



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE SISTEMAS PARA LA DERIVACIÓN DE  
CAUDALES CONCESIONADOS Y CONSTRUCCIÓN DE  
AFORADORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO  
GUANO”**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**LORENA ELIZABETH QUISNANCELA CHAUCA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

## **AGRADECIMIENTO**

*Doy gracias a Dios quién supo guiarme por el buen camino, y me dio la fuerza necesaria para seguir adelante y no desmayar, enseñándome a encarar todas las adversidades, sin perder nunca mi dignidad.*

*A “CESA” Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas, quienes me apoyaron incondicionalmente de forma económica y técnica para la realización del presente trabajo de investigativo*

*Y finalmente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Química; por la valiosa conducción del Ing. César Ávalos director de tesis y a la oportuna colaboración del Ing. Marco Chuiza miembro del tribunal, quienes me brindaron sus conocimientos para hacer de mí una persona competente en el ámbito profesional.*

## **DEDICATORIA**

*Esta tesis se la dedico al ejemplo de trabajo y superación de mi padre Ángel ; al amor y ternura de mi madre Rosa, con quienes aún tengo la dicha de compartir mis sueños e ideales; a ellos que han sido siempre mi fortaleza, mi guía, mi ejemplo y que con su apoyo he logrado culminar mi tan anhelada carrera profesional.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE ING. QUÍMICA**

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de investigación:

**“DISEÑO DE SISTEMAS PARA LA DERIVACIÓN DE CAUDALES  
CONCESIONADOS Y CONSTRUCCIÓN DE AFORADORES EN LA  
MICROCUENCA DEL RÍO GUANO”**, de responsabilidad de la Srta. Egresada Lorena  
Elizabeth Quisnancela Chauca ha sido prolijamente revisada por los Miembros del  
Tribunal de Tesis quedando autorizada su presentación:

**HOJA DE FIRMAS**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Silvio Álvarez	.....	.....
<b>DECANO FAC. CIENCIAS</b>		
Ing. Mario Villacrés	.....	.....
<b>DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA</b>		
Ing. César Ávalos	.....	.....
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>		
Ing. Marco Chuiza	.....	.....
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		
Tec. Carlos Rodríguez	.....	.....
<b>DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN</b>		

## HOJA DE RESPONSABILIDAD

*“Yo **LORENA ELIZABETH QUISNANCELA CHAUCA**, soy responsable de las ideas, doctrinas, y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

g:	Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )
B:	Ancho del canal aguas arriba del vertedero (m)
b :	Ancho efectivo del corte (m)
$\theta$ :	Ángulo interno entre los lados del corte en "V" (Grados)
E:	Alto de la caja del vertedero (m)
p:	Altura hasta la base de la sección de pasaje (m)
ht:	Altura del triángulo (m)
Ao:	Área del orificio ( $m^2$ )
A:	Área de la sección transversal ( $m^2$ )
Bt:	Base del triángulo rectángulo (m)
Q:	Caudal ( $m^3/s$ )ó (L/s)
Qrh:	Caudales reales (L/s)
Qc:	Caudales obtenidos mediante la curva de calibración (L/s)
h:	Carga hidráulica medida directamente (m)
$C_e$ :	Coefficiente de descarga – adimensional
$C_c$ :	Coefficiente de contracción
$C_v$ :	Coefficiente de velocidad
p:	Cota de la cresta de la solera con referencia al plano de la base del canal (m)
$\rho$ :	Densidad del Fluido ( $Kg/m^3$ )
D:	Diámetro de la tubería por donde pasa el flujo (m)
dA:	Diferencial de área
dQ:	Diferencial de caudal
C:	Distancia del extremo de la cresta al lateral (m).

x:	Distancia horizontal desde el orificio hasta el punto que cae el líquido (m)
y:	Distancia vertical desde el orificio hasta el punto que cae el líquido (m)
e:	Espesor del vertedero (mm)
d:	Espacio recorrido por el flotador (m)
T:	Espejo de agua (m)
f:	Factor de fricción de Darcy.
F:	Número de Froude
Re:	Número de Reynolds
n:	Número de contracciones del vertedero
Log Qrh:	Logaritmos de caudales reales
Log H:	Logaritmos de alturas
L:	Longitud del objeto por donde pasa el flujo (m)
F:	Longitud del vertedero aguas arriba (m)
K :	Longitud del cajón aguas abajo del vertedero (m)
P:	Perímetro mojado (m)
Rh:	Radio Hidráulico (m)
Rr:	Rugosidad Relativa (m)
$\varepsilon$ :	Rugosidad Absoluta (m)
t:	Tiempo (s)
Tan:	Tangente.
V:	Velocidad principal del flujo (m/s)
Vrh :	Velocidad Real (m/s)
Vt :	Velocidad teórica (m/s)
$\vartheta$ :	Viscosidad cinemática $\vartheta = (\mu/\rho)(m^2/s)$ .

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pp:
PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDAD	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
ÍNDICE DE CONTENIDOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN-----	I
SUMMARY -----	II
INTRODUCCIÓN -----	III
ANTECEDENTES-----	IV
JUSTIFICACIÓN-----	V
OBJETIVOS -----	VI
CAPITULO I-----	1
MARCO TEÓRICO-----	1
1.1. Hidrodinámica-----	1
1.2. Canales abiertos-----	6
1.2.1 Propiedades físico-hidráulicas de los canales abiertos-----	7

1.2.2.	Flujos en canales abiertos -----	9
1.2.2.1.	Tipos de flujos en canales abiertos -----	9
1.3.	Estado de flujo -----	12
1.3.1.	Efecto de viscosidad -----	12
1.3.2.	Efecto de la gravedad-----	12
1.3.3.	Régimen de flujo-----	13
1.4.	Aforo del agua de riego-----	14
1.4.1.	Unidades de medida del agua-----	14
1.4.2.	Velocidad de salida por un orificio-----	14
1.5.	Vertederos-----	16
1.5.1.	Flujo a través de un vertedero -----	17
1.5.2.	Efectos de la curvatura sobre el coeficiente de gasto -----	19
1.5.3.	Definiciones y simbología de los vertederos-----	20
1.5.4.	Ventajas e inconvenientes de los vertederos-----	21
1.5.5.	Normas generales para la colocación de vertederos -----	21
1.5.6.	Criterios para la selección del vertedero-----	22
1.5.7.	Instalación del vertedero. -----	23
1.5.7.1.	Canal de aproximación -----	23
1.5.7.2.	Estructura de medición -----	24
1.5.7.3.	Canal situado aguas abajo del vertedero-----	25
1.5.7.4.	Medición de la carga hidráulica -----	25
1.6.	Vertederos de cresta delgada-----	25
1.6.1.	Vertedero triangular de paredes delgadas -----	25
1.6.1.1	Especificaciones para la construcción-----	25
1.6.1.2.	Especificaciones para la instalación -----	26
1.6.1.3.	Ubicación de la sección para instalar el medidor de carga hidráulica -----	28
1.6.1.4.	Precauciones con respecto a la ventilación-----	28

1.6.1.5.	Cálculo de caudales en los vertederos triangulares -----	28
1.6.1.6.	Determinación del coeficiente de descarga -----	30
1.6.1.7.	Limitaciones práctica de la relaciones $h/p$ , $p/B$ y $p$ -----	32
1.6.1.8.	Efectos de la distribución de la velocidad y precisión de la medición -----	33
1.6.2.	Vertedor rectangular de paredes delgadas -----	33
1.6.2.1.	Especificaciones para su uso -----	33
1.6.2.2.	Especificaciones para la instalación -----	34
1.6.2.3.	Instalación del medidor de carga hidráulica -----	35
1.6.2.4.	Precauciones con respecto a la ventilación -----	35
1.6.2.5.	Cálculo de caudales en los vertederos rectangulares -----	36
1.6.2.6.	Determinación del coeficiente de descarga -----	38
1.6.2.7.	Limitaciones prácticas de $h/p$ , $h$ , $b$ y $p$ -----	40
1.6.2.8.	Efecto de la distribución de la velocidad en el canal de aproximación -----	40
1.7.	Diseño de los vertederos -----	41
<b>CAPITULO II</b> -----		<b>46</b>
<b>2.</b>	<b>PARTE EXPERIMENTAL</b> -----	<b>47</b>
2.1.	Muestreo -----	47
2.1.1.	Localización de zona de estudio -----	47
2.1.2.	Socialización con los usuarios -----	47
2.1.3.	Selección del sitio de monitoreo -----	47
2.1.4.	Periodicidad del monitoreo -----	48
2.1.5.	Implementos de campo y laboratorio -----	49
2.1.6.	Aforos de agua -----	49
2.2.	Metodología -----	51
2.2.1.	Métodos y técnicas -----	51
2.2.1.1.	Métodos -----	51
2.2.1.2.	Técnicas -----	52

2.3.	Datos experimentales	53
2.4.	Datos adicionales	63
2.4.1.-	Determinación del estado de flujo	63
<b>CAPITULO III</b>		<b>64</b>
<b>3.</b>	<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>65</b>
3.1.	Cálculos	65
3.1.1.	Determinación del ancho promedio del punto 1 primera salida	65
3.1.2.	Determinación de la profundidad promedio del punto 1 primera salida	65
3.1.3.	Determinación del área transversal del punto 1 , primera salida	65
3.1.4.	Determinación del tiempo promedio del punto 1 primera salida	66
3.1.5.	Determinación de la velocidad	66
3.1.6.	Determinación del caudal disponible	66
3.1.7.	Determinación del área hidráulica	67
3.1.7.1.	Determinación del ancho en la orilla A del punto 1, primera salida	67
3.1.7.2.	Determinación del ancho en el punto B del punto 1, primera salida	67
3.1.7.3.	Determinación del ancho en el punto C del punto 1, primera salida	67
3.1.7.4.	Determinación del ancho en la orilla D del punto 1, primera salida	68
3.1.8.	Determinación del perímetro mojado	68
3.1.9.	Determinación del radio hidráulico	69
3.1.10.	Determinación del espejo de agua	69
3.1.11.	Determinación del diámetro hidráulico	69
3.1.12.	Determinación de la pendiente	69
3.1.13.	Determinación de la profundidad hidráulica	70
3.1.14.	Determinación del número de Reynolds	70
3.1.15.	Determinación de número de froude	70
3.1.16.	Dimensionamiento de la de la cresta vertedora del vertedero rectangular	71
3.1.17.	Dimensionamiento de la caja vertedora	71

3.1.18.	Derterminación del coeficeinte de descarga-----	72
3.1.19.	Área del orificio rectangular -----	72
3.1.20.	Determinación de la velocidad real-----	73
3.1.21.	Determinación del caudal real -----	73
3.1.22.	Determinación de la velocidad teórica-----	73
3.1.23.	Determinación del coeficiente de velocidad -----	74
3.1.24.	Determinación del coeficiente de contracción-----	74
3.1.25.	Determinación del caudal teórico -----	74
3.1.26.	Dimensionamiento de la de la cresta vertedora del vertedero triangular ----	75
3.1.27.	Dimensionamiento de la caja vertedora -----	76
3.1.28.	Derterminación del coeficeinte de descarga-----	76
3.1.29.	Área del orificio triangular -----	77
3.1.30.	Determinación de la velocidad real-----	78
3.1.31.	Determinación del caudal real -----	78
3.1.32.	Determinación de la velocidad teórica-----	78
3.1.33.	Determinación del coeficiente de velocidad -----	79
3.1.34.	Determinación del coeficiente de contracción-----	79
3.1.35.	Determinación del caudal teórico -----	79
3.1.35.1.	Determinación del caudal mediante la figura 1.6.1.5.2. -----	79
3.1.35.2.	Determinación del caudal mediante la ecuación de Gourley y Crimp -----	80
3.1.35.3.	Determinación del caudal mediante la ecuación de Hegly -----	80
3.2.	Resultados -----	81
3.3.	Propuesta-----	95
3.3.1.	Construcción de los sistemas de aforación -----	95
3.3.2.	Requerimiento presupuestario-----	96
3.3.3.	Análisis y discusión de resultados-----	97
<b>CAPITULO IV</b>	-----	<b>102</b>

<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>103</b>
4.1.	Conclusiones	103
4.2.	Recomendaciones	103
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>110</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pp:</b>
Figura 1.1.1.- Valores de la rugosidad.....	4
Figura 1.2.1.1.- Elementos geométricos de un canal. ....	7
Figura 1.2.2 1.- Flujo en canales abiertos.....	9
Figura 1.2.2.1. 1. Canal en flujo permanente.....	9
Figura 1.2.2.1. 2. Canal en flujo no permanente.....	10
Figura 1.2.2.1. 3. Canal en flujo uniforme.....	10
Figura 1.2.2.1. 4. Canal en flujo no uniforme.....	11
Figura 1.2.2.1. 5. Canal en flujo gradualmente variado.....	11
Figura 1.5.1. 1.- Descarga a través de un vertedero.....	17
Figura 1.5.1. 2.- Vertedero Rectangular con contracción.....	18
Figura 1.5.1. 3.- Vertedero triangular de 90°.....	19
Figura 1.5.2. 1.- Vertederos con sedimentación.....	20
Figura 1.6.1.2. 1.- Características del vertedero triangular.....	26
Figura 1.6.1.5. 1.- Vertedero Triangular.....	28
Figura 1.6.1.6. 1. Coeficiente de descarga.....	31
Figura 1.6.2.2. 1.- Características de un vertedero rectangular.....	34
Figura 1.6.2.5. 1.- Vertedero rectangular.....	36
Figura 1.6.2.6. 1.- Coeficiente de descarga $C_e$ .....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pp:</b>
Tabla 1.1. 1.- Valores de la Rugosidad relativa.....	5
Tabla 1.1. 2.- Valores de Hortón para n.....	5
Tabla 1.1. 3.- Valores de Bazin para m. ....	6
Tabla 1.2.1. 1.- Geometría de los canales abiertos.....	8
Tabla 1.5.2. 1.- Aumento del error de la medida del caudal en tanto por cierto. ..	20
Tabla 1.6.1.2. 1.- Dimensiones de las cajas para vertederos triangulares .....	27
Tabla 1.6.2.2. 1.- Dimensiones de las cajas de vertederos para rectangulares. ....	35
Tabla 2.1.4. 1.- Coordenadas de los puntos de monitoreo. ....	48
Tabla 2.3.1. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1, ..	53
Tabla 2.3.1. 2. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2. ..	53
Tabla 2.3.1. 3. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3. ..	53
Tabla 2.3.1. 4. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4. ..	54
Tabla 2.3.2. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1 ...	55
Tabla 2.3.2. 2. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2. ..	55
Tabla 2.3.2. 3. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3. ..	55
Tabla 2.3.2. 4. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4 ...	56
Tabla 2.3.3. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1 ...	57
Tabla 2.3.3. 2. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2 ..	57
Tabla 2.3.3. 3. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3 ...	58
Tabla 2.3.3. 4. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4 ...	58
Tabla 2.3.4. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1. ..	59

Tabla 2.3.4. 2.	Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2 ...	59
Tabla 2.3.4. 3 .	Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3 .....	60
Tabla 2.3.4. 4.	Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4 .....	60
Tabla 2.3.5. 1.	Datos experimentales del vertedero rectangular, punto 1. ....	61
Tabla 2.3.5. 2.	Datos experimentales del vertedero triangular, punto 2. ....	61
Tabla 2.3.5. 3.	Datos experimentales del vertedero triangular, punto 3. ....	62
Tabla 2.3.5. 4.	Datos experimentales del vertedero triangular, punto 4. ....	62
Tabla 2.4.1. 1.	Propiedades físicas del agua.....	63
Tabla 3.1.7.4. 1.	Datos obtenidos en el Punto 1.....	68
Tabla 3.2. 1.	Datos de ancho determinados en los 4 puntos de monitoreo.....	81
Tabla 3.2. 2.	Datos de profundidad determinados en los 4 puntos de monitoreo.	81
Tabla 3.2. 3.	Datos de área transversal d en los 4 puntos de monitoreo.....	81
Tabla 3.2. 4.	Datos de velocidad en los 4 puntos de monitoreo. ....	82
Tabla 3.2. 5.	Variación de Caudales en el 4 de monitoreo.....	82
Tabla 3.2. 6.	Resultados de área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico, espejo de agua, diámetro hidráulico, pendiente, profundidad hidráulica, número de Reynolds y número de Froude.....	82
Tabla 3.2. 7.-	Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real del vertedero rectangular ubicado en el primer punto de monitoreo.....	83
Tabla 3.2. 8.-	Logaritmos de caudales y alturas, primer punto de monitoreo.....	83
Tabla 3.2. 9.-	Caudales generados con la ecuación de calibración, del primer punto de monitoreo.....	84

Tabla 3.2.10.-	Datos de coeficiente de velocidad, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el primer punto de monitoreo. ....	85
Tabla 3.2. 11.-	Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real en el vertedero triangular ubicado en el segundo punto de monitoreo. ...	86
Tabla 3.2. 12.-	Logaritmos de caudales reales y alturas del segundo punto de monitoreo. ....	86
Tabla 3.2. 13.-	Caudales generados con la ecuación de calibración del segundo punto de monitoreo. ....	87
Tabla 3.2. 14.-	Datos de coeficiente de descarga, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el segundo punto de monitoreo. ....	88
Tabla 3.2. 15.-	Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real del vertedero triangular ubicado en el tercer punto de monitoreo. ....	88
Tabla 3.2. 16.-	Logaritmos de caudales reales y alturas , en el tercer punto de monitoreo. ....	89
Tabla 3.2. 17.-	Caudales generados con la ecuación de calibración , en el tercer punto de monitoreo. ....	90
Tabla 3.2. 18.-	Datos de coeficiente de velocidad, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el tercer punto de monitoreo. ....	91
Tabla 3.2.19.-	Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real del vertedero triangular, en el cuarto punto de monitoreo. ....	92
Tabla 3.2.20.-	Logaritmos de caudales reales y alturas, en el cuarto punto de monitoreo. ....	92
Tabla 3.2. 21.-	Caudales generados con la ecuación de calibración, en el cuarto punto de monitoreo. ....	93

