCLUYE EL ANILLO DE CAUCHO
 TUBERÍA DE 125, 140, 225, 450, 500 y 630mm
 COMERCIALIZACIÓN BAJO PEDIDO

+ PRODUCTO PARA RIEGO DE FABRICACION BAJO PEDIDO
 * PRODUCTO DE FABRICACION BAJO PEDIDO, PREVIO PAGO ANTICIPADO
FAVOR CONSULTAR CON ADMINISTRACION DE VENTAS
CAMPANA ADICIONAL U/Z 10% de incremento sobre el precio.

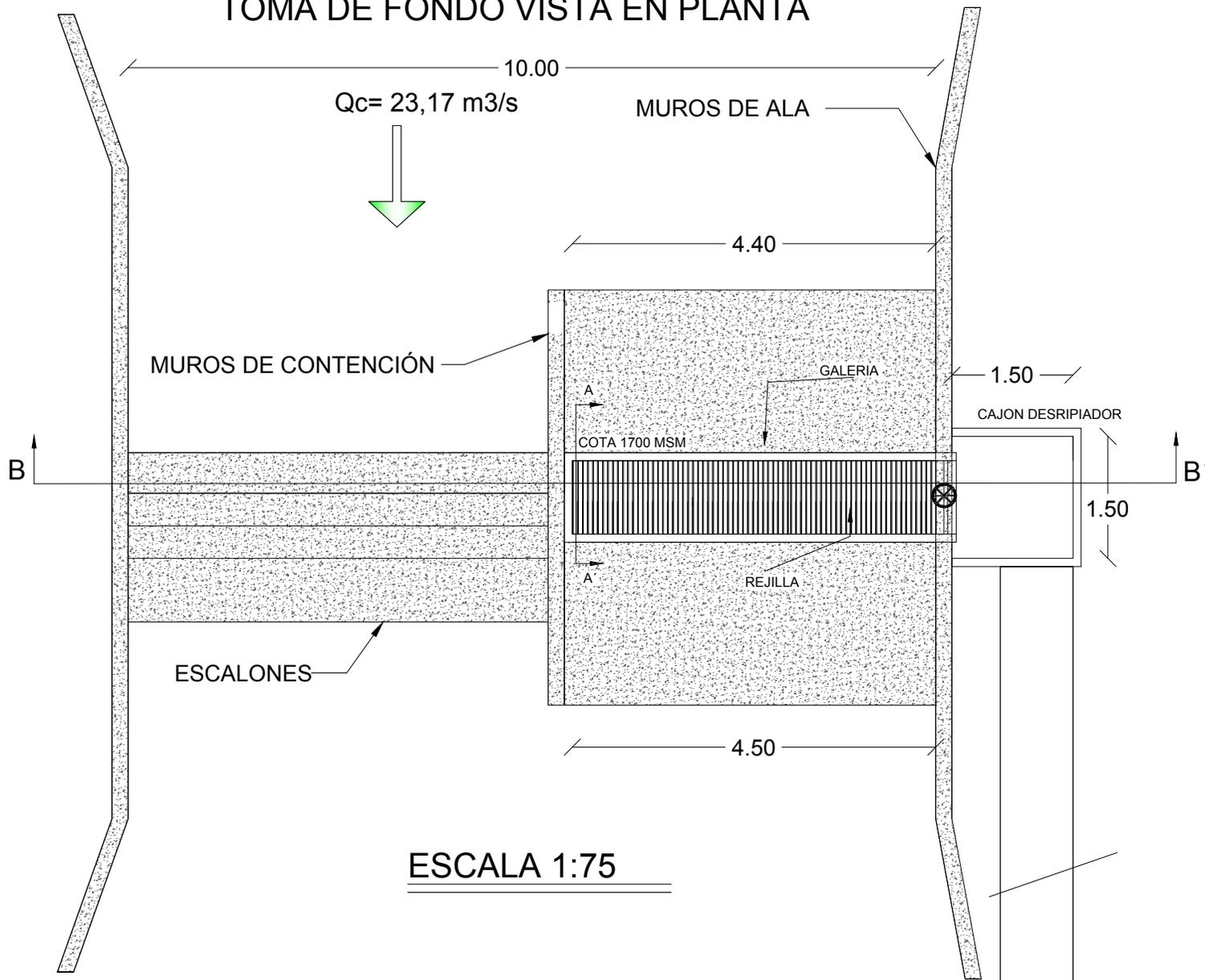
ANEXO 16**PRECIOS DE HIERRO DUCTIL - FUENTE: AGUAS MACHALA EP**

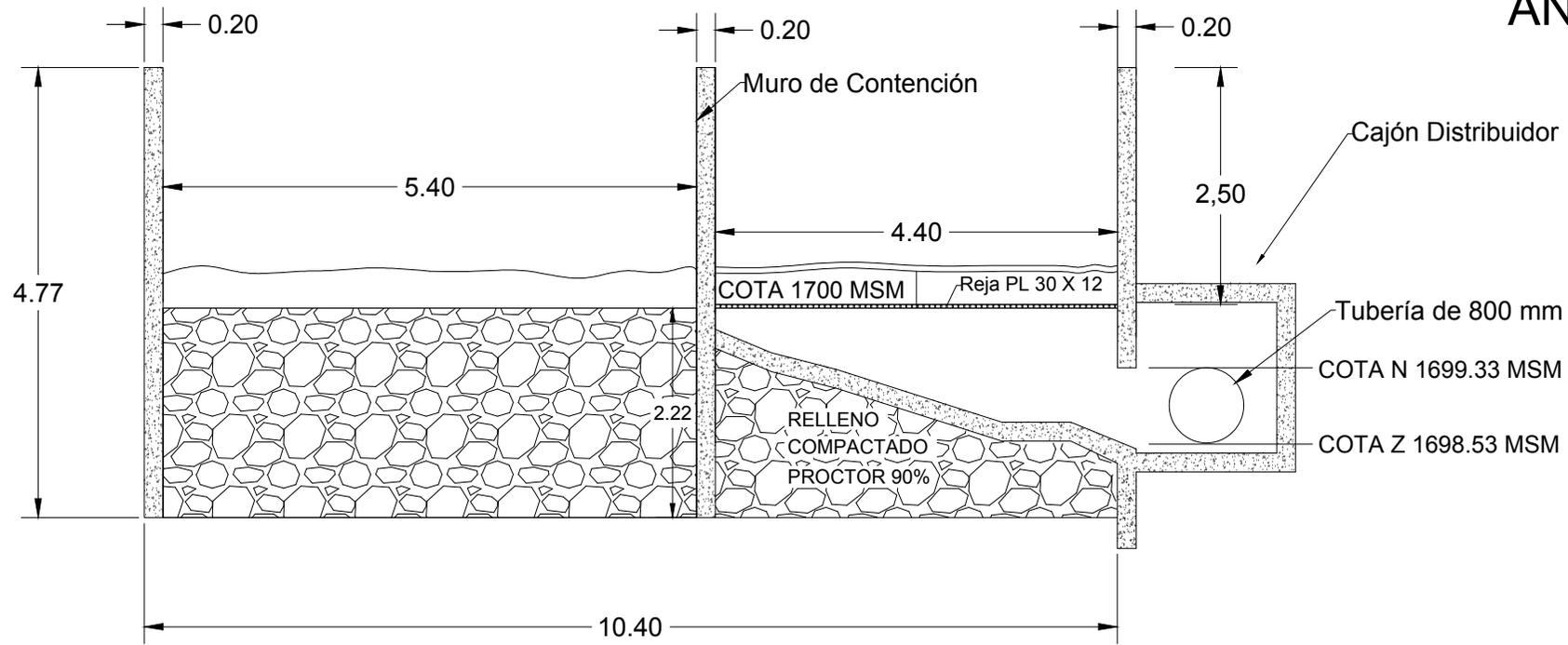
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tubería HD, DN1200mm, C25, ISO2531:2009, Revestimiento interno: mortero, Revestimiento externo: Zinalium 400 gr/m2. Junta espiga campana.	MI	4200	\$582.51	\$ 2.446.542,00
Tubería HD, DN1000mm, C25, ISO2531:2009, Revestimiento interno: mortero, Revestimiento externo: Zinalium 400 gr/m2. Junta espiga campana.	MI	300	\$389.31	\$ 116.793,60
Tubería HD, DN700mm, C25, ISO2531:2009, Revestimiento interno: mortero, Revestimiento externo: Zinalium 400 gr/m2. Junta espiga campana.	MI	640	\$263.84	\$ 168.860,16
Tubería HD, DN600mm, C25, ISO2531:2009, Revestimiento interno: mortero, Revestimiento externo: Zinalium 400 gr/m2. Junta espiga campana.	MI	4200	\$166.47	\$ 699.190,80