Tabla 3.2. 22.-	Datos de coeficiente de descarga, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el cuarto punto de monitoreo. ....	94
Tabla 3.3.1. 1.	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) de construcción.....	96
Tabla 3.3.1. 2.	Materiales utilizados por m <sup>3</sup> de construcción. ....	96
Tabla 3.3.2. 1	Recursos Humanos.....	96
Tabla 3.3.2. 2.	Recursos Materiales .....	97
Tabla 3.3.2. 3.	Recursos totales.....	97
Tabla 3.3.3. 1.	Dimensiones del sistema de aforación con vertedero rectangular.	98
Tabla 3.3.3. 2.	Dimensiones del sistemas de aforación con vertedero triangular.	101

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pp:

Gráfico 3.1.13. 1.	Dimensionamiento de la cresta del vertedero rectangular. ....	71
Gráfico 3.1.23. 1.	Dimensionamiento de la cresta del vertedero triangular. ....	75
Gráfico 3.1.23. 2.	Cresta del vertedero en función de los triángulos rectángulos. ...	75
Gráfico 3.2.8. 1.	Logaritmos de caudal real vs alturas, punto 1 .....	84
Gráfico 3.2.9. 1	Curva de calibración, punto 1.....	84
Gráfico 3.2.10. 1.	Comparación de caudales reales y teóricos, punto 1.....	85
Gráfico 3.2.12. 1.	Logaritmo de caudal real vs alturas, punto 2.....	87
Gráfico 3.2.13. 1.	Curva de calibración, punto 2.....	87
Gráfico 3.2.14. 1	Comparación de caudales teóricos y reales, punto 2.....	88
Gráfico 3.2.16. 1.	Logaritmos de caudal real vs alturas, punto 3.....	90
Gráfico 3.2.17. 1.	Curva de calibración, punto 3.....	90
Gráfico 3.2.18. 1.	Comparación de caudales reales y teóricos, punto 3.....	91
Gráfico 3.2.20. 1.	Logaritmos de caudal real vs alturas, punto 4.....	93
Gráfico 3.2.21. 1.	Curva de calibración, punto 4.....	93
Gráfico 3.2.22. 1.	Comparación de caudales reales y teóricos, punto 4.....	94
Gráfico 3.3.3. 1.	Sistema de aforación rectangular instalado en el primer punto de monitoreo. ....	99
Gráfico 3.3.3. 2.	Vertedero triangular instalado en los puntos 2, 3 y 4. ....	101

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pp:</b>
<b>ANEXO I</b>	Mapa de microcuencas en la subcuenca del río Chambo 111
<b>ANEXO II</b>	Directorio de aguas San Isidro de Patulú..... 112
<b>ANEXO III</b>	Inventario hídrico acequia San Isidro de Patulú..... 113
<b>ANEXO IV</b>	Inventario hídrico acequia la delicia..... 114
<b>ANEXO V</b>	Inventario hídrico acequia Ingos y Naranjo Amelia..... 115
<b>ANEXO VI</b>	Reuniones de socialización entre usuarios..... 116
<b>ANEXO VII</b>	Diseño del sistema de aforación , punto 1..... 117
<b>ANEXO VIII</b>	Construcción del sistema de aforación, punto 1..... 118
<b>ANEXO IX</b>	Diseño del sistema de aforación , punto 2..... 119
<b>ANEXO X</b>	Construcción del sistema de aforación, punto 2..... 120
<b>ANEXO XI</b>	Diseño del sistema de aforación , punto 3..... 121
<b>ANEXO XII</b>	Construcción del sistema de aforación, punto 3..... 122
<b>ANEXO XIII</b>	Diseño del sistema de aforación , punto 4..... 123
<b>ANEXO XIV</b>	Construcción del sistema de aforación, punto 4..... 124

## RESUMEN

Se diseñó sistemas para la derivación de caudales concesionados y se construyó aforadores , en la parroquia de San Isidro de Patulú del Cantón Guano perteneciente a la Provincia de Chimborazo cuyo objetivo es la distribución del recurso hídrico existente en las vertientes Pacha Pungo, Cocha Tapada, Mula Potrero, Totorá Guaico y Río Patulú.

El método utilizado es el inductivo el cual identificó la zona de trabajo, en donde se realizaron 4 muestreos en situ que permitieron recolectar datos experimentales de ancho, profundidad y tiempo los cuales fueron ocupados en el diseño y construcción de los aforadores.

Con los resultados se determinó que el caudal mínimo y máximo de medida en el vertedero rectangular instalado en el Río Patulú será de 1,84L/s y 761,46L/s con una altura de carga de 0,01m y 0,58m; mientras que en los vertederos triangulares de las acequias de San Isidro de Patulú y la Delicia los caudales de medida son de 0,014L/s y 61,67L/s con alturas de carga de 0,01m y 0,29m y finalmente en la acequia de Ingos y Naranjo Amelia el vertedero medirá caudales comprendidos entre 0,014L/s y 32,53L/s con una altura máxima de carga de 0,22m.

Concluyendo que en el diseño del vertedero rectangular el parámetro fundamental es la fluctuación del caudal en las fuentes hídricas, mientras que para los tres vertederos triangulares el parámetro de diseño son las concesiones existentes en la Secretaría Nacional del Agua; recomendando realizar un mantenimiento periódico de las estructuras para evitar la acumulación de sedimentos.

## SUMMARY

We designed systems for the derivation of concession flows and built gauges, in the San Isidro of Patulú parish from Guano canton belonging to the Chimborazo Province which the objective is to distribute of existing water resources in the watersheds Pacha Pungo, Cocha Tapada, Mula Potrero, Totorá Guaico and Patulú River.

The inductive method is used which identified the work area, where they made 4 samples collected in situ which allow collecting experimental data in wide, depth and time which were engaged in the design and construction of the gauges.

The results determined that the minimum and maximum flow measured in the rectangular weir installed in the River Patulú will be 1,84 L/s and 761,46L/s with a height of load 0,01 and 0,58m; while in the triangular landfills of San Isidro and Delicia irrigation canals the measured flows are 0,014 L/s and 61,67 L/s with load heights of 0,01m and 0,29m and finally, in the irrigation canals of Ingos and Naranjo Amelia which measured flow rates ranging between 0,14 L/s and 32,53 L/s with a maximum stack height of 0,22m

Concluding that the rectangular weir design is the fundamental parameter of the flow fluctuation in water sources, while for the three triangular landfills design the parameter of design are the existing concessions in National Water Secretary, recommending a periodic maintenance of the structures in order to prevent sediment accumulation.

## INTRODUCCIÓN

Para la realización del presente trabajo investigativo se contó con la ayuda del equipo técnico conformado por el consorcio AVSF-CESA-ESPOCH, el mismo que mediante monitoreos realizados de manera continua nos permitieron identificar la zona en la cual se va a medir el caudal disponible en el Río Patulú para posteriormente diseñar y construir los sistemas de aforación.

La zona en donde se va a implementar los sistemas de aforación se encuentra ubicada en la parroquia de San Isidro de Patulú perteneciente al cantón Guano, la cual presenta una estructura de riego constituida por una bocatoma encargada de almacenar y distribuir el recurso hídrico proveniente del Río Patulú para posteriormente repartirlo en sus tres usuarios los mismos que desconocen la cantidad de líquido que tienen a su disposición.

Con los estudios realizados en la zona y basándonos en las necesidades de los usuarios del sistema de riego de San Isidro de Patulú se instalaron 4 sistemas de aforación los mismos que están constituidos por un vertedero de tipo rectangular para el Río Patulú y 3 vertederos triangulares para sus tres ramales, además está constituido por un canal de aproximación aguas arriba, un canal de descarga aguas abajo y un instrumento de medida.

Con la instalación de estos sistemas de aforación los usuarios tendrán conocimiento del caudal disponible en L/s existente en el Río Patulú, logrando así una distribución equitativa del recurso entre los usuarios, reduciendo los conflictos sociales además el proyecto servirá como un plan piloto de ejemplo para el resto de usuarios de la microcuenca del río Patulú.

## **ANTECEDENTES**

Agrónomos y Veterinarios sin Fronteras (AVSF) , es una organización francesa de solidaridad internacional que trabaja con familias rurales amenazadas por la miseria y la exclusión; su misión principal es cooperar para el desarrollo rural a favor de la agricultura campesina, labor que se lleva a cabo mediante la rehabilitación de infraestructuras de transporte, protección de las zonas de suministro, distribución del agua para uso agrícola, reforma de normas para la división del agua entre usuarios y gestión de conflictos sociales.

El Consorcio CESA – AVSF, viene implementando el Proyecto de Gestión de los Recursos Hídricos de la Subcuenca del Río Chambo y para su estudio se encuentra dividida en diez microcuencas hidrográficas y 2 drenes ,los cuales para su mejor estudio se encuentran divididas en tres sectores ; sector alto constituido por las microcuencas del Río Ozogoche y Río Yasipán , sector medio constituido por Río Alao, Río Guano, Río Yudunpala - Guarguallá, río Guamote, Drenes al Cebadas y finalmente el sector bajo constituido por Quebrada Guilleas, río Blanco, Río Puela, Río Chibunga, Drenes al Chambo.

El río principal de la Subcuenca es el río Chambo, con una longitud de 273Km, considerada desde los nacimientos del río Yasipán que al unirse con el río Ozogoche, forma el río Cebadas, que al confluir con el río Guamote, toma el nombre de Chambo.

Identificada la formación del sistema hidrográfico se puede manifestar que estudios realizados por parte de los estudiantes de la ESPOCH son los que tienen que ver con la calidad y la cantidad del mismo en donde la subdivisión anteriormente mencionada ha permitido ubicar los sitios para el monitoreo y la estimación de caudales.

## JUSTIFICACIÓN

El uso conjuntivo de agua varía notablemente entre los países llamados céntricos o industrializados y los países del llamado “Tercer mundo”, por lo tanto es evidente decir que el consumo de agua para la agricultura es mayor en la demanda global, llegando al 70% aunque en los países subdesarrollados se sitúan en el 80%<sup>1</sup>.

La superficie total bajo riego en Ecuador es de 942 mil hectáreas, esto es menos de la tercera parte de la superficie que podría ser regada (3.1 millones de hectáreas), sin embargo, en el transcurso de estos años se han acumulado problemas tales como la escasa disponibilidad del agua; el incremento de la contaminación que inciden en la calidad del agua utilizada; el inequitativo acceso al agua; los bajos niveles de tecnificación y de eficiencia; la falta de operación y el mal mantenimiento de los sistemas creando así graves problemas entre los usuarios<sup>2</sup>.

Viendo esta problemática el consorcio CESA-AVSF-ESPOCH ponen en marcha el proyecto para el diseño, construcción e instalación de 4 estructuras de aforación denominados vertederos , que son estructuras rígidas que forman una contracción dentro de un canal por medio de la cual se dan las condiciones hidráulicas necesarias para que esté presente un campo con régimen crítico dentro de él , logrando así la distribución equitativa del recurso disponible.

Por lo tanto la necesidad de medir y regular el caudal en el sistema de riego de San Isidro de Patulú será una de las variables más importantes en el presente trabajo investigativo.

---

<sup>1</sup> Foro de los Recursos Hídricos, Agua alimentación y agricultura.

<sup>2</sup>MAGAP, Plan Nacional de Riego y Drenaje, Subsecretaría de Riego y Drenaje, Quito-Ecuador, 2013

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar sistemas para la derivación de caudales concesionados y construir aforadores en la microcuenca del Río Guano.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Distribuir de manera equitativa el recurso hídrico, existente en el sistema de riego de San Isidro, La Delicia e Ingos de acuerdo a las concesiones existentes en la base de datos de la SENAGUA.
- Monitorear la variación del caudal en cada uno de los puntos de monitoreo identificados.
- Determinar las variables e indicadores que son de importancia en el presente trabajo de investigación.
- Realizar una evaluación del sistema y de los aforadores en cada uno de los puntos instalados.

# **CAPITULO I**

## **PARTE TEÓRICA**

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. HIDRODINÁMICA

Las conducciones se dividen en forzadas y libres, en las conducciones forzadas la altura piezométrica y la cota sobre el plano de comparación se miden para determinar la velocidad del movimiento, mientras que en un canal abierto la altura piezométrica no cambia y la pendiente de la superficie del agua es la que determina el movimiento. La primera ecuación fundamental es aquella que relaciona el caudal  $Q$ .

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2(\text{Ec. 1.1 -1})$$

**Donde:**

Q: Caudal en (L/s).

A: Área ó sección transversal (m<sup>2</sup>).

V: Velocidad (m/s).

La segunda ecuación fundamental en la hidrodinámica del riego es la ecuación de **BERNOULLI**.

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{w} + y_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{w} + y_2 + h_L(\text{Ec. 1.1-2})$$

**Donde:**

p: Presión en cualquier punto conducción.

y: Altura o cota sobre el plano de comparación

w: Peso de una unidad de volumen o peso específico.

$h_L$ : Energía perdida por unidad de peso de fluido entre los puntos 1 y 2.

g: aceleración de la gravedad.

La tercera ecuación es la pérdida de carga  $h_L$  cuando un filete líquido se mueve entre los puntos del sistema. Su valor viene dado por la fórmula de **Darcy-Weisbach**.

$$h_L = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \text{ (Ec 1.1 -3)}$$

**Donde:**

f: coeficiente de fricción de Darcy

L: Longitud entre dos puntos

d : diámetro de la tubería

V: velocidad media.

La cuarta ecuación tiene gran interés, puesto que relaciona la altura piezométrica, la presión y el peso específico del agua:

$$h = \frac{p}{w} \text{ (Ec. 1.1-4)}$$

**Donde:**

p: Presión en cualquier punto conducción.

W: Peso de una unidad de volumen o peso específico.

$H_L$ : Pérdida de carga.

La quinta ecuación se utiliza en conducciones libres y consiste en el cálculo del radio hidráulico y definido por:

$$Rh = \frac{A}{P} \text{ (Ec 1.1-5)}$$

**Donde:**

A: sección transversal del curso de agua

P: perímetro mojado.

Cuando se calcula el radio hidráulico para una tubería cilíndrica, su valor es de:

$$\frac{(\pi d^2)}{(4\pi d)} = \frac{d}{4} = R \quad (\text{Ec 1.1 - 6})$$

Este valor varía con la forma de la conducción, pero para la mayoría de los problemas de riego el valor del radio hidráulico puede ser estimado por:

$$d = 4Rh \quad (\text{Ec 1.1-7})$$

**Donde:**

d: Diámetro hidráulico (m)

Rh: Radio hidráulico

Sustituyendo esta cantidad en la ecuación 1.1-3 y reemplazamos g por su valor 9,8 m/seg<sup>2</sup> y finalmente despejando V tenemos:

$$V = \frac{8,9}{\sqrt{f}} \sqrt{RhS} \quad (\text{Ec 1.1-8})$$

En la que S es la pendiente de la línea piezométrica. La fórmula de CHEZY nos permite obtener la velocidad del fluido en régimen permanente para canales libres, esta expresión es la siguiente:

$$V = \frac{C^*}{\sqrt{3,28}} \sqrt{RhS} \quad (\text{Ec. 1.1 - 9})$$

De la fórmula anterior dedujo Manning, mediante la introducción del coeficiente de rozamiento n, la fórmula que lleva su nombre.

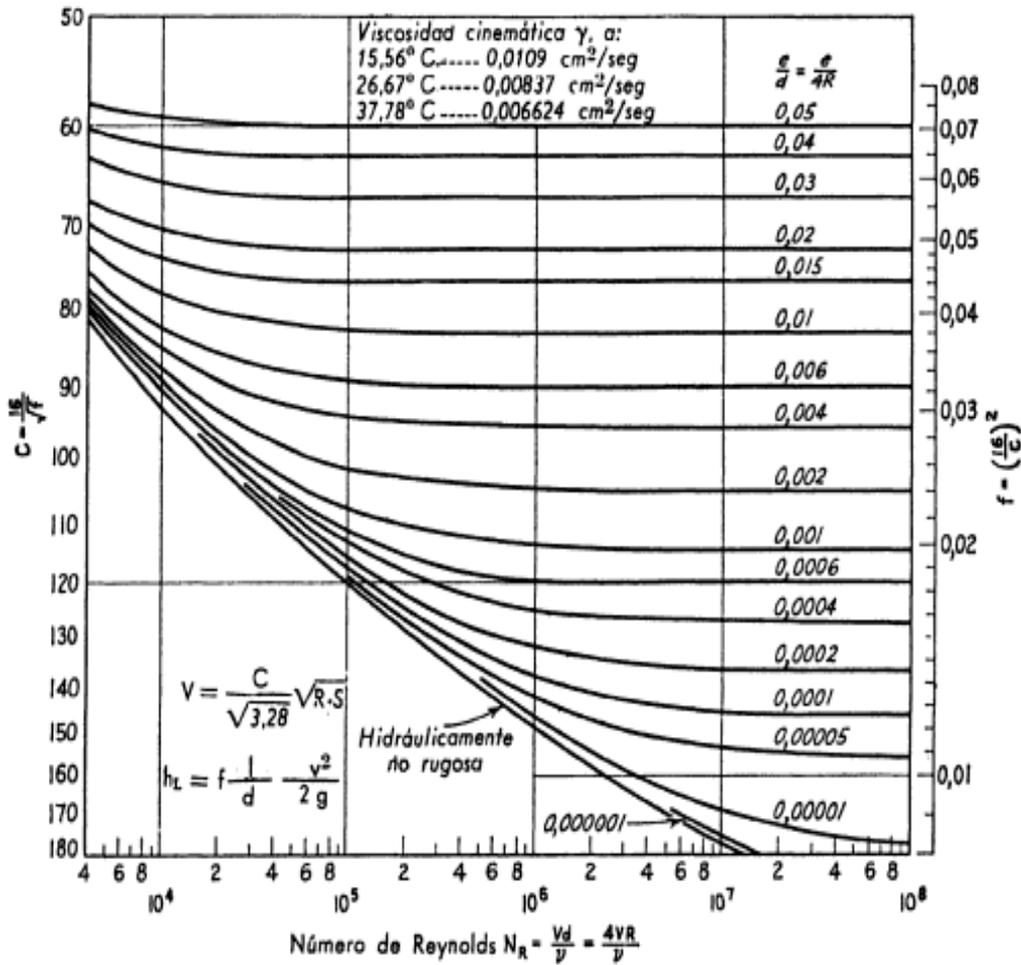
$$V = \frac{1}{n^{**}} Rh^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{Ec. 1.1 - 10})$$

La igualdad de los primeros términos de las ecuaciones ecuación 1.1-8, ecuación 1.1-9, ecuación 1.1-10 nos da la relación existente entre los valores de f, C y n:

$$\frac{C}{\sqrt{3,28}} = \frac{8,9}{\sqrt{f}} = \frac{1,00}{n} Rh^{1/6} \text{ (Ec. 1.1 - 11)}$$

Desafortunadamente, el valor de los coeficientes de fricción C, f y n varía con las condiciones de circulación. Las modificaciones que se producen y los valores que deben ser utilizados están expresados en el ábaco de la figura 1.1.1.

**Figura 1.1.1. Valores de la rugosidad**



FUENTE: Principios y aplicaciones del riego, Israelsen Hansen, Editorial Reverte

**Tabla 1.1. 1. Valores de la Rugosidad relativa.**

Material	Rugosidad relativa ( e en cm)
Acero recubierto de cemento	0.04
Hormigón	0.03 – 0.3
Acero roblonado	0.09 – 0.9
Túneles anchos, recubiertos de hormigón o acero	0.06 – 0.12
Túneles excavados en la roca	30 - 60

FUENTE: Principios y aplicaciones del riego, Israelsen Hansen, Editorial Reverte.

**Tabla 1.1. 2. Valores de Hortón para n**

SUPERFICIE	ÓPTIMO	BUENO	PASABLE	MALO
<b>CANALES DE MADERA</b>				
Canales recubiertos con hormigón	0.012	<b>0.014*</b>	0.016*	0.018
Superficies de mampostería hormigonada	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficies de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
<b>CANALES ACEQUIAS</b>				
Canales de fondo de tierra, irregulares y con hierbas en la paredes	0.025	0.030	0.035*	0.040
<b>CANALES DE CORRIENTES NATURALES</b>				
(1) Taludes limpios y rectos sin grietas ni hoyos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
(2) Igual que (1), con algunas hierbas y piedras	0.030	0.033	<b>0.035</b>	0.040
(3) Con revueltas, algunas hoyos y bajos, limpios de hierbas	0.033	0.035	0.040	0.045
(4) Igual que (3), escalones más bajos y sectores de pendiente menos eficaz	0.040	0.045	0.050	0.055
(5) Igual que (3), con algunas plantas y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
(6) Igual que (4), con sectores pedregosos	0.045	0.050	0.055	0.060
(7) Tramos rectos de curso lento, bastante poblados de hierbas, o con hoyos muy profundos	0.050	0.060	0.070	0.080

FUENTE: Hidráulica de canales Abiertos, Ven Ten Chow,\* Valores corrientemente empleados en proyectos.

Sobre el coeficiente de Manning  $n$ , se han realizado numerosas experiencias sobre el terreno, como puede verse en la Tabla 1.1.2, de forma que los valores varían solamente con la superficie del canal, mientras que para los valores de  $C$ , dados en la figura 1.1.1, las modificaciones vienen introducidas por la rugosidad relativa y las condiciones de la corriente. Para el riego normal se pueden utilizar, para la ecuación 1.1-10 los valores de la Tabla 1.1.2.<sup>3</sup>

**Tabla 1.1. 3. Valores de Bazin para m.**

DESCRIPCIÓN DEL CANAL	m de Bazin
Cemento muy suave con formaleta de madera cepillada	0,11
Madera sin cepillar, concreto o ladrillo	0,21
Mampostería en bloques de piedra o de piedra y ladrillo mal acabado	0,83
Canales en tierra en perfectas condiciones	1,54
Canales en tierra en condiciones normales	2,36
Canales en tierra en condiciones rugosas	3,17

**FUENTE: Hidráulica de canales Abiertos, Ven Ten Chow.**

## 1.2. CANALES ABIERTOS

Un canal abierto se le caracteriza porque se expone una superficie libre a la presión atmosférica, siendo el fluido siempre un líquido y por lo general agua. El movimiento de un líquido a superficie libre se ve afectado por las mismas fuerzas que intervienen en el flujo dentro de un tubo las cuales son:

- a) La fuerza de gravedad, como la más importante en el movimiento.
- b) La fuerza de resistencia ocasionada en las fronteras rígidas por la fricción y la naturaleza casi siempre turbulenta del flujo.

<sup>3</sup> ISRAELSEN- HANSEN. Principios, aplicación del riego. 2 edición. Editorial Reverté S.A. España. 367p.

- c) La fuerza producida por la presión que se ejerce sobre las fronteras del canal, particularmente en las zonas donde cambia su geometría.
- d) La fuerza debida a la viscosidad del líquido, de poca importancia si el flujo es turbulento.

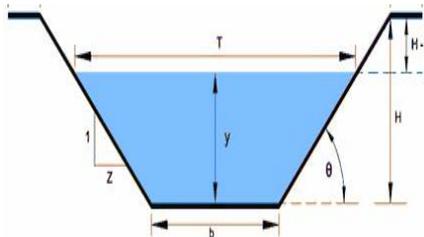
A éstas se agregan, excepcionalmente, las siguientes:

- a) La fuerza de tensión superficial, consecuencia directa de la superficie libre.
- b) Las fuerzas ocasionadas debidas al movimiento del sedimento arrastrado.

### 1.2.1. Propiedades físico-hidráulicas de los canales abiertos

A continuación se dan las definiciones de varios elementos geométricos de importancia básica:

**Figura 1.2.1.1. Elementos geométricos de un canal**



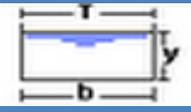
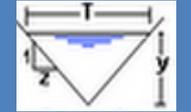
**Fuente: Hidráulica de Canales, Manual de Ingeniería de ríos, Gilberto Sotelo Ávila**

- a) **Talud “z”**: Es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral. Es decir z es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1.
- b) **Tirante de agua o profundidad del flujo “y”**: Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre del agua.
- c) **Ancho superficial o espejo de agua “T”**: Es el ancho de la superficie libre del agua.

- d) **Área mojada ó área hidráulica “Am”**: Es la superficie ocupada por el líquido en una sección transversal normal cualquiera.
- e) **Perímetro mojado “Pm”**: Es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el líquido.
- f) **Radio hidráulico “Rh”**: Es la relación existente entre el área mojada y el perímetro mojado del canal.
- g) **Profundidad hidráulica “D”**: Es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie.

En la siguiente tabla se resumen las secciones más utilizadas.<sup>4</sup>

**Tabla 1.2.1. 1. Geometría de los canales abiertos.**

Tipo de Sección	Área mojada Am (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado Pm (m)	Espejo de agua T (m)
<b>Rectangular</b> 	$by$ Ec 1.2.1 – 4	$b + 2y$ Ec. 1.2.1 – 5	$b$ Ec 1.2.1 – 6
<b>Trapezoidal</b> 	$(b + zy)y$ Ec 1.2.1 – 7	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$ Ec 1.2.1 – 8	$b + 2zy$ Ec 1.2.1 – 9
<b>Triangular</b> 	$zy^2$ Ec 1.2.1 – 10	$2y\sqrt{1 + z^2}$ Ec 1.2.1 – 11	$2zy$ Ec 1.2.1 – 12

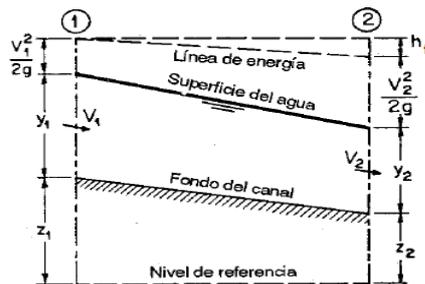
Fuente: Hidráulica de Canales, Manual de Ingeniería de ríos, Gilberto Sotelo Ávila.

<sup>4</sup> SOTELO ÁVILA GILBERTO. Hidráulica de Canales, Manual de Ingeniería de ríos.

### 1.2.2. Flujos en canales abiertos

Se dice que el flujo en canales libres es paralelo y que tiene una distribución de velocidades uniforme y que la pendiente del canal es pequeña. En este caso la superficie de agua es la línea de gradiente hidráulico, y la profundidad del agua corresponde a la altura piezométrica.

Figura 1.2.2 1. Flujo en canales abiertos



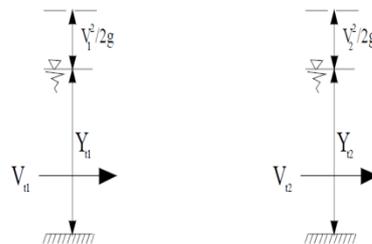
FUENTE: Principios y aplicaciones del riego, Israelsen Hansen, Editorial Reverte.

#### 1.2.2.1. Tipos de flujos en canales abiertos

##### a) Flujo permanente

**Tiempo con criterio.** Se dice que el flujo es permanente si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.

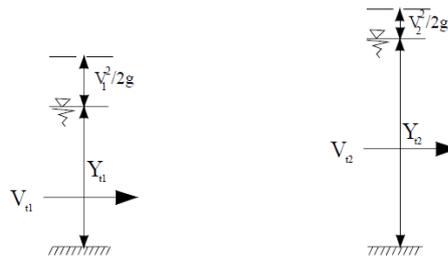
Figura 1.2.2.1. 1. Canal en flujo permanente.



**b) Flujo no permanente**

El flujo no permanente si la profundidad cambia con el tiempo. En la mayor parte de los problemas de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, si el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente.

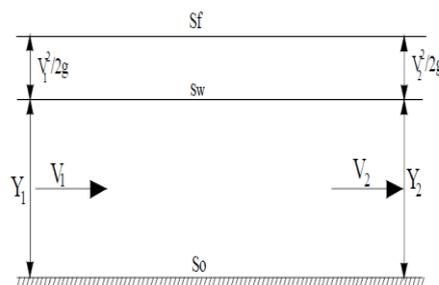
**Figura 1.2.2.1. 2. Canal en flujo no permanente.**



**c) Flujo uniforme**

**Espacio como criterio:** Se dice que el flujo es uniforme si la profundidad de flujo es la misma en cada sección del canal, el flujo uniforme puede ser permanente cuando, la profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo, y puede ser flujo no permanente cuando la superficie del agua fluctuara de un tiempo.

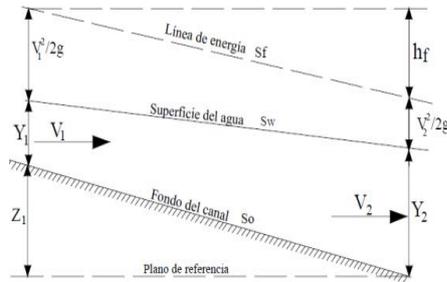
**Figura 1.2.2.1. 3. Canal en flujo uniforme.**



**d) Flujo no uniforme**

Es aquel en el cual las características hidráulicas cambian entre dos secciones, es decir.

**Figura 1.2.2.1. 4. Canal en flujo no uniforme**

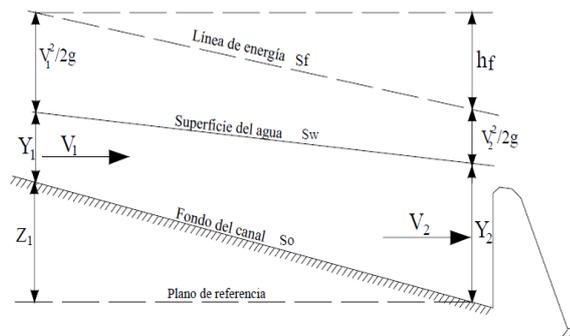


**e) Flujo variado**

El flujo es variado si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente variado o gradualmente variado.

Un flujo rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, de otro modo, es gradualmente variado.

**Figura 1.2.2.1. 5. Canal en flujo gradualmente variado**



### 1.3. ESTADO DE FLUJO

El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo.

#### 1.3.1. Efecto de viscosidad

Dependiendo de la magnitud de la proporción de las fuerzas de inercia sobre las fuerzas de viscosidad (número de Reynolds). El estado de flujo puede clasificarse como:

- a) **Flujo es laminar** si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales.

$$R_e \leq 500$$

- b) **Flujo es turbulento** si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales.

$$12500 \leq R_e$$

- c) Entre los estados de flujo laminar y turbulento existe un **estado mixto o transicional**.

$$500 \leq R_e \leq 12500$$

#### 1.3.2. Efecto de la gravedad

El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude definido como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}} \text{ (Ec. 1. 3. 2 - 1)}$$

**Donde:**

V: Velocidad media del flujo (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

L: Longitud característica (m)

En el flujo en canales abiertos, la longitud característica se hace igual a la profundidad hidráulica D. Cuando F es igual a la unidad, la ecuación se convierte en:

$$V = \sqrt{gD} \text{ (Ec. 1. 3. 2 - 2)}$$

Y se dice que el flujo está en un estado crítico.

- a) Si **F** es menor que la unidad, el flujo es subcrítico. En este caso el papel jugado por las fuerzas gravitacionales es más pronunciado, por lo tanto, el flujo tiene una velocidad baja.
- b) Si **F** es mayor que la unidad, el flujo es supercrítico. En este estado las fuerzas inerciales se vuelven dominantes, el flujo tiene una alta velocidad.

### 1.3.3. Régimen de flujo

En un canal abierto el efecto combinado de la viscosidad y de la gravedad puede producir cualquiera de cuatro regímenes de flujo los cuales son:

- a) **Subcrítico-laminar**, si F es menor que la unidad y Re está en rango laminar.
- b) **Supercrítico-laminar**, si F es mayor que la unidad y Re está en rango laminar.

- c) **Supercrítico-turbulento**, si  $F$  es mayor que la unidad y  $Re$  está en rango turbulento.
- d) **Subcrítico- turbulento** si  $F$  es menor que la unidad y  $Re$  está en rango turbulento.

Los regímenes, subcrítico-laminar y supercrítico laminar, no son frecuentes en canales abiertos, debido a que el flujo es generalmente turbulento.<sup>5</sup>

#### **1.4. AFORO DEL AGUA DE RIEGO**

El empleo eficaz del agua para riego depende en gran parte de su aforo. El aumento del consumo y del valor del agua disponible y la tendencia creciente de las empresas de riego, exigen la unificación de principios y métodos necesarios para el aforo de las aguas.

##### **1.4.1. Unidades de medida del agua**

Las unidades más usadas para medir el volumen de agua en reposo son el litro, metro cúbico, el centímetro–hectárea y el metro-hectárea. Las medidas más corrientes para caudales son el litro por minuto, el metro cúbico por segundo, el centímetro –hectárea por hora y el metro-hectárea por día.

##### **1.4.2. Velocidad de salida por un orificio**

La ley física fundamental que determina esta velocidad es la misma que la que rige la caída libre de los cuerpos en el vacío. La velocidad de un cuerpo en caída libre, supuesto nulo el rozamiento con el aire, se la puede hallar conociendo la distancia

---

<sup>5</sup> VEN TEN CHOW. Hidráulica de canales abiertos. Traducido por Juan Saldarriaga. Editorial Mc. Graw Hill. 667p.

vertical desde donde ha comenzado a caer el cuerpo hasta el punto en que se quiere saber su velocidad. Expresada en forma de ecuación, esta importante ley de caída libre de los cuerpos es:

$$Vt = \sqrt{2gh} \text{ Ec 1.4.2 - 1}$$

**Donde:**

Vt: Velocidad teórica m/s

g: aceleración de la gravedad y vale 9.8 m/s<sup>2</sup>

h: altura de agua, en metros, o presión que produce la descarga por el orificio.

La cantidad de agua que fluye a través de un orificio o por un canal es directamente proporcional a la sección transversal de la abertura o del canal y a la velocidad del fluido, y fue expresada por la ecuación:

$$Q = A.V \text{ Ec 1.4.2 - 2}$$

**Donde:**

Q : Caudal del agua, en m<sup>3</sup>/ s

A : Área de la sección transversal del agua por el canal o del orificio en m<sup>2</sup>.

V : Velocidad media, en m/s.

La descarga teórica a través de un orificio puede ser determinada sustituyendo el valor de V, es decir:

$$Q = A\sqrt{2gh} \text{ Ec 1.4.2 - 3}$$

Experimentalmente se ha llegado a la conclusión de que el gasto real para orificios normales es aproximadamente el 0.6 del gasto teórico. Por último, la ecuación del gasto real a través de un orificio es

$$Q = C_e A \sqrt{2gh} \quad \text{Ec 1.4.2 - 4}$$

Donde  $C_e$  es un coeficiente de descarga determinada experimentalmente. El coeficiente  $C_e$  varía de 0.6 a 0.8 o incluso más, según la posición del orificio con respecto a las paredes y al fondo del recipiente o del canal.

### 1.5. VERTEDEROS

Es un dispositivo utilizado para controlar y medir pequeños caudales de líquidos en canales abiertos. Consta básicamente de un corte de forma y acabado geométricamente bien definidos, practicando en una plancha resistente, por la cual escurre el líquido, manteniendo la superficie libre. Los vertederos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- ✓ Según la altura de la lámina de fluido aguas abajo, en:
  - a) Vertederos de lámina libre si  $z' < z_0$
  - b) Vertederos sumergidos si  $z' > z_0$ .
  
- ✓ Según el espesor de la cresta o pared, en:
  - a) Vertederos de cresta afilada
  - b) Vertederos de cresta ancha.

Los vertederos de cresta delgada sirven para medir caudales con gran precisión, mientras que los vertederos de cresta ancha desaguan un caudal mayor y sirven para el control del nivel como parte de una presa o de otra estructura hidráulica.