LOS PRECIOS SON PUESTOS EN OBRA EN LA CIUDAD DE MACHALA Y NO INCLUYEN IVA**MARCA: SAINT GOBAIN - PAM**

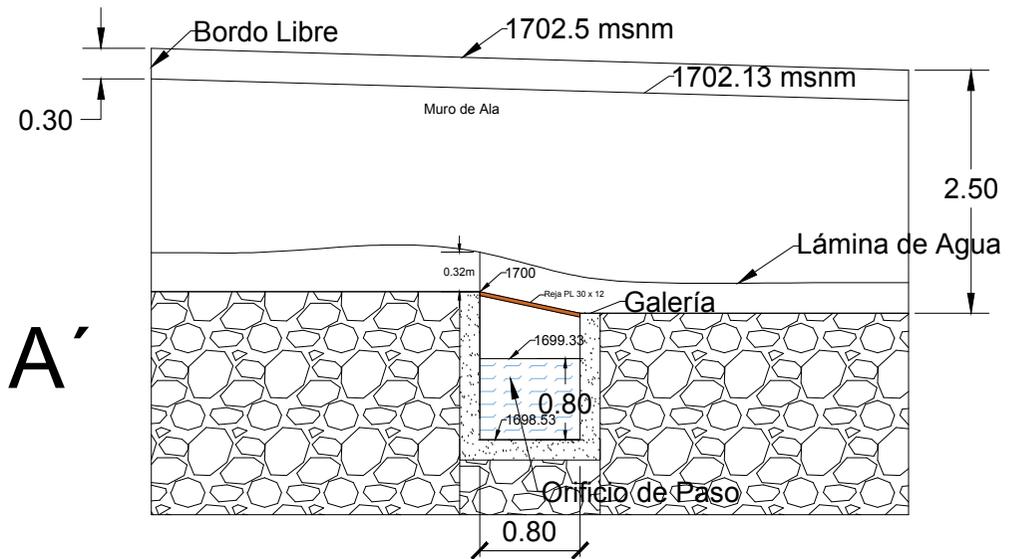
ANEXO 17

TOMA DE FONDO VISTA EN PLANTA

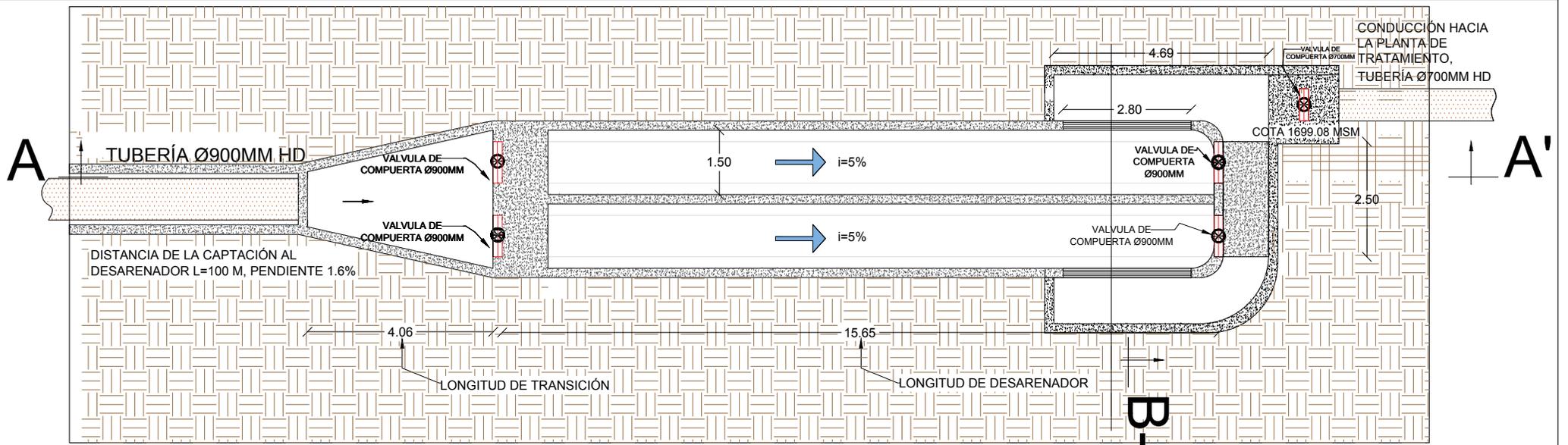




CORTE B - B'

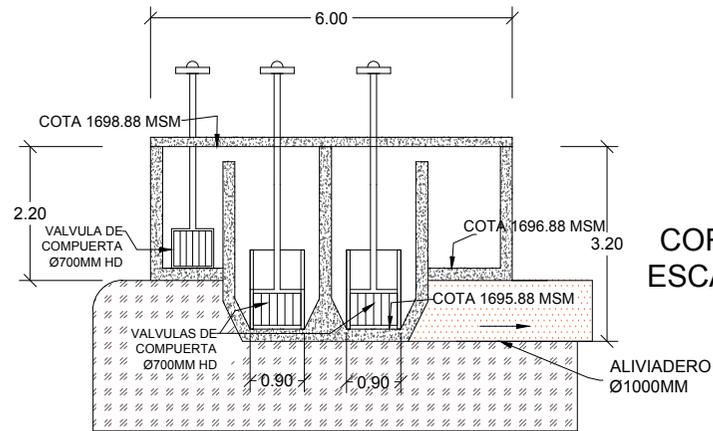


CORTE A - A'