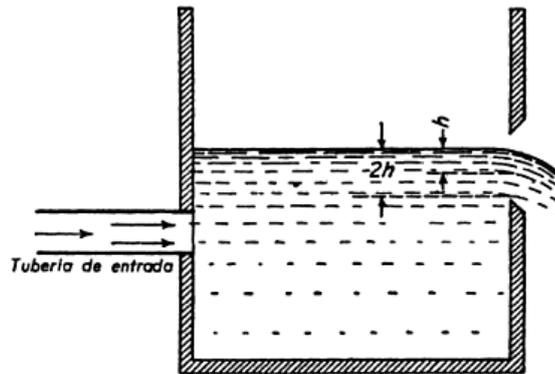
Dichos vertederos se clasifican según la forma de la abertura en:

- a) Rectangulares
- b) Trapezoidales
- c) Triangulares

### 1.5.1. Flujo a través de un vertedero

Suponiendo que aumente la altura del orificio y el nivel del agua disminuya hasta quedar por debajo de su borde superior, la altura del líquido que produce la velocidad de salida correspondiente es, como se ve en la figura 1.5.1.1.

**Figura 1.5.1. 1.- Descarga a través de un vertedero**



**FUENTE:** Principios y aplicaciones del riego, Israelsen Hansen, Editorial Reverte

Representando la anchura del orificio por  $L$ , expresado en metros, tendremos:

$$A = 2hL \quad \text{Ec. 1.5.1 - 1}$$

Sustituyendo este valor de  $A$  en la ecuación Ec 1.4.2 - 4 queda:

$$Q = 2CLh\sqrt{2gh}$$

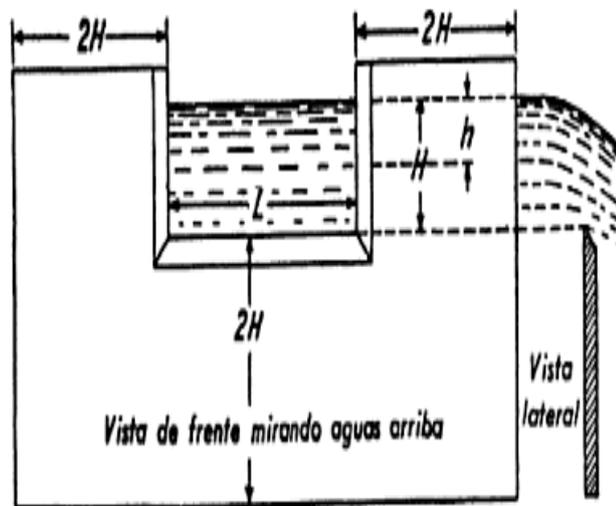
$$Q = 2CLh^{3/2}\sqrt{2g} \quad \text{Ec 1.5.1 - 2}$$

Como la aceleración de la gravedad  $g$ , es constante, se puede representar el producto  $2C\sqrt{2g}$  por un símbolo único,  $C'$ , y entonces queda que:

$$Q = C' Lh^{3/2} \quad \text{Ec 1.5.1 - 3}$$

La ecuación 1.5.1-3 da el gasto teórico a través de un orificio cuando su borde superior está por encima de la superficie libre del agua.

**Figura 1.5.1. 2. Vertedero Rectangular con contracción**



FUENTE: Principios y aplicaciones del riego, Israelsen Hansen, Editorial Reverte

$$Q = C' Lh^{3/2}$$

$$Q = C' L \left(\frac{H}{2}\right)^{3/2}$$

$$Q = \frac{C'}{2^{3/2}} LH^{3/2}$$

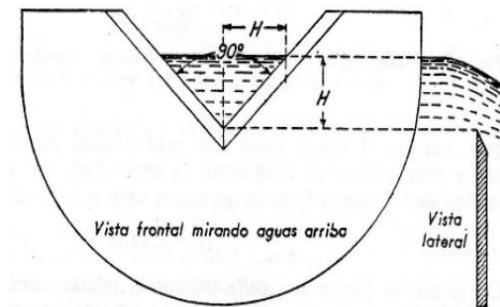
$$Q = C'' LH^{3/2} Ec \text{ 1.5.1 - 4}$$

Donde

$$C'' = \frac{C'}{2^{3/2}}$$

La ecuación 1.5.1 - 4 es la fórmula general que da el gasto a través de vertederos rectangulares. El coeficiente  $C''$ , generalmente representado por  $C$ , ha sido hallado experimentalmente por muchos investigadores, para vertederos rectangulares.

**Figura 1.5.1. 3. Vertedero triangular de 90°**



FUENTE: Principios y aplicaciones del riego, Israelsen Hansen, Editorial Reverte

$$Q = CH^2\sqrt{2gh}$$

$$Q = C' H^{\frac{5}{2}}$$

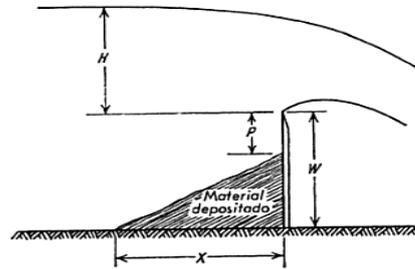
$$Q = 1.38 H^{\frac{5}{2}} Ec \text{ 1.5.1 - 7}$$

### 1.5.2. Efectos de la curvatura sobre el coeficiente de gasto.

Cuando se depositan sedimentos en las inmediaciones de un orificio o de un vertedero, se modifica el flujo. A menudo sucede que la sedimentación en el ángulo inferior de un vertedero modifica la geometría del acceso, haciendo que el caudal real

sea mayor que el calculado<sup>6</sup>

**Figura 1.5.2. 1. Vertederos con sedimentación**



**Tabla 1.5.2. 1. Aumento del error de la medida del caudal en tanto por cierto.**

P/W	X/W					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
0	0	10	13	15	16	16
0.25	0	5	8	10	10	10
0.50	0	3	4	5	6	6
0.75	0	1	2	2	3	3
1.00	0	0	0	0	0	0

FUENTE: Principios y aplicaciones del riego, Israelsen-Hansen.

### 1.5.3. Definiciones y simbología de los vertederos

- a) **Altura de carga:** Es la diferencia de cotas entre el fondo del canal de aproximación y la cresta, medida agua arriba y junto al vertedero.
- b) **Carga hidráulica:** Es la altura alcanzada por el agua, la cual se considera desde la cota de la cresta del vertedero.
- c) **Coficiente de descarga:** Es la relación entre el caudal medido y el caudal calculado teóricamente.

<sup>6</sup>ISRAELSEN- HANSEN. Principios, aplicación del riego. 2 edición. Editorial Reverté S.A. España. 367p

- d) Contracción de fondo:** Es la reducción de la altura efectiva del flujo en un vertedero de pared delgada.
- e) Contracción lateral:** Es la reducción del ancho efectivo del flujo en un vertedero de pared delgada.
- f) Cresta de la solera:** Es el punto más bajo del corte.
- g) Lados:** Son los bordes verticales del corte en un vertedero rectangular, o los bordes inclinados del corte en un vertedero triangular.
- h) Napa:** Lamina vertiente o vena es el chorro descargado a través de la escotadura del vertedero.

#### **1.5.4. Ventajas e inconvenientes de los vertederos**

Las ventajas de los vertederos como aforadores de agua son:

- a) Exactitud
- b) Simplicidad y sencillez de construcción
- c) No se obstruyen con mohos ni cuerpos flotantes

Sus inconvenientes son:

- a) Necesidad de saltos grandes de agua, con considerable pérdida de altura, que hace su empleo impracticable en terrenos nivelados.
- b) La acumulación de grava, arena y limos, aguas arriba del vertedero, lo que resta exactitud a las mediciones.

#### **1.5.5. Normas generales para la colocación de vertederos**

- a) El vertedero debe colocarse en el extremo inferior de un embalse lo suficientemente ancho y profundo como para introducir una corriente continua y

suave con una velocidad inferior a 0.15 m/s.

- b) La cresta del vertedero debe quedar perfectamente horizontal, de forma que la lámina de agua tenga el mismo espesor en toda su anchura y toque a la cresta en una sola línea de puntos.
- c) La distancia de la cresta al fondo del embalse ha de ser inferior al triple del espesor de la lámina de agua que rebosa por ella.
- d) La distancia desde las paredes del embalse de remanso a los extremos de la cresta deberá ser superior o igual a dos veces el espesor de la lámina de agua.
- e) Para aforos exactos se ha de procurar que el espesor del agua sobre la cresta no sea superior a un tercio de la longitud de ésta.
- f) La profundidad del agua sobre la cresta no debe ser inferior a 5cm, puesto que si esta fuera menor resultaría muy difícil alcanzar resultados precisos con la regleta.
- g) La cresta debe estar a la altura tal que el agua caiga libremente dejando un espacio de aire por debajo de la lámina de agua rebosante.
- h) La regleta debe ser colocado en la cara aguas arriba de la estructura del vertedero, a suficiente distancia hacia un lado para que se encuentre en agua tranquilas. El cero de la regla del vertedero o de la regleta debe enrasarse con la cresta del vertedero.

#### **1.5.6. Criterios para la selección del vertedero**

Los siguientes puntos deben considerarse cuando se trata de seleccionar el vertedero adecuado para medir un caudal:

- a) La carga hidráulica mínima para vertederos triangulares es de 6 cm y para

rectangulares 2 cm, a fin de evitar que la lámina de agua quede adherida a la solera.

- b) La carga hidráulica máxima aceptable es 50 cm, a fin de evitar problemas de erosión y de construcción.
- c) Siempre debe darse preferencia al uso de vertederos rectangulares para caudales estimados superiores a 300 L/s, por poseer coeficientes de caudal mejor definidos y mayor precisión en el cálculo de los caudales.
- d) Para caudales estimados inferiores a 30 L/s, los vertederos triangulares con ángulos de corte de 90° son los que ofrecen mayor precisión.
- e) Por motivos de orden práctico, los vertederos rectangulares se usan para caudales que se estima no serán superiores a 1000 L/s.

#### **1.5.7. Instalación del vertedero**

Un sistema completo de medición está conformada por: canal de aproximación, estructura de medición, indicadores del nivel de agua (o medición de la carga), y canal aguas abajo.

##### **1.5.7.1. Canal de aproximación**

Debe cumplir con lo siguiente:

1. Sección transversal lo más regular posible.
2. Longitud, en tramo recto, suficiente para asegurar un flujo laminar.
3. Condiciones que aseguren un flujo regular :
  - a) Lecho impermeable y suelo adecuado en el lugar de la instalación a fin de permitir la fijación segura de la estructura de medición.
  - b) Canal artificial encajado de tal forma que el represamiento que provoca la

instalación de la estructura de medición no conduzca al desbordamiento o elevación excesiva del nivel aguas arriba.

- c) La sección transversal debe ser uniforme y el tramo escogido debe ser rectilíneo, en una extensión mínima de 10 veces el ancho del canal, en caso de que el ancho del vertedero fuera igual a la mitad del ancho del canal de aproximación.
- d) Para que no exista resalto hidráulico, la pendiente del canal debe ser moderada; en nuestro caso estamos trabajando con pendiente cero.
- e) El ancho del canal de acceso debe ser equivalente a 8 veces el ancho del vertedero y debe extenderse aguas arriba 19 veces la profundidad de la corriente del vertedero.
- f) El flujo debe ser laminar, es decir tiene un movimiento constante, permanente y uniforme; además debe tener un régimen subcrítico.
- g) Un vertedero debe tener la cresta en forma de arista, esto reduce el efecto de la viscosidad y la tensión superficial. También permite que para cargas de fluido bajas sobre la cresta la lámina de agua no se adhiera tan fácilmente.
- h) Las crestas deben colocarse con suficiente altura para que entre aire por debajo y para asegurar la caída libre del chorro.

#### **1.5.7.2. Estructura de medición**

Las estructuras que conforman el vertedero deben ser rígidas, estar libres de fugas, y ser capaces de soportar las sobrecargas debidas a crecidas de la corriente, sin fisurarse ni deformarse. La estructura en la cual se fija la lámina vertedora, debe estar exenta de salientes en el lado de aguas arriba y aguas abajo y no debe presentar interferencias que perjudiquen la aeración de la vena líquida.

### **1.5.7.3. Canal situado aguas abajo del vertedero**

La parte aguas abajo del vertedero debe permitir, que en cualquier condición, el flujo se efectúe con lámina no ahogada, aguas abajo del vertedero, el canal debe protegerse con piedras, cascajo, concreto o madera, a fin de evitar la erosión.

### **1.5.7.4. Medición de la carga hidráulica**

La carga hidráulica debe medirse con una regla graduada, este dispositivo se coloca en el canal de aproximación, con el inicio de la escala en el nivel de la solera del vertedero. La puesta en cero hacerse con el vertedero seco, o sea, independiente de la posición de la línea de agua cuando cesa el escurrimiento en el vertedero.

## **1.6. VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA**

El vertedero de cresta delgada es un aparato de medición para el flujo en canales abiertos, además es la forma más simple de vertederos de rebose.

Si la longitud de la cresta en la dirección del flujo del vertedero es igual o menor a 2mm y la relación  $e/h$  es menor a 0,67 se denomina **vertederos de pared delgada**.

### **1.6.1. Vertedero triangular de paredes delgadas.**

Dentro de los límites definidos para este tipo de vertedero, los vertederos triangulares de paredes delgadas son los más precisos, económicos, simples de construir y de instalar.

#### **1.6.1.1 Especificaciones para la construcción**

Se deben observar los siguientes requisitos:

- a) El vertedero triangular consiste en un corte en forma de “V” efectuado en una plancha metálica fina; la bisectriz del ángulo del corte debe ser vertical y equidistante a los lados del canal de aproximación.
- b) La plancha que se utiliza para hacer el vertedero, debe ser plana, de acabado liso y uniforme.
- c) La superficie metálica que constituye la cresta del vertedero y los costados laterales del corte aguas arriba, deben quedar perpendiculares a la dirección del flujo de agua.

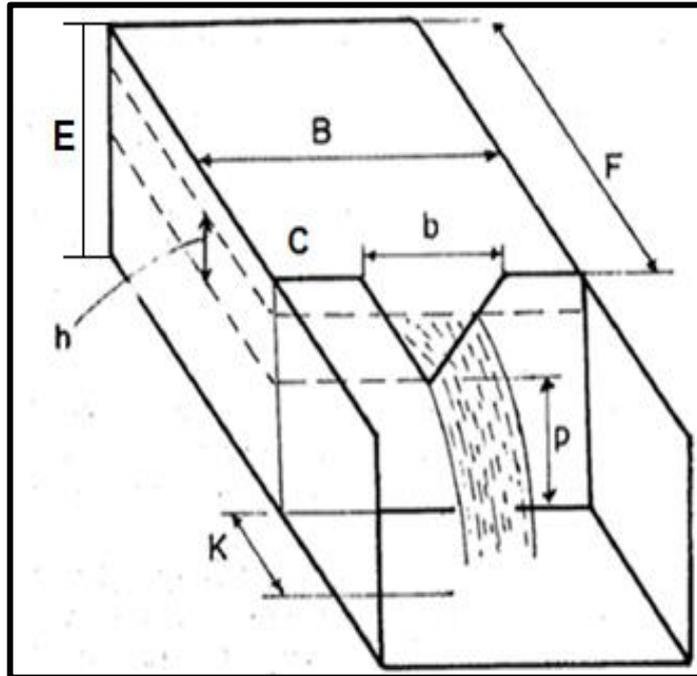
#### **1.6.1.2. Especificaciones para la instalación**

- a) El vertedero debe estar ubicado en la parte rectangular del canal, en una sección recta, donde exista rugosidad mínima en los laterales y en el fondo.
- b) Cuando exista una gran diferencia entre la sección del vertedero y la sección transversal del canal aguas arriba del lugar de su instalación, los efectos de la velocidad de aproximación son despreciables.
- c) Las longitudes previstas para el canal de aproximación pueden ser las mencionadas por las fórmulas Ec 1.6.1.2-1 y Ec 1.6.1.2-2 , siempre que se garantice una distribución uniforme de la velocidad del flujo en la descarga sobre el vertedero.

$$F = 5B \quad \text{Ec 1.6.1.2 - 1}$$

$$B = 1.2 b \quad \text{Ec 1.6.1.2 - 2}$$

**Figura 1.6.1.2. 1.- Características del vertedero triangular**



**Donde:**

B: Ancho del canal (m).

b : Longitud de la cresta del vertedero (m).

p: Altura hasta la base de la sección de pasaje (m).

h : Carga a determinar (m).

F : Longitud del vertedero aguas arriba (m).

K : Longitud del cajón aguas abajo del vertedero (m).

C : Distancia del extremo de la cresta al lateral (m).

E: Alto de la caja del vertedero (m).

**Tabla 1.6.1.2. 1.- Dimensiones de las cajas para vertederos triangulares**

Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (L/s)	h (m)	b (m)	K (m)	B (m)	P (m)	F (m)	E (m)	C (m)
50 a 250	14 a 70	0.30	----	0.61	1.52	0.46	1.83	0.91	0.76
200a 450	56 a 126	0.38	----	2.59	1.98	0.46	1.93	0.99	0.99

**Fuente: Principios aplicaciones del riego. Israelsen Hansen.**

### **1.6.1.3. Ubicación de la sección para instalar el medidor de carga hidráulica**

Cuando se trate de escoger esta sección considerar lo siguiente:

- a) Es recomendable que las regletas se ubiquen a una distancia máxima, aguas arriba del vertedero, igual a tres o cuatro veces el valor de la carga hidráulica máxima.
- b) El medidor debe instalarse en una región estable, existente aguas arriba del vertedero.
- c) Se debe evitar instalar el medidor a una distancia tal del vertedero que obligue a tenerse en cuenta la diferencia de energía entre las dos secciones.

### **1.6.1.4. Precauciones con respecto a la ventilación**

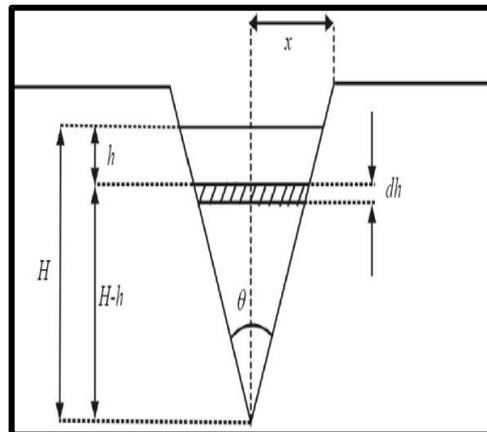
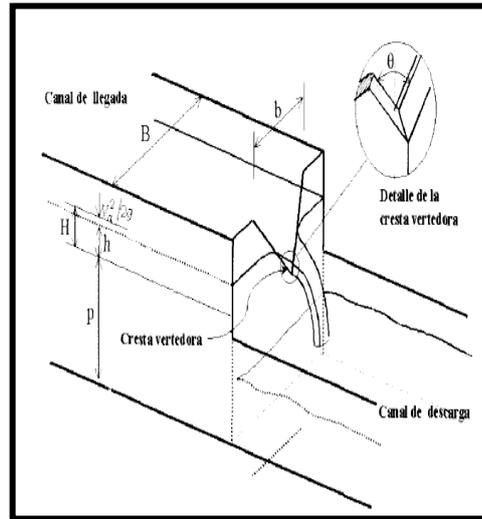
Para garantizar la ventilación de la lámina de agua inmediatamente aguas abajo del vertedero, se debe observar lo siguiente:

- a) Garantizar que exista una distancia mínima entre la pared del vertedero aguas abajo y la parte inferior de la vena líquida, a fin de asegurar la presión atmosférica en ese espacio.
- b) Se recomienda que el nivel del agua, aguas abajo del vertedero esté, como mínimo, a 0.10 m abajo del punto más bajo del corte "V"

### **1.6.1.5. Cálculo de caudales en los vertederos triangulares**

El caudal teórico diferencial vendrá dado por:

**Figura 1.6.1.5. 1.- Vertedero Triangular**



$$dQ_{th} = \sqrt{2gh} \, dA$$

En este caso, como se pone de manifiesto en la figura, el área del elemento diferencial del vertedero viene dada por la expresión:

$$dA = 2x \, dh$$

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{x}{H-h}$$

De este modo, el caudal teórico total a través del vertedero triangular, vendrá dado por:

$$Q_{th} = 2\sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} \int_0^H (H-h) h^{\frac{1}{2}} dh$$

$$Q_{th} = \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{5/2}$$

El caudal real se obtiene introduciendo un coeficiente de descarga corrector en la expresión anterior:

$$Q_r = \frac{8}{15} C_e \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{5/2} \quad Ec 1.6.1.5 - 1$$

**Donde:**

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s

C<sub>e</sub>: Coeficiente de descarga (adimensional)

g : Aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>

α : Ángulo interno entre los lados del corte "V"

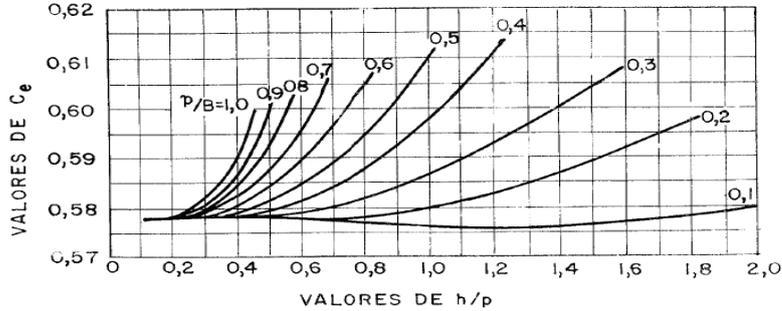
h<sub>e</sub>: Carga hidráulica medida aguas arriba del vertedero en la región estable (m)

**1.6.1.6. Determinación del coeficiente de descarga**

Para determinar el coeficiente de descarga C<sub>e</sub> aplicables en la ecuación anterior para vertederos triangulares se utilizan las siguientes fórmulas experimentales, con sus límites de aplicación:

a) Mediante la figura 1.6.1.6.1

Figura 1.6.1.6. 1. Coeficiente de descarga



Los valores empíricos que relacionan h/p y p/B para la determinación del coeficiente Ce se investigaron solo para  $\alpha = 90^\circ$ .

b) Ecuación de GOURLEY Y CRIMP

$$C_e = \frac{\left[1.32 \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]}{h^{0,03}} \quad Ec \ 1.6.1.5.1 - 1$$

Esta fórmula es aplicable para valores de  $\theta$  de  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $90^\circ$  y para profundidades p grandes.

$$QT = \left(1.32 \tan\frac{\theta}{2}\right) h^{2,48} \quad Ec \ 1.6.1.5.1 - 2$$

c) Ecuación de HEGLY

$$C_e = \left[0,5812 + \left(\frac{0,00375}{h}\right)\right] \left[1 + \left(\frac{h^2}{B(h+p)}\right)^2\right] \quad Ec \ 1.6.1.5.1 - 3$$

Esta fórmula es aplicable para valores de  $\theta = 90^\circ$ . Es válida para  $0,10 \text{ m} \leq h \leq 0,50 \text{ m}$ , con profundidades pequeñas.

d) Ecuación de BARR

$$C_e = 0,565 + \frac{0,0087}{h^{0,5}} \quad Ec \ 1.6.1.5.1 - 4$$

Es válido para ángulos de 90° con cargas de  $0,05 \text{ m} \leq h \leq 0,25 \text{ m}$ , y para profundidades con un límite máximo de 3h; y un ancho del canal máximo de 8h.

Sustituyendo este valor de  $C_e$  en la ecuación de caudal tenemos:

$$QT = 1.42h^{5/2} \quad Ec \ 1.6.1.5.1 - 5$$

#### **e) Ecuación de KOCH Y YARNALL**

$$C = 0,58$$

Válida para vertederos de 90° con cargas muy grandes, con una altura de carga máxima de 3h y un ancho máximo de 8h.

#### **1.6.1.7. Limitaciones práctica de la relaciones h/p, p/B y p**

Las limitaciones de h/p y p/B se deben a errores de medición de la carga hidráulica, debidos al aumento de tensión y a las olas que se forman en el canal de aproximación cuando la velocidad de aproximación es grande en comparación con la altura de la lámina del flujo.

A fin de garantizar una descarga estable del flujo, sin que se adhiera la lámina de agua al vertedero se recomienda el valor mínimo de  $h = 0.06 \text{ m}$  para  $20^\circ < a < 100^\circ$ .

El valor mínimo recomendable de p es de 0.10 metros, cuando no hay posibilidad de que se produzca obstrucción por la acumulación de arena o tierra.

#### **1.6.1.8. Efectos de la distribución de la velocidad y precisión de la medición**

En los vertederos la velocidad del flujo en el canal de aproximación es uniformemente distribuida, en donde las paredes están exentas de rugosidad y que la sección transversal es de forma rectangular.

La precisión en la medida de caudales en los vertederos triangulares de paredes delgadas, depende de la precisión de la medición de la carga hidráulica, de la precisión del acabado del corte, y de la precisión de los coeficientes a ser aplicados en la fórmula adoptada para el cálculo. Las variaciones de los errores encontrados en las mediciones hechas en modelos, no difieren más de 1%.

#### **1.6.2. Vertedor rectangular de paredes delgadas**

En el vertedero rectangular de paredes delgadas, el corte es rectangular con un ancho igual al del curso de agua (sin contracción), o con ancho menos que el mismo (con contracción).

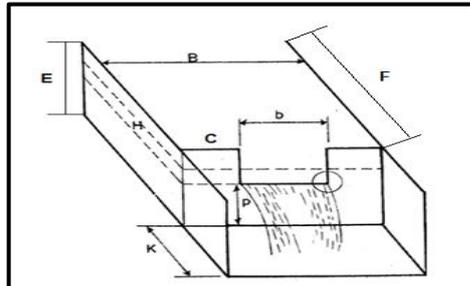
##### **1.6.2.1. Especificaciones para su uso**

- a) La superficie metálica que constituye la cresta y las partes laterales del vertedero, deben estar formadas por superficies planas y perpendiculares al flujo de agua.
- b) La línea de la cresta debe ser horizontal y las superficies laterales del vertedero deben formar un ángulo perfecto de  $90^\circ$  con la misma.
- c) La superficie de la cresta, en su cara de aguas arriba, debe estar libre de rebabas, ralladuras hechas durante su fabricación, o señales de lija; en la cara aguas abajo, cuando el espesor de la placa es superior a 2mm, la misma debe ser chaflanada en ángulo no inferior a  $45^\circ$  con la superficie de la cresta.

### 1.6.2.2. Especificaciones para la instalación

- a) El vertedero debe ubicarse en una sección recta de la parte rectangular del canal, donde exista la mínima rugosidad en las paredes laterales y en el fondo.
- b) Cuando exista una gran diferencia entre la sección del vertedero y la sección transversal del canal aguas arriba del lugar de instalación, los efectos de la velocidad de aproximación son despreciables.
- c) Cuando la longitud de la cresta del vertedero es igual al ancho del canal vertedor, es indispensable que los lados laterales del canal sean verticales, planos, paralelos entre sí, y sin rugosidad en sus alrededores.

**Figura 1.6.2.2. 1. Características de un vertedero rectangular**



**Donde:**

- h : Carga a determinar.
- b : Longitud de la cresta del vertedero.
- F : Longitud del vertedero aguas arriba.
- K : Longitud del cajón aguas abajo del vertedero.
- B: Ancho del canal.
- E : Profundidad total del cajón.
- C : Distancia del extremo de la cresta al lateral.
- p: Altura hasta la base de la sección de pasaje.

**Tabla 1.6.2.2. 1. Dimensiones de las cajas de vertederos para rectangulares.**

<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>h (m)</b>	<b>b (m)</b>	<b>F (m)</b>	<b>K (m)</b>	<b>B (m)</b>	<b>E (m)</b>	<b>C (m)</b>	<b>p (m)</b>
<b>50 a 300</b>	<b>14 a 84</b>	0.30	0.30	1.83	0.61	1.88	1.07	0,69	0.61
<b>200 a 500</b>	<b>56 a 140</b>	0.34	0.46	2.13	0.91	2.13	1.22	0.84	0.76
<b>400 a 800</b>	<b>112 a 224</b>	0.36	0.61	2.44	1.22	2.59	1.37	0.99	0.84
<b>600 a 1400</b>	<b>168 a 392</b>	0.40	0.91	2.74	1.52	3.66	1.52	1.37	0.99
<b>1000 a 2200</b>	<b>280 a 616</b>	0.46	1.22	3.05	1.83	4.27	1.68	1.52	1.07

**FUENTE: Principios aplicaciones del riego. Israelsen Hansen.**

### **1.6.2.3. Instalación del medidor de carga hidráulica**

Al ubicar esta sección se debe considerar lo siguiente:

- a) Es recomendable que las regletas, se localicen a una distancia máxima aguas arriba del vertedero.
- b) Se debe evitar que el medidor se instale a una distancia tal del vertedero que obligue a tener en consideración la diferencia de energía entre dos secciones.

### **1.6.2.4. Precauciones con respecto a la ventilación**

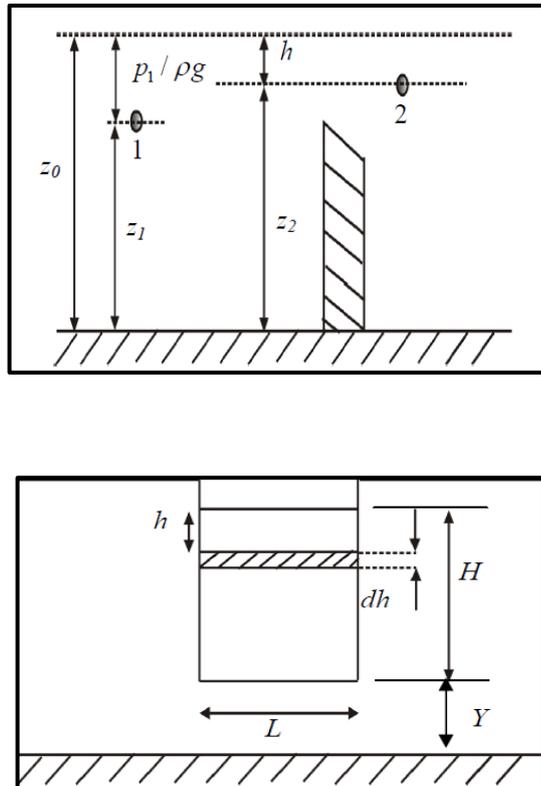
Se deben tomar precauciones para garantizar la presión atmosférica en todos los lados de la lámina de agua, inmediatamente aguas abajo del vertedero. Si fuera necesario, se pueden instalar dispositivos que garanticen la ventilación necesaria, especialmente cuando la lámina vertiente ocupe el ancho del canal, es decir, sin contracción.

### 1.6.2.5. Cálculo de caudales en los vertederos rectangulares

Considérese el flujo a lo largo de un canal en las proximidades de un vertedero, como se muestra en la figura 1.6.2.5.1., donde  $L$  es el ancho del vertedero, se supone que las líneas de corriente son paralelas, es decir, que no existe variación de la presión a través de la vena, por lo que la presión es la atmosférica ( $p_2 = p_{atm} = 0$ ). Planteando entonces la ecuación de Bernoulli entre los puntos 1 y 2 y despreciado las pérdidas se obtiene:

$$\frac{p_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + Z_2$$

Figura 1.6.2.5. 1. Vertedero rectangular



Sustituyendo las expresiones en la ecuación se obtiene la velocidad en la vena contracta:

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

La descarga o caudal teórico diferencial, a través de un elemento de área diferencial de longitud L y espesor dh, como el mostrado en la figura, viene dada por:

$$dQ_{th} = v_2 L dh = L \sqrt{2gh} dh$$

De este modo, el caudal teórico que fluye a través de todo el vertedero, se obtiene integrando la expresión anterior:

$$Q_{th} = \sqrt{2g} L \int_0^H h^{1/2} dh = \frac{2}{3} L \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Dicho caudal real es menor que el teórico y puede calcularse introduciendo en la expresión anterior un coeficiente corrector de descarga:

$$Q_T = \frac{2}{3} C_e L \sqrt{2g} H^{3/2} \quad Ec \ 1.6.2.5 - 1$$

**Donde:**

Q: Volumen, en m<sup>3</sup>/s

Ce: Coeficiente de descarga

g : Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>

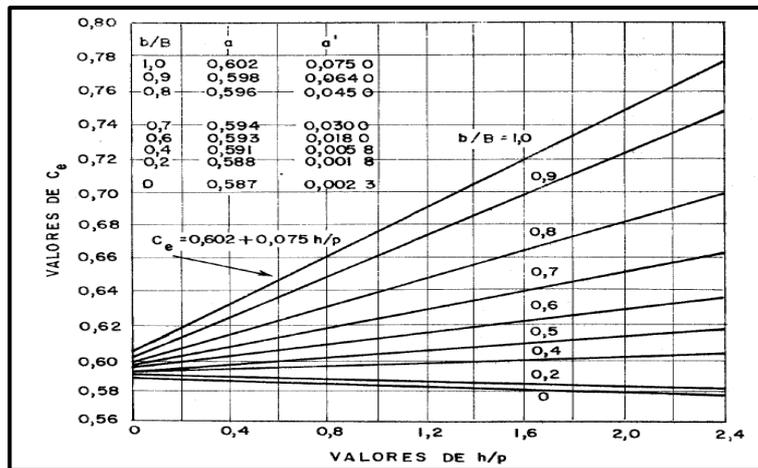
b : ancho efectivo de la sección, en metros.

h : carga hidráulica medida aguas arriba del vertedero (en metros)

1.6.2.6. Determinación del coeficiente de descarga

a) Mediante la Figura 1.6.2.6.1.

Figura 1.6.2.6. 1.- Coeficiente de descarga  $C_e$



En la figura se observa que  $C_e$  varía linealmente con  $h/p$ .

$$C_e = a + a' \frac{h}{p}$$

Los valores de  $a$  y  $a'$  más típicos para la relación  $b/B$  se encuentran en la figura 1.6.2.6.1. y en las ecuaciones que siguen a continuación:

$$(b/B = 1.0) C_e = 0.602 + 0.075 h/p$$

$$(b/B = 0.8) C_e = 0.596 + 0.045 h/p$$

$$(b/B = 0.7) C_e = 0.594 + 0.030 h/p$$

$$(b/B = 0.6) C_e = 0.593 + 0.018 h/p$$

$$\left(\frac{b}{B} = 0.4\right) C_e = 0.591 + 0.0058 \frac{h}{p}$$

b) Ecuación de **HAMILTON - SMITH**

$$C_e = 0,616\left(1 - \left(\frac{b}{10B}\right)\right) \text{ Ec 1.6.2.6 - 3}$$

Es válido para cargas de  $0,075 \text{ m} \leq h \leq 0,6 \text{ m}$ , y para profundidades con un límite mínimo de  $0,3\text{m}$  con una altura desde la base del canal hasta la cresta vertedora mínima de  $0,3 \text{ m}$ .

c) Ecuación dada por **LA SOCIEDAD DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS SUIZOS (FÓRMULA SIAS)**

$$C_e = \left[0,578 + 0,037\left(\frac{b}{B}\right)^2 + 3,615 - 3\left(\frac{b}{B}\right)^2\right] \left[1 + 0,5\left(\frac{b}{B}\right)^4 \left(\frac{h}{h+p}\right)^2\right] \text{ Ec 1.6.2.6-4}$$

Es válido para cargas de  $0,025 \text{ m} \leq h \leq 0,8 \text{ m}$ , para un ancho máximo de la cresta vertedora de  $0,3B$  con una altura desde la base del canal hasta la cresta vertedora mínima de  $0,3 \text{ m}$  y con una relación de  $h/p = 1$ .

d) Ecuación de **FRANCIS**

$$C_e = 0,623 \left[1 - 0,1n \left(\frac{h}{b}\right)\right] \left[\left(1 + \frac{V^2}{2gh}\right)^{3/2} - \left(\frac{V^2}{2gh}\right)^{3/2}\right] \text{ Ec 1.6.2.6-5}$$

Es válido para cargas de  $0,18 \text{ m} \leq h \leq 0,5 \text{ m}$ , para anchos de la cresta vertedora comprendidos entre de  $2,4 \text{ m} \leq h \leq 3,00 \text{ m}$  y con una altura comprendida desde la base del canal hasta la cresta de  $0,60 \text{ m} \leq h \leq 1,5 \text{ m}$ .