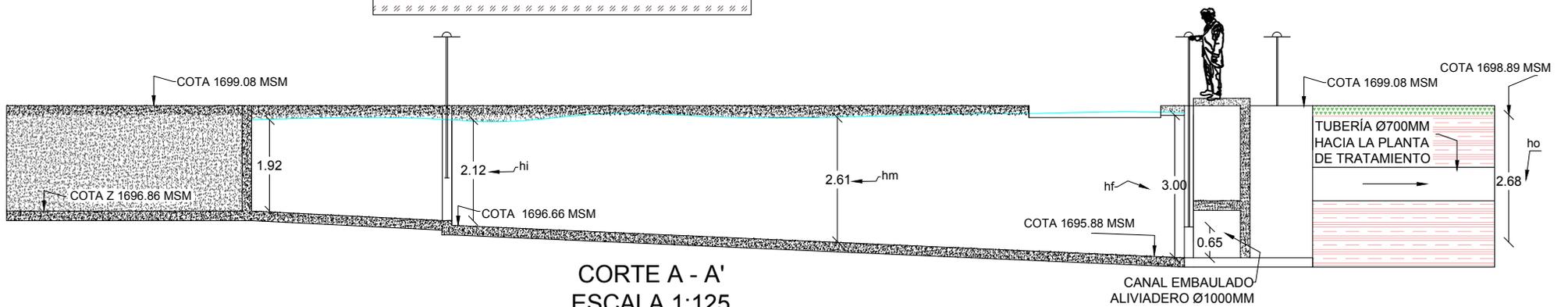


DESARENADOR VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:125

ANEXO 19



CORTE B-B'
ESCALA 1:125



CORTE A-A'
ESCALA 1:125

ANEXO 20

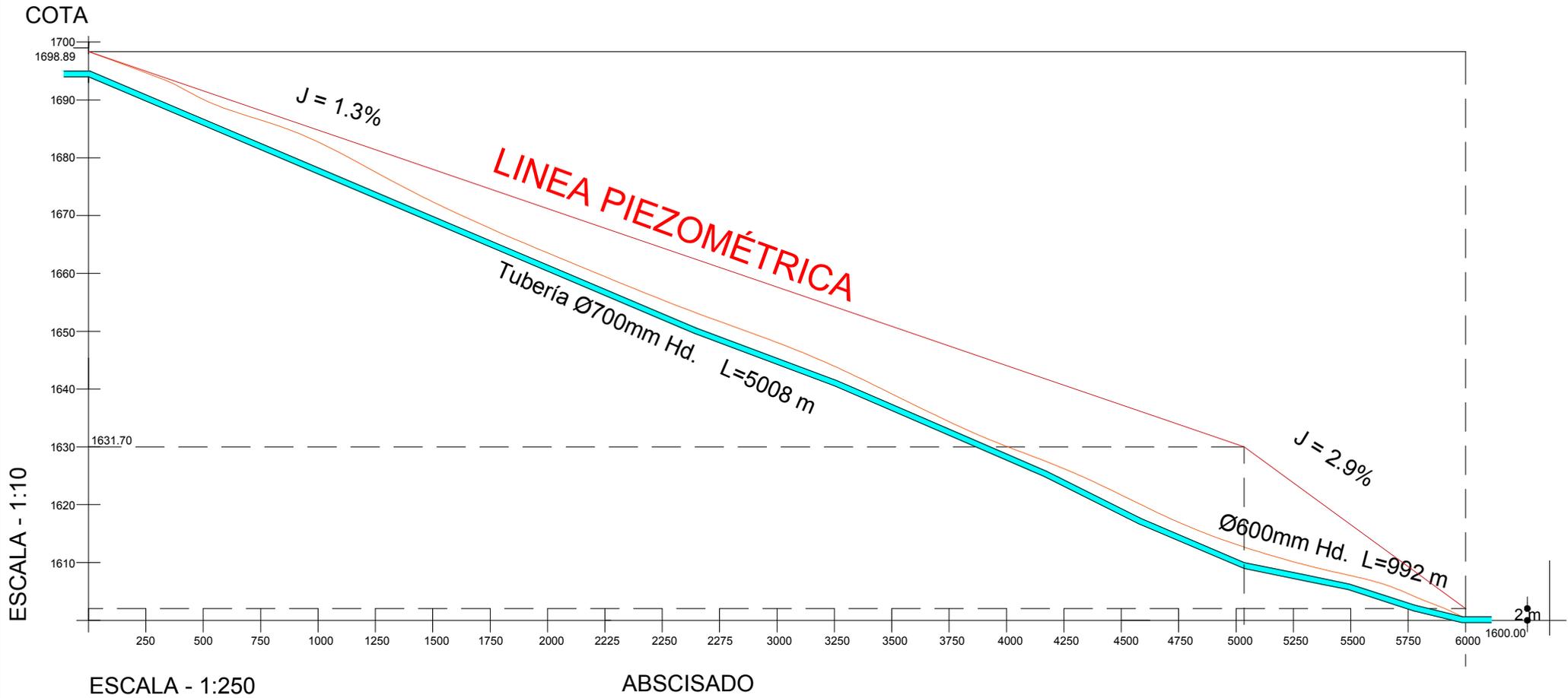


DIAGRAMA DE CONDUCCIÓN DEL TRAMO
DESARENADOR - PLANTA DE TRATAMIENTO.
PRIMERA ALTERNATIVA - TUBERIA DE HIERRO DUCTIL

ANEXO 21

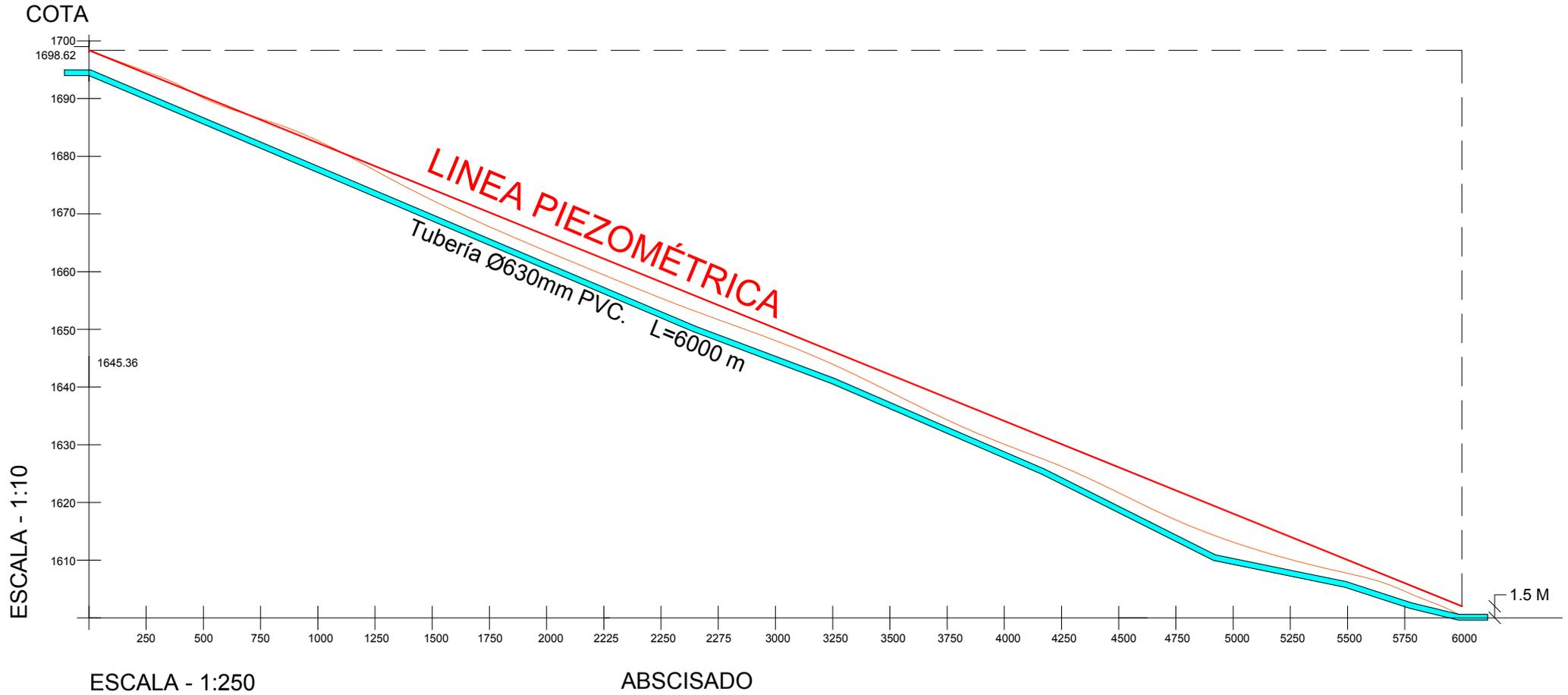


DIAGRAMA DE CONDUCCIÓN DEL TRAMO
DESARENADOR - PLANTA DE TRATAMIENTO.
SEGUNDA ALTERNATIVA - TUBERIA DE PVC

Jrkund Analysis Result

Analysed Document: JORGE EDUARDO CEDEÑO MORENO.docx (D16373608)
Submitted: 2015-11-25 11:03:00
Submitted By: jmolina@utmachala.edu.ec
Significance: 3 %

Sources included in the report:

CAPITULO 2.pdf (D14159796)
NEC Capitulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua.docx (D11273646)
<http://www.slideserve.com/gelsey/autor-sr-miguel-angel-loyola-borja>
<http://karicardo90.blogspot.com/>

Instances where selected sources appear:

5



Ing. Francisco Vera Domínguez

MISIÓN

La Universidad Técnica de Machala es una institución de educación superior orientada a la docencia, a la investigación y a la vinculación con la sociedad, que forma y perfecciona profesionales en diversas áreas del conocimiento, competentes, emprendedores y comprometidos con el desarrollo en sus dimensiones económico, humano, sustentable y científico-tecnológico para mejorar la producción, competitividad y calidad de vida de la población en su área de influencia.

VISIÓN

Ser líder del desarrollo educativo, cultural, territorial, socio-económico, en la región y el país.

*Av. Panamericana km. 5 1/2 Via Machala Pasaje
2983362 - 2983365 - 2983363 - 2983364*

www.utmachala.edu.ec