### **1.6.2.7. Limitaciones prácticas de $h/p$ , $h$ , $b$ y $p$**

Los valores de  $h/p$ ,  $h$ ,  $b$  y  $p$ , tienen las siguientes limitaciones:

- a) Las limitaciones prácticas de  $h/p$  están relacionadas con las dificultades para medir la carga hidráulica y los errores originados por el aumento de la tensión u olas que ocurren en el canal de aproximación debido a valores altos de  $h/p$  en combinación con valores también grandes de  $b/B$  el valor recomendado es  $h/p = 2,0$ .
- b) Las limitaciones prácticas de  $b$  se deben a imprecisiones al determinar la tensión superficial y a los efectos de la viscosidad que influyen el valor de  $kb$ . El valor mínimo recomendable es  $b = 0.15m$ .
- c) Los errores en las medidas, la mayoría de veces están relacionados a los pequeños valores de  $p$  y  $(B-b)$ , especialmente cuando tienen relación con valores grandes de  $h/p$  y  $b/B$ . Se recomienda que el valor de  $p$  y  $(B-b) / 2$  estén limitados a valores superiores a  $0.10m$ .

### **1.6.2.8. Efecto de la distribución de la velocidad en el canal de aproximación**

Dentro de las especificaciones para la instalación de vertederos se concluye que:

- a) Las paredes del canal deben tener mínima rugosidad, y la sección transversal del canal forma rectangular.
- b) En caso que la instalación existente presente pequeñas variaciones constructivas en relación a aquellas que aquí se mencionan, el error cometido es insignificante.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup>NORMA TÉCNICA CETESB L4.120. Criterios y procedimientos aplicables a la medición de caudales en pequeños cursos de agua, usando vertederos de paredes delgadas. 41p.

## 1.7. DISEÑO DE LOS VERTEDEROS

### 1.7.1. Determinación del ancho de la caja vertedora

$$B = 1.2 b \quad Ec \ 1.6.1.2 - 2$$

**Donde:**

B: Ancho del canal (m)

b : Ancho de la cresta vertedora (m)

### 1.7.2. Determinación del largo de la caja vertedora

$$F = 5BEc1.6.1.2 - 1$$

**Donde:**

F: Largo de la caja para el vertedero (m)

B: Ancho del canal (m)

### 1.7.3. Determinación del caudal real

$$Q_R = CeAoxVrh \quad Ec \ 1.7.1.5$$

**Donde:**

Q<sub>R</sub>: Caudal Real (L/s)

Ce : Coeficiente de descarga

Ao: Área del orificio (m<sup>2</sup>)

Vrh : Velocidad Real (m/s)

### 1.7.4. Determinación del coeficiente de descarga

#### 1.7.4.1. Determinación del coeficiente de descarga en un vertedero rectangular

$$C_e = 0,616 \left(1 - \left(\frac{b}{10B}\right)\right) \text{ Ec 1.6.2.5-3}$$

$$C_e = \left[0,578 + 0,037\left(\frac{b}{B}\right)^2 + 3,615 - 3\left(\frac{b}{B}\right)^2\right] \left[1 + 0,5\left(\frac{b}{B}\right)^4 \left(\frac{h}{h+p}\right)^2\right] \text{ Ec 1.6.2.5-4}$$

**Donde:**

b: Ancho de la cresta vertedora (m)

B: Ancho del canal (m)

h: Altura del agua (m)

p: Alto del vertedero (m)

#### 1.7.4.2. Determinación del coeficiente de descarga en un vertedero triangular

$$C_e = \frac{\left[1,32 \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]}{h^{0,03}} \text{ Ec 1.6.1.5.1-1}$$

$$C_e = \left[0,5812 + \left(\frac{0,00375}{h}\right)\right] \left[1 + \left(\frac{h^2}{B(h+p)}\right)^2\right] \text{ Ec 1.6.1.5.1-3}$$

$$C_e = 0,565 + \frac{0,0087}{h^{0,5}} \text{ Ec 1.6.1.5.1-4}$$

**Donde:**

b: Ancho de la cresta vertedora (m)

B: Ancho del canal (m)

h: Altura del agua (m)

p: Alto del vertedero (m)

### 1.7.5. Determinar el área de los orificios

#### 1.7.5.1. Área del orificio rectangular

$$A_o = l \times l \quad \text{Ec 1.7.1.2.1}$$

#### 1.7.5.2. Área del orificio triangular

$$A_o = \frac{b \times h_t}{2} \quad \text{Ec 1.7.1.2.2}$$

**Donde:**

Ao: área del orificio (m<sup>2</sup>)

l: lado (m)

b: base del triángulo (m)

ht: altura del triángulo (m)

### 1.7.6. Determinación de la velocidad real

$$V_{rh} = \frac{x}{\sqrt{\frac{2y}{g}}} \quad \text{Ec 1.7.1.1}$$

**Donde:**

Vrh: Velocidad Real (m/s)

x: Distancia horizontal desde el orificio hasta el punto que cae el líquido (m)

y: Distancia vertical desde el orificio hasta el punto que cae el líquido (m)

g: Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

### 1.7.7. Determinación de la velocidad teórica

$$V_t = \sqrt{2gh} \text{ Ec 1.7.7 - 1}$$

**Donde:**

Vt: Velocidad teórica m/s

g: Gravedad m/s<sup>2</sup>

h: Altura del agua m

### 1.7.8. Determinación del coeficiente de velocidad

$$C_v = \frac{V_{rh}}{V_t} \text{ Ec 1.7.8 - 1}$$

**Donde:**

Cv : Coeficiente de velocidad

Vrh: Velocidad real (m/s)

Vt : Velocidad teórica (m/s)

### 1.7.9. Determinación del coeficiente de contracción

$$C_e = C_v C_c \text{ Ec 1.7.9 - 1}$$

**Donde:**

Ce : Coeficiente de descarga

Cv : Coeficiente de velocidad

Cc: Coeficiente de contracción.

### 1.7.10. Determinación del caudal teórico

#### 1.7.10.1. Determinación del caudal teórico en un vertedero rectangular

$$Q_T = \frac{2}{3} C_e L \sqrt{2g} H^{3/2} \quad Ec 1.6.2.5 - 1$$

**Donde:**

Q: Volumen, en (m<sup>3</sup>/s)

Ce: Coeficiente de descarga

g : Aceleración de la gravedad, en (m/s<sup>2</sup>)

b: ancho efectivo de la sección, (m).

h: carga hidráulica medida aguas arriba del vertedero en la región estable (m)

#### 1.7.10.2. Determinación del caudal teórico en un vertedero triangular

$$Q_T = \frac{8}{15} C_e \sqrt{2g \tan \frac{\theta}{2}} H^{5/2} \quad Ec 1.6.1.5 - 1$$

$$QT = \left(1.32 \tan \frac{\theta}{2}\right) h^{2.48} \quad Ec 1.6.1.5.1 - 2$$

$$QT = 1.42 h^{5/2} \quad Ec 1.6.1.5.1 - 5$$

**Donde:**

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s

Ce: Coeficiente de descarga (adimensional)

g: Aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>

$\theta$  : Ángulo interno entre los lados del corte "V"

**CAPITULO II**

**PARTE**

**EXPERIMENTAL**

## **CAPITULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1. MUESTREO**

##### **2.1.1. Localización de zona de estudio**

Mediante salidas de campo realizadas por un periodo de dos 2 meses se logró identificar una zona de trabajo; tomando en cuenta el caudal disponible existente en la zona, el número de usuarios, el área de riego, y lo más importante los conflictos sociales existentes por la tendencia del recurso hídrico, todas estas actividades se llevaron a cabo mediante la ejecución oportuna de reuniones informativas y de capacitación con los directivos y usuarios de los diferentes sistemas de riego.

##### **2.1.2. Socialización con los usuarios**

El técnico responsable del componente social es el Ing. Hugo Vinueza del proyecto CESA y que con apoyo mutuo de la tesista de la ESPOCH, se realizó la parte social con los usuarios para conocer a la gente, su vida, sus costumbres, y sus principales problemas por el uso del recurso hídrico, logrando así entrar en confianza con los usuarios del sistema.

##### **2.1.3. Selección del sitio de monitoreo**

Para la selección de los puntos de monitoreo se realizó un recorrido por toda el área de estudio logrando así determinar 4 puntos de monitoreo adecuados para los aforos periódicos, en donde se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Escoger un trayecto con una buena regularidad en velocidad y desplazamiento

de agua, que no presente curvas, ni obstáculos como rocas y matorrales.

2. Se debe registrar en un cuaderno de campo cualquier actividad humana que se realice en los sectores aledaños, ya sea agricultura, ganadería, industria, caminos, canales de riego, viviendas, etc. Del mismo modo se debe registrar la presencia de bosques, formaciones naturales, fuentes de sedimentación, o puntos de contaminación.
3. Capturar mediante fotografías las características relevantes de la zona.
4. Ubicar las coordenadas del sitio de monitoreo con un GPS.

Utilizando el equipo de Georeferenciación (GPS) se ubicó los siguientes puntos de monitoreo y aforo:

**Tabla 2.1.4. 1. Coordenadas de los puntos de monitoreo.**

LUGAR	PUNTO DE MONITOREO	LATITUD	LONGITUD	COTA
Río Patulú	Punto 1	9826099	757156	3092
Canal San Isidro	Punto 2	9826013	757108	3066
Canal La delicia	Punto 3	9825990	757142	3082
Canal Ingos	Punto 4	9826061	757119	3142

Fuente: Lorena Quisnancela, Monitoreo Técnico, Guano –San Isidro.

#### **2.1.4. Periodicidad del monitoreo**

El monitoreo fue establecido por la disponibilidad de materiales, equipos y reactivos además del transporte, tomando en cuenta estas consideraciones se estableció que el monitoreo en la microcuenca del Río Patulú se realizará por un periodo de 2 meses comprendidos desde noviembre 2012- diciembre 2012.

### 2.1.5. Implementos de campo y laboratorio

Para cada uno de los muestreos se revisó los equipos e implementos un día antes de la salida de campo. Los implementos básicos para el trabajo de monitoreo son:

#### A. Materiales

Libreta de notas, botas de caucho, ropa impermeable, esferos, formulario para aforo, cinta métrica, regletas de madera, flotadores.

#### B. Equipos

Cámara digital, computadora, GPS, cronómetro, calculadora

### 2.1.6. Aforos de agua

#### 2.1.6.1. Cálculo de la sección transversal

Este procedimiento, involucra medir el ancho del río al inicio y después de 5 metros río abajo, por donde va a realizar el recorrido el flotador. Finalmente multiplica el ancho promedio del río por su profundidad, con todas las medidas expresadas en metros.

$$A = P \times h \quad \text{Ec 2.1.8.1.2 - 1}$$

#### Donde

A: área transversal  $m^2$

P: Ancho del río (m)

h: Profundidad del río (m)

### 2.1.6.2. Cálculo de la velocidad

En el trecho escogido, soltamos un flotador en el centro de la corriente y señalamos el tiempo que toma recorrer desde A hasta B.

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{Ec 2.1.8.1.3 - 1}$$

**Donde**

V: velocidad en m/s

d: El espacio recorrido m

t: tiempo en s

### 2.1.6.3. Determinación del caudal

$$Q = AxVxC \quad \text{Ec 2.1.8.1.4 - 1}$$

**Donde**

A: promedio del área del trayecto transversal del río (m<sup>2</sup>)

V: Velocidad (m/s)

C: Factor de corrección o coeficiente de rugosidad (0.85 para ríos con base rocosa y 0.9 para ríos sedimentados o lodosos)

## **2.2.. METODOLOGÍA**

### **2.2.1. Métodos y técnicas**

#### **2.2.1.1. Métodos**

Todo el proceso de diseño requiere procedimientos que son formulados de una manera lógica para la adquisición de información y cumplimiento de objetivos. Este estudio es de carácter descriptivo-experimental de tal forma que permita responder a las interrogantes que se presentan en la descarga de líquidos por vertederos y su empleo en distintos campos industriales, seleccionando los medios y procesos más adecuados para el análisis de datos y toma de decisiones.

##### **2.1.1.1.1. Métodos inductivo**

Se inició con la determinación del lugar donde se van a realizar los muestreos en situ que sean necesarios para el levantamiento de los datos que sean necesarios para determinar las variables que intervienen en el proceso, seguidamente se procedió a realizar los cálculos correspondientes para el diseño, construcción y finalmente la validación del sistema de aforación.

##### **2.1.1.1.2. Método deductivo**

Con la validación se verifico que las variables determinadas fueron óptimas para el dimensionamiento y construcción del sistema de aforación.

#### **2.1.1.1.3. Método descriptivo**

Construido los sistemas de aforación se realizó el proceso de descarga de líquidos por orificios, obteniendo datos recopilados de altura, volumen, tiempo, distancia para analizar, generalizar, resumir y calcular los datos que sean necesarios para identificar las variables del proceso.

#### **2.2.1.2. Técnicas**

Se utilizará la Norma Técnica CETESB L4.210, de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental, para la medición de caudal en los cursos de agua a través de vertederos de paredes delgadas.

La misma que nos da a conocer las condiciones fijas necesarias para la medición de flujo en pequeños cursos de agua a través de vertederos.

Esta norma es aplicable a un rebosadero rectangular (con o sin banda de contracción) y el umbral triangular fina; considerado para flujo uniforme aguas arriba de la presa.

## 2.2. DATOS EXPERIMENTALES

### 2.2.1. Datos experimentales de la primera salida de campo.

Tabla 2.3.1. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1.

HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL														
LUGAR = RÍO PATULÚ		FECHA = 09/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757156E; 9826099 N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
TRANSECTO 1			TRANSECTO 2				TRANSECTO 3			TIEMPO (s)		LONGITUD (m)		
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	T2	
	Orilla		0,06				0,04				0,06	7,30	7,24	5,00
A-B	0,56	En el punto B	0,18	A-B	0,46	En el punto B	0,19	A-B	0,45	En el punto B	0,17	T3	6,62	
B-C	0,56	En el punto C	0,23	B-C	0,46	En el punto C	0,14	B-C	0,45	En el punto C	0,22	T4	6,83	
C-D	0,56	Orilla	0,15	C-D	0,46	Orilla	0,07	C-D	0,45	Orilla	0,12	T5	6,10	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,68</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,16</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,38</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,11</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,35</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,14</b>	T6	6,80	
												T7		
												<b>PROM =</b>	6,82	

Tabla 2.3.1. 2. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2.

HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL														
LUGAR = CANAL SAN ISIDRO		FECHA = 09/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757108 E; 9826013N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
P = Promedio del área del transecto del canal de desvío.														
TRANSECTO 1			TRANSECTO 2				TRANSECTO 3			TIEMPO (s)		LONGITUD (m)		
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	T2	
	Orilla		0,14				0,19				0,10	9,71	8,95	5,00
A-B	0,13	En el punto B	0,17	A-B	0,22	En el punto B	0,20	A-B	0,18	En el punto B	0,14	T3	10,37	
B-C	0,13	En el punto C	0,18	B-C	0,22	En el punto C	0,14	B-C	0,18	En el punto C	0,10	T4	9,13	
C-D	0,13	Orilla	0,12	C-D	0,22	Orilla	0,07	C-D	0,18	Orilla	0,12	T5	9,15	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,15</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,66</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,15</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,54</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,12</b>	T6	9,20	
												T7		
												<b>PROM =</b>	9,42	

Tabla 2.3.1. 3. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL LA DELICIA		FECHA = 09/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757142 E; 9825990N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
P = Promedio del área del transecto del canal de desvío.														
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	5,16	5,00
		Orilla	0,07			Orilla	0,04			Orilla	0,04	T2	4,94	
A-B	0,14	En el punto B	0,06	A-B	0,13	En el punto B	0,06	A-B	0,14	En el punto B	0,06	T3	5,16	
B-C	0,14	En el punto C	0,07	B-C	0,13	En el punto C	0,06	B-C	0,14	En el punto C	0,04	T4	5,20	
C-D	0,14	Orilla	0,07	C-D	0,13	Orilla	0,06	C-D	0,14	Orilla	0,04	T5	5,18	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,42</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,07</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,05</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,42</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,04</b>	T6	5,19	
												T7		
												<b>PROM =</b>	5,14	

**Tabla 2.3.1. 4. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL INGOS		FECHA = 09/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757119 E; 9826061N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
P = Promedio del área del transecto del canal de desvío.														
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	5,69	5,00
		Orilla	0,03			Orilla	0,04			Orilla	0,08	T2	6,36	
A-B	0,20	En el punto B	0,06	A-B	0,13	En el punto B	0,12	A-B	0,25	En el punto B	0,06	T3	7,30	
B-C	0,20	En el punto C	0,08	B-C	0,13	En el punto C	0,08	B-C	0,25	En el punto C	0,04	T4	7,86	
C-D	0,20	Orilla	0,05	C-D	0,13	Orilla	0,04	C-D	0,25	Orilla	0,07	T5	7,55	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,60</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,04</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,75</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	T6	7,69	
												T7		
												<b>PROM =</b>	7,08	

**2.2.2. Datos experimentales de la segunda salida de campo.**

**Tabla 2.3.2. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = RÍO PATULÚ		FECHA = 16/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757156E; 9826099 N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	5,53	5,00
		Orilla	0,09			Orilla	0,15			Orilla	0,15	T2	5,67	
A-B	0,50	En el punto B	0,20	A-B	0,37	En el punto B	0,16	A-B	0,39	En el punto B	0,16	T3	5,98	
B-C	0,50	En el punto C	0,25	B-C	0,37	En el punto C	0,24	B-C	0,39	En el punto C	0,17	T4	6,30	
C-D	0,50	Orilla	0,12	C-D	0,37	Orilla	0,20	C-D	0,39	Orilla	0,19	T5	6,16	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,50</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,17</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,11</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,19</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,17</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,17</b>	T6	6,70	
												T7		
												<b>PROM =</b>	6,06	

**Tabla 2.3.2. 2. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL SAN ISIDRO		FECHA = 16/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757108 E; 9826013N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	4,81	5,00
		Orilla	0,18			Orilla	0,15			Orilla	0,23	T2	4,36	
A-B	0,17	En el punto B	0,21	A-B	0,20	En el punto B	0,12	A-B	0,19	En el punto B	0,24	T3	5,44	
B-C	0,17	En el punto C	0,19	B-C	0,20	En el punto C	0,09	B-C	0,19	En el punto C	0,22	T4	5,22	
C-D	0,17	Orilla	0,20	C-D	0,20	Orilla	0,12	C-D	0,19	Orilla	0,24	T5	5,26	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,51</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,20</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,60</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,12</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,57</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,23</b>	T6	5,17	
												T7		
												<b>PROM =</b>	5,04	

**Tabla 2.3.2. 3. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL LA DELICIA		FECHA = 16/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757142 E; 9825990N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	4,55	5,00
		Orilla	0,07			Orilla	0,04			Orilla	0,04	T2	4,99	
A-B	0,13	En el punto B	0,05	A-B	0,13	En el punto B	0,06	A-B	0,13	En el punto B	0,06	T3	4,99	
B-C	0,13	En el punto C	0,06	B-C	0,13	En el punto C	0,06	B-C	0,13	En el punto C	0,04	T4	4,59	
C-D	0,13	Orilla	0,05	C-D	0,13	Orilla	0,06	C-D	0,13	Orilla	0,04	T5	4,23	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,05</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,04</b>	T6	4,72	
												T7		
												<b>PROM =</b>	4,68	

**Tabla 2.3.2. 4. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL INGOS		FECHA = 16/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757119 E; 9826061N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	6,43	5,00
		Orilla	0,21			Orilla	0,32			Orilla	0,27	T2	7,51	
A-B	0,29	En el punto B	0,25	A-B	0,23	En el punto B	0,24	A-B	0,15	En el punto B	0,24	T3	6,39	
B-C	0,29	En el punto C	0,15	B-C	0,23	En el punto C	0,17	B-C	0,15	En el punto C	0,17	T4	7,92	
C-D	0,29	Orilla	0,19	C-D	0,23	Orilla	0,15	C-D	0,15	Orilla	0,15	T5	6,69	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,87</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,20</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,69</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,22</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,45</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,21</b>	T6	8,68	
												T7		
												<b>PROM =</b>	7,27	

2.2.3. Datos experimentales de la tercera salida de campo.

Tabla 2.3.3. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1

HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL														
LUGAR = RÍO PATULÚ		FECHA = 23/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757156E; 9826099 N						TÉCNICO = Lorena Quisnancela		
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	8,78	5,00
Orilla		0,11		Orilla		0,17		Orilla		0,12		T2	8,88	
A-B	0,43	En el punto B	0,09	A-B	0,43	En el punto B	0,14	A-B	0,40	En el punto B	0,10	T3	9,01	
B-C	0,43	En el punto C	0,07	B-C	0,43	En el punto C	0,13	B-C	0,40	En el punto C	0,10	T4	9,20	
C-D	0,43	Orilla	0,07	C-D	0,43	Orilla	0,13	C-D	0,40	Orilla	0,11	T5	9,45	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,29</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,09</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,29</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,14</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,20</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,11</b>	T6	9,67	
												T7		
												<b>PROM =</b>	9,17	

Tabla 2.3.3. 2. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2

HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL														
LUGAR = CANAL SAN ISIDRO		FECHA = 23/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757108 E; 9826013N						TÉCNICO = Lorena Quisnancela		
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	6,50	5,00
Orilla		0,15		Orilla		0,17		Orilla		0,15		T2	6,67	
A-B	0,14	En el punto B	0,09	A-B	0,19	En el punto B	0,10	A-B	0,14	En el punto B	0,10	T3	6,78	
B-C	0,14	En el punto C	0,13	B-C	0,19	En el punto C	0,22	B-C	0,14	En el punto C	0,19	T4	7,01	
C-D	0,14	Orilla	0,10	C-D	0,19	Orilla	0,12	C-D	0,14	Orilla	0,12	T5	7,05	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,42</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,12</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,57</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,15</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,42</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,14</b>	T6	7,00	
												T7		
												<b>PROM =</b>	6,84	

**Tabla 2.3.3. 3. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL LA DELICIA		FECHA = 23/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757142 E; 9825990N					TÉCNICO = Lorena Quisnancela			
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	4,59	5,00
		Orilla	0,05			Orilla	0,07			Orilla	0,05	T2	4,89	
A-B	0,12	En el punto B	0,07	A-B	0,13	En el punto B	0,09	A-B	0,13	En el punto B	0,05	T3	4,98	
B-C	0,12	En el punto C	0,08	B-C	0,13	En el punto C	0,05	B-C	0,13	En el punto C	0,05	T4	4,60	
C-D	0,12	Orilla	0,07	C-D	0,13	Orilla	0,07	C-D	0,13	Orilla	0,06	T5	4,20	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,36</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,07</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,07</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,05</b>	T6	4,60	
												T7		
												<b>PROM =</b>	4,64	

**Tabla 2.3.3. 4. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL INGOS		FECHA = 23/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757119 E; 9826061N					TÉCNICO = Lorena Quisnancela			
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	6,43	5,00
		Orilla	0,04			Orilla	0,07			Orilla	0,05	T2	6,51	
A-B	0,20	En el punto B	0,04	A-B	0,15	En el punto B	0,07	A-B	0,20	En el punto B	0,11	T3	6,39	
B-C	0,20	En el punto C	0,05	B-C	0,15	En el punto C	0,06	B-C	0,20	En el punto C	0,10	T4	6,92	
C-D	0,20	Orilla	0,06	C-D	0,15	Orilla	0,05	C-D	0,20	Orilla	0,07	T5	6,69	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,60</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,05</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,45</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,60</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,08</b>	T6	6,68	
												T7		
												<b>PROM =</b>	6,60	

2.2.4. Datos experimentales de la cuarta salida de campo.

Tabla 2.3.4. 1. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 1

HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL														
LUGAR = RÍO PATULÚ		FECHA = 30/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757156E; 9826099 N					TÉCNICO = Lorena Quisnancela			
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	8,50	5,00
Orilla		0,10		Orilla		0,07		Orilla		0,16		T2	8,41	
A-B	0,43	En el punto B	0,20	A-B	0,41	En el punto B	0,22	A-B	0,38	En el punto B	0,16	T3	8,23	
B-C	0,43	En el punto C	0,07	B-C	0,41	En el punto C	0,23	B-C	0,38	En el punto C	0,11	T4	8,32	
C-D	0,43	Orilla	0,05	C-D	0,41	Orilla	0,20	C-D	0,38	Orilla	0,11	T5	8,49	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,29</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,11</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,23</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,18</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>1,14</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,14</b>	T6	9,45	
												T7		
												<b>PROM =</b>	8,57	

Tabla 2.3.4. 2. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 2

HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL														
LUGAR = CANAL SAN ISIDRO		FECHA = 30/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757108 E; 9826013N					TÉCNICO = Lorena Quisnancela			
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	5,67	5
Orilla		0,02		Orilla		0,09		Orilla		0,13		T2	5,53	
A-B	0,2	En el punto B	0,12	A-B	0,2	En el punto B	0,06	A-B	0,14	En el punto B	0,16	T3	5,08	
B-C	0,2	En el punto C	0,13	B-C	0,2	En el punto C	0,08	B-C	0,14	En el punto C	0,1	T4	5,98	
C-D	0,2	Orilla	0,1	C-D	0,2	Orilla	0,06	C-D	0,14	Orilla	0,12	T5	5,4	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,6</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,09</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,6</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,07</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,42</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,13</b>	T6	5,13	
												T7		
												<b>PROM =</b>	5,47	

**Tabla 2.3.4. 3 . Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 3**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL LA DELICIA		FECHA = 30/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757142 E; 9825990N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	5,94	5
		Orilla	0,045			Orilla	0,05			Orilla	0,07	T2	6,12	
A-B	0,13	En el punto B	0,1	A-B	0,13	En el punto B	0,07	A-B	0,14	En el punto B	0,14	T3	6,7	
B-C	0,13	En el punto C	0,05	B-C	0,13	En el punto C	0,03	B-C	0,14	En el punto C	0,11	T4	5,26	
C-D	0,13	Orilla	0,06	C-D	0,13	Orilla	0,075	C-D	0,14	Orilla	0,1	T5	5,53	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,39</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,42</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,11</b>	T6	5,67	
												T7		
												<b>PROM =</b>	5,87	

**Tabla 2.3.4. 4. Datos de ancho, longitud, profundidad y tiempo en el Punto 4**

<b>HOJA DE CÁLCULO DEL CAUDAL</b>														
LUGAR = CANAL INGOS		FECHA = 30/11/2012		HORA = 11:00		COORDENADAS = 757119 E; 9826061N				TÉCNICO = Lorena Quisnancela				
TRANSECTO 1				TRANSECTO 2				TRANSECTO 3				TIEMPO (s)		LONGITUD (m)
Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		Ancho del intervalo (m)		Profundidad (m)		T1	4,77	5
		Orilla	0,06			Orilla	0,05			Orilla	0,06	T2	5,85	
A-B	0,25	En el punto B	0,08	A-B	0,23	En el punto B	0,07	A-B	0,2	En el punto B	0,05	T3	5,53	
B-C	0,25	En el punto C	0,05	B-C	0,23	En el punto C	0,07	B-C	0,2	En el punto C	0,05	T4	5,13	
C-D	0,25	Orilla	0,05	C-D	0,23	Orilla	0,06	C-D	0,2	Orilla	0,05	T5	6,12	
<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,75</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,69</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,06</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,6</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>0,05</b>	T6	4,81	
												T7		
												<b>PROM =</b>	5,37	

2.2.5. Datos experimentales de los sistemas de aforación.

Tabla 2.3.5. 1. Datos experimentales del vertedero rectangular, punto 1.

L	h	A	x	y
(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)
1,000	0,045	0,045	0,160	0,600
1,000	0,080	0,080	0,180	0,600
1,000	0,100	0,100	0,196	0,600
1,000	0,110	0,110	0,205	0,600
1,000	0,140	0,140	0,230	0,600
1,000	0,180	0,180	0,260	0,600
1,000	0,200	0,200	0,270	0,600

Quisnancela L, 2013

Tabla 2.3.5. 2. Datos experimentales del vertedero triangular, punto 2.

Bt	L	h	A	x	y
(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)
0,040	0,530	0,020	0,000	0,060	0,530
0,090	0,530	0,045	0,002	0,105	0,530
0,180	0,530	0,090	0,008	0,160	0,530
0,280	0,530	0,140	0,020	0,190	0,530
0,320	0,530	0,160	0,026	0,200	0,530
0,360	0,530	0,180	0,032	0,210	0,530
0,520	0,530	0,260	0,068	0,230	0,530

Quisnancela L, 2013

**Tabla 2.3.5. 3. Datos experimentales del vertedero triangular, punto 3.**

<b>Bt</b>	<b>L</b>	<b>h</b>	<b>A</b>	<b>x</b>	<b>y</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>
<b>0,040</b>	0,530	0,020	0,000	0,060	0,530
<b>0,100</b>	0,530	0,050	0,003	0,100	0,530
<b>0,200</b>	0,530	0,100	0,010	0,165	0,530
<b>0,280</b>	0,530	0,140	0,020	0,180	0,530
<b>0,320</b>	0,530	0,160	0,026	0,200	0,530
<b>0,360</b>	0,530	0,180	0,032	0,210	0,530
<b>0,520</b>	0,530	0,260	0,068	0,230	0,530

Quisnancela L, 2013

**Tabla 2.3.5. 4. Datos experimentales del vertedero triangular, punto 4.**

<b>Bt</b>	<b>L</b>	<b>h</b>	<b>A</b>	<b>x</b>	<b>y</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>
<b>0,040</b>	0,410	0,020	0,000	0,060	0,410
<b>0,100</b>	0,410	0,050	0,003	0,100	0,410
<b>0,200</b>	0,410	0,100	0,010	0,165	0,410
<b>0,280</b>	0,410	0,140	0,020	0,170	0,410
<b>0,320</b>	0,410	0,160	0,026	0,180	0,410
<b>0,360</b>	0,410	0,180	0,032	0,190	0,410
<b>0,440</b>	0,410	0,220	0,048	0,200	0,410

Quisnancela L, 2013

### 2.3. DATOS ADICIONALES

#### 2.4.1.- Determinación del estado de flujo

Tabla 2.4.1. 1. Propiedades físicas del agua

Temperatura °C	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Densidad g/ml	Viscosidad Dinámica Ns/m <sup>2</sup>	Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)
0	9.805	999.8	1.781 * 10 <sup>-3</sup>	1.785 * 10 <sup>-6</sup>
5	9.807	1000.0	1.518 * 10 <sup>-3</sup>	1.519 * 10 <sup>-6</sup>
10	<b>9.804</b>	<b>999.7</b>	<b>1.307 * 10<sup>-3</sup></b>	<b>1.306 * 10<sup>-6</sup></b>
15	9.798	999.1	1.139 * 10 <sup>-3</sup>	1.139 * 10 <sup>-6</sup>
20	9.789	998.2	1.102 * 10 <sup>-3</sup>	1.003 * 10 <sup>-6</sup>
25	9.777	997.0	0.890 * 10 <sup>-3</sup>	0.893 * 10 <sup>-6</sup>
30	9.764	995.7	0.708 * 10 <sup>-3</sup>	0.800 * 10 <sup>-6</sup>
40	9.730	992.2	0.653 * 10 <sup>-3</sup>	0.658 * 10 <sup>-6</sup>
50	9.689	988.0	0.547 * 10 <sup>-3</sup>	0.553 * 10 <sup>-6</sup>
60	9.642	983.2	0.466 * 10 <sup>-3</sup>	0.474 * 10 <sup>-6</sup>

Fuente: Mecánica de Fluidos, Merle C. Potter-David C. Wiggert.

# **CAPITULO III**

## **CÁLCULOS Y**

## **RESULTADOS**

### CAPITULO III

#### 3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1. CÁLCULOS

3.1.1. Determinación del ancho promedio del punto 1 en la primera salida.

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3}$$

$$P = \frac{1.68 + 1.38 + 1.35}{3}$$

$$P = 1.47 \text{ m}$$

3.1.2. Determinación de la profundidad promedio del punto 1 en la primera salida.

$$h = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$$

$$h = \frac{0.155 + 0.110 + 0.143}{3}$$

$$h = 0.14 \text{ m}$$

3.1.3. Determinación del área transversal del punto 1 primera salida.

$$A = P \times h \text{ Ec 2.1.8.1.2 - 1}$$

$$A = 1,47 \times 0,14$$

$$A = 0,20 \text{ m}^2$$

### 3.1.4. Determinación del tiempo promedio del punto 1 primera salida

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6}{6}$$

$$t = \frac{7.3 + 7.24 + 6.62 + 6.83 + 6.1 + 6.8}{6}$$

$$t = 6.815 \text{ s}$$

### 3.1.5. Determinación de la velocidad.

$$V = \frac{d}{t} \text{ Ec 2.1.8.1.3 - 1}$$

$$V = \frac{5 \text{ m}}{6,815 \text{ s}}$$

$$V = 0,73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.1.6. Determinación del caudal disponible.

$$Q = AxVxC \text{ Ec 2.1.8.1.4 - 1}$$

$$Q = 0,20 \times 0,734 \times 0,90$$

$$Q = 0,132 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 132 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

**3.1.7. Determinación del área hidráulica.**

**3.1.7.1. Determinación del ancho promedio en la orilla A del punto 1, primera salida.**

$$\textit{Orilla A} = \frac{O_1 + O_2 + O_3}{3}$$

$$\textit{Orilla A} = \frac{0.06 + 0.04 + 0.06}{3}$$

$$\textit{Orilla A} = 0.05 \text{ m}$$

**3.1.7.2. Determinación del ancho promedio en el punto B del punto 1, primera salida.**

$$\textit{Punto B} = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{3}$$

$$\textit{Punto B} = \frac{0.18 + 0.19 + 0.17}{3}$$

$$\textit{Punto B} = 0.18 \text{ m}$$

**3.1.7.3. Determinación del ancho promedio en el punto C del punto 1, primera salida.**

$$\textit{Punto C} = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3}$$

$$\textit{Punto B} = \frac{0.23 + 0.14 + 0.22}{3}$$

$$\textit{Punto B} = 0.20 \text{ m}$$

**3.1.7.4. Determinación del ancho promedio en la orilla D del punto 1, primera salida.**

$$Orilla D = \frac{O_1 + O_2 + O_3}{3}$$

$$Orilla D = \frac{0.15 + 0.07 + 0.12}{3}$$

$$Orilla D = 0.11 m$$

**Tabla 3.1.7.4. 1. Datos obtenidos en el Punto 1.**

	1ra Salida	2da Salida	3ra Salida	4ta Salida	Promedio
<b>ORILLA A</b>	0,05	0,11	0,13	0,11	<b>0,10</b>
<b>PUNTO B</b>	0,18	0,19	0,11	0,19	<b>0,17</b>
<b>PUNTO C</b>	0,20	0,14	0,10	0,14	<b>0,14</b>
<b>ORILLA D</b>	0,11	0,12	0,10	0,12	<b>0,11</b>

Quisnancela L, 2013

$$Ah = (b + zy)y \text{ Ec 1.2.1 - 7}$$

$$Ah = (1,30 + 1(0.105))0.105$$

$$Ah = 0,15 m^2$$

**3.1.8. Determinación del perímetro mojado.**

$$Pm = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \text{ Ec 1.2.1 - 8}$$

$$Pm = (1,30) + 2(0,105)\sqrt{1 + (1)^2}$$

$$Pm = 2,13 m$$

### 3.1.9. Determinación del radio hidráulico.

Con los datos levantados en el campo y mediante la observación directa se determina que la forma del canal es trapezoidal, donde el talud tiene una inclinación de 1/1.

$$R_h = \frac{A}{P} \text{ (Ec 1.1.1-5)}$$

$$R_h = \frac{0,15}{2,13}$$

$$R_h = 0,07 \text{ m}$$

### 3.1.10. Determinación del espejo de agua.

$$T = b + 2zy \text{ Ec 1.2.1 - 9}$$

$$T = 1,30 + 2(1)(0,105)$$

$$T = 1,51 \text{ m}$$

### 3.1.11. Determinación del diámetro hidráulico.

$$Dh = 4Rh \text{ (Ec 1.1.1-7)}$$

$$Dh = 4 (0,070)$$

$$Dh = 0,28 \text{ m}$$

### 3.1.12. Determinación de la pendiente.

$$V = \frac{1,00}{n^{**}} Rh^{2/3} S^{1/2} \text{ (Ec. 1.1.1 - 10)}$$

De la ecuación Ec. 1.1.1 - 10 despejamos S.

-70-

$$S = \left( \frac{V_n}{1,00 R h^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S = \left( \frac{(0,67)(0,035)}{1,00(0,07)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$\mathbf{S = 0,02}$$

### 3.1.13. Determinación de la profundidad hidráulica.

$$D = \frac{A}{T} \text{ Ec 1.2.1 - 2}$$

$$D = \frac{0,15}{1,51}$$

$$\mathbf{D = 0,10 \text{ m}}$$

### 3.1.14. Determinación del número de Reynolds.

$$Re = \frac{V R_h}{\nu} \text{ Ec 1.7.12 - 1}$$

$$Re = \frac{0,67(0,07)}{1,306 \times 10^{-6}}$$

$$\mathbf{Re = 35911,2}$$

### 3.1.15. Determinación de número de froude.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}} \text{ (Ec. 1.3.2 - 1)}$$

$$F = \frac{0,67}{\sqrt{(9,8)(0,28)}}$$

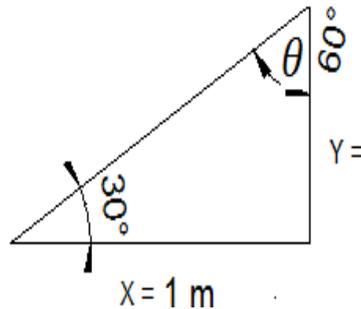
$$\mathbf{F = 0,68}$$

### 3.1.16. Dimensionamiento de la de la cresta vertedora del vertedero rectangular.

En el río Patulú se va a instalar un vertedero rectangular con contracciones laterales con las siguientes especificaciones:

- El ancho de la cresta vertedora es de 1 m
- El alto de la cresta vertedora es de 0,58 m

**Gráfico 3.1.13. 1. Dimensionamiento de la cresta del vertedero rectangular**



$$\text{tg } \theta = \frac{x}{y}$$

$$y = \frac{x}{\text{tg}60}$$

$$y = 0,58 \text{ m}$$

### 3.1.17. Dimensionamiento de la caja vertedora.

#### 3.1.17.1. Determinación del ancho mínimo de la caja vertedora

$$B = 1.2 \text{ b Ec 1.6.1.2 - 2}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

### 3.1.17.2. Determinación del largo mínimo de la caja vertedora

$$F = 5B \quad \text{Ec 1.6.1.2 - 1}$$

$$F = 5 (1,2\text{m})$$

$$\mathbf{F = 6 m}$$

### 3.1.18. Determinación del coeficiente de descarga.

Analizando los límites de aplicación inferior y superior para el cálculo del coeficiente de descarga se determina que la fórmula a utilizarse es la de Hamilton-Smith.

$$C_e = 0,616 \left(1 - \left(\frac{b}{10B}\right)\right) \quad \text{Ec 1.6.2.5 - 3}$$

$$C_e = 0,616 \left(1 - \left(\frac{1}{10(2.2)}\right)\right)$$

$$C_e = 0,616(0,95)$$

$$\mathbf{C_e = 0,59}$$

### 3.1.19. Área del orificio rectangular.

$$A_o = l \times l \quad \text{Ec 1.7.1.2.1}$$

$$A_o = (1)(0,045)$$

$$\mathbf{A_o = 0,045 m^2}$$

### 3.1.20. Determinación de la velocidad real.

$$V_{rh} = \frac{x}{\sqrt{\frac{2y}{g}}} \text{ Ec 1.7.1.1}$$

$$V_{rh} = \frac{0,16}{\sqrt{\frac{2(0,60)}{9,8}}}$$

$$V_{rh} = 0,457 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.1.21. Determinación del caudal real

$$Q_R = A_{ox} V_{rh} \text{ Ec 1.7.1.5}$$

$$Q_R = (0,045)(0,457)$$

$$Q_R = 0,0205 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_R = 20,5 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

### 3.1.22. Determinación de la velocidad teórica

$$V_t = \sqrt{2gh} \text{ Ec 1.7.7 - 1}$$

$$V_t = \sqrt{2(9,8)(0,045)}$$

$$V_t = 0,939$$

**3.1.23. Determinación del coeficiente de velocidad.**

$$C_v = \frac{V_{rh}}{V_t} \text{ Ec 1.7.8 - 1}$$

$$C_v = \frac{0,60}{0,939}$$

$$C_v = 0,487$$

**3.1.24. Determinación del coeficiente de contracción.**

$$C_e = C_v C_c \text{ Ec 1.7.9 - 1}$$

$$C_c = \frac{C_e}{C_v}$$

$$C_c = \frac{0,59}{0,487}$$

$$C_c = 1,21$$

**3.1.25. Determinación del caudal teórico.**

$$Q_T = \frac{2}{3} C_e L \sqrt{2gH}^{3/2} \text{ Ec 1.6.2.5 - 1}$$

$$Q_T = \frac{2}{3} (0,59)(1)\sqrt{2(9,8)}(0,045)^{3/2}$$

$$Q_T = 0,01646 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

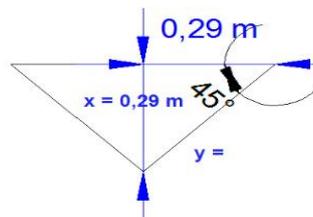
$$Q_T = 16,46 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

### 3.1.26. Dimensionamiento de la de la cresta vertedora del vertedero triangular.

En el canal perteneciente a los usuarios de San Isidro se va a instalar un vertedero triangular de 90° con las siguientes especificaciones

- El ancho de la cresta vertedora es de 0,58 m
- El alto de la cresta vertedora es de 0,29 m

**Gráfico 3.1.26. 1. Dimensionamiento de la cresta del vertedero.**

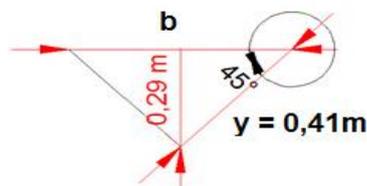


$$\cos \theta = \frac{x}{y}$$

$$y = \frac{x}{\cos \theta}$$

$$y = 0,41 \text{ m}$$

**Gráfico 3.1.26. 2. Cresta del vertedero en función de los triángulos rectángulos.**



$$\cos \theta = \frac{y}{b}$$

$$b = \frac{y}{\cos \theta}$$

$$b = 0,58 \text{ m}$$

### **3.1.27. Dimensionamiento de la caja vertedora.**

#### **3.1.27.1. Determinación del ancho mínimo de la caja vertedora.**

$$B = 1.2 b \quad \text{Ec 1.6.1.2 - 2}$$

$$B = 1.2 (0,58\text{m})$$

$$\mathbf{B = 0,69 m}$$

#### **3.1.27.2. Determinación del largo mínimo de la caja vertedora.**

$$\mathbf{F = 5B \quad \text{Ec 1.6.1.2 - 1}}$$

$$F = 5 (m)$$

$$\mathbf{F = 3,48 m}$$

### **3.1.28. Determinación del coeficiente de descarga.**

#### **3.28.1. Según la figura**

$$h/p = 0,3$$

$$p/B = 0,3$$

$$C_e = 0,58$$

**3.28.2. Determinación del coeficiente de descarga según Gourley y Crimp.**

$$C_e = \frac{\left[1.32 \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]}{h^{0,03}} \text{ Ec 1.6.1.5 - 3}$$

$$C_e = \frac{\left[1.32 \tan\left(\frac{90}{2}\right)\right]}{0,16^{0,03}}$$

$$C_e = \frac{[1,32]}{0,16^{0,03}}$$

$$C_e = 1,39$$

**3.28.3. Determinación del coeficiente de descarga según Hegly.**

$$C_e = \left[0,5812 + \left(\frac{0,00375}{h}\right)\right] \left[1 + \left(\frac{h^2}{B(h+p)}\right)^2\right] \text{ Ec 1.6.1.5 - 5}$$

$$C_e = \left[0,5812 + \left(\frac{0,00375}{0,16}\right)\right] \left[1 + \left(\frac{0,16^2}{1,64(0,16 + 0,53)}\right)^2\right]$$

$$C_e = 0,60$$

**3.1.29. Área del orificio triangular.**

$$A_o = \frac{bxht}{2} \text{ Ec 1.7.1.2.2}$$

$$A_o = \frac{(0,32 \times 0,16)}{2}$$

$$A_o = 0,025\text{m}^2$$

### 3.1.30. Determinación de la velocidad real

$$V_{rh} = \frac{x}{\sqrt{\frac{2y}{g}}} \text{ Ec 1.7.1.1}$$

$$V_{rh} = \frac{0,23}{\sqrt{\frac{2(0,53)}{9,8}}} V_{rh} = 0,70 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.1.31. Determinación del caudal real.

$$Q_R = A_o x V_t \text{ Ec 1.7.1.5}$$

$$Q_R = (0,025)(0,64)$$

$$Q_R = 0,016 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_R = 16 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

### 3.1.32. Determinación de la velocidad teórica.

$$V_t = \sqrt{2gh} \text{ Ec 1.7.7-1}$$

$$V_t = \sqrt{2(9,8)(0,16)}$$

$$V_t = 1,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.1.33. Determinación del coeficiente de velocidad.

$$C_v = \frac{V_{rh}}{V_t} \text{ Ec 1.7.8 - 1}$$

$$C_v = \frac{0,64}{1,77}$$

$$C_v = 0,36$$

### 3.1.34. Determinación del coeficiente de contracción

$$C_e = C_v C_c \text{ Ec 1.7.9 - 1}$$

$$C_c = \frac{C_e}{C_v}$$

$$C_c = \frac{0,60}{0,36}$$

$$C_c = 1,67$$

### 3.1.35. Determinación del caudal teórico.

#### 3.1.35.1. Determinación del caudal mediante la figura 1.6.1.5.2.

$$Q_T = \frac{8}{15} C_e \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{5/2} \text{ Ec 1.6.1.5 - 1}$$

$$Q_T = \frac{8}{15} (0,58) \sqrt{2g} \tan \frac{90}{2} 0,16^{5/2}$$

$$Q_T = 13,6 \frac{L}{s}$$

**3.1.35.2. Determinación del caudal mediante la ecuación de Gourley y Crimp.**

$$Q = \left(1.39 \tan \frac{\theta}{2}\right) h^{2.48} \text{ Ec 1.6.1.5 - 4}$$

$$Q_T = (1.32)0,16^{2.48}$$

$$Q_T = 0,0147 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_T = 14,7 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

**3.1.35.3. Determinación del caudal mediante la ecuación deHegly.**

$$Q_T = \frac{8}{15} C_e \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{5/2} \text{ Ec 1.6.1.5 - 1}$$

$$Q_T = (0,53)(0,60)(4,43)(1)(0,01)$$

$$Q_T = 14,1 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

### 3.2. RESULTADOS

Tabla 3.2. 1. Datos de ancho determinados en los 4 puntos de monitoreo.

Punto de Muestreo	1era Salida	2da Salida	3era Salida	4ta Salida	Promedio
Punto 1	1,47 m	1,26 m	1,26 m	1,22 m	1,30 m
Punto 2	0,53 m	0,56 m	0,47 m	0,54 m	0,53 m
Punto 3	0,41 m	0,39 m	0,38 m	0,4 m	0,40 m
Punto 4	0,58 m	0,67 m	0,55 m	0,68 m	0,62 m

Quisnancela L, 2013

Tabla 3.2. 2. Datos de profundidad determinados en los 4 puntos de monitoreo.

Punto de Monitoreo	1era Salida	2da Salida	3era Salida	4ta Salida	Promedio
Punto 1	0,14 m	0,17 m	0,11 m	0,14 m	0,14 m
Punto 2	0,14 m	0,18 m	0,14 m	0,10 m	0,14 m
Punto 3	0,06 m	0,05 m	0,06 m	0,08 m	0,06 m
Punto 4	0,05 m	0,21 m	0,06 m	0,06 m	0,10 m

Quisnancela L, 2013

Tabla 3.2. 3. Datos de área transversal determinados en los 4 puntos de monitoreo.

Punto de Monitoreo	1era Salida	2da Salida	3era Salida	4ta Salida	Promedio
Punto 1	0,20 m	0,21 m	0,14 m	0,17 m	0,18 m
Punto 2	0,07 m	0,10 m	0,07 m	0,05 m	0,07 m
Punto 3	0,02 m	0,02 m	0,02 m	0,03 m	0,02 m
Punto 4	0,03 m	0,14 m	0,03 m	0,04 m	0,06 m

Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 4. Datos de velocidad en los 4 puntos de monitoreo.**

Punto de Monitoreo	1era Salida	2da Salida	3era Salida	4ta Salida	Promedio
Punto 1	0,73 m/s	0,83 m/s	0,55 m/s	0,58 m/s	0,67 m/s
Punto 2	0,53 m/s	0,99 m/s	0,73 m/s	0,92 m/s	0,79 m/s
Punto 3	0,97 m/s	1,07 m/s	1,08 m/s	0,85 m/s	0,99 m/s
Punto 4	0,71 m/s	0,69 m/s	0,76 m/s	0,93 m/s	0,77 m/s

Quisnancela L, 2013.

**Tabla 3.2. 5. Variación de Caudales en el 4 de monitoreo.**

Punto de Monitoreo	1era Salida	2da Salida	3era Salida	4ta Salida	Promedio
Punto 1	132,07 L/s	160,01 L/s	68,61 L/s	89,16 L/s	112,46 L/s
Punto 2	35,21 L/s	89,81 L/s	43,23 L/s	43,13 L/s	52,85 L/s
Punto 3	19,75 L/s	18,78 L/s	22,16 L/s	23,00 L/s	20,92 L/s
Punto 4	19,56 L/s	87,37 L/s	22,57 L/s	33,05 L/s	40,64 L/s

Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 6. Resultados de área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico, espejo de agua, diámetro hidráulico, pendiente, profundidad hidráulica, número de Reynolds y número de Froude.**

	Am (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	Rh (m)	T (m)	Dh (m)	S	D (m)	Re	F
Punto 1	0,15	2,13	0,07	1,51	0,28	0,020	0,10	35911,2	0,68
Punto 2	0,04	0,95	0,05	0,67	0,18	0,008	0,06	30321,5	1,03
Punto 3	0,03	0,72	0,04	0,51	0,14	0,016	0,05	30444,1	1,42
Punto 4	0,04	1,02	0,03	0,73	0,14	0,064	0,05	17733,5	1,1

Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 7. Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real del vertedero rectangular ubicado en el primer punto de monitoreo.**

Vrh	Ce	Qrh
(m/s)		(L/s)
<b>0,457</b>	0,590	20,571
<b>0,514</b>	0,590	41,143
<b>0,560</b>	0,590	56,000
<b>0,586</b>	0,590	64,429
<b>0,657</b>	0,590	92,000
<b>0,743</b>	0,590	133,714
<b>0,771</b>	0,590	154,286

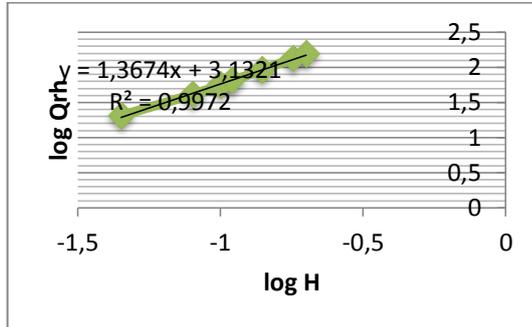
Quisnancela L, 2013.

**Tabla 3.2. 8. Logaritmos de caudales reales y alturas, primer punto de monitoreo.**

H	Qrh	log H	log Rh
<b>0,045</b>	20,571	-1,3468	1,3132
<b>0,080</b>	41,143	-1,0969	1,6143
<b>0,100</b>	56	-1	1,7482
<b>0,110</b>	64,429	-0,9586	1,8091
<b>0,140</b>	92	-0,8539	1,9638
<b>0,180</b>	133,714	-0,7447	2,1262
<b>0,200</b>	154,286	-0,6989	2,1883

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.8. 1. Logaritmos de caudal real vs alturas, del primer punto de monitoreo.**



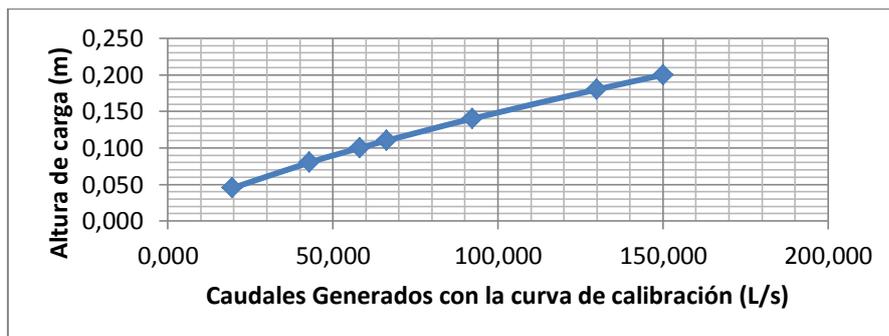
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 9. Caudales generados con la ecuación de calibración, del primer punto de monitoreo.**

h (m)	Qc (L/s)
0,045	19,521
0,080	42,873
0,100	58,17
0,110	66,267
0,140	92,154
0,180	129,945
0,200	150,082

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.9. 1 Curva de calibración, primer punto de monitoreo**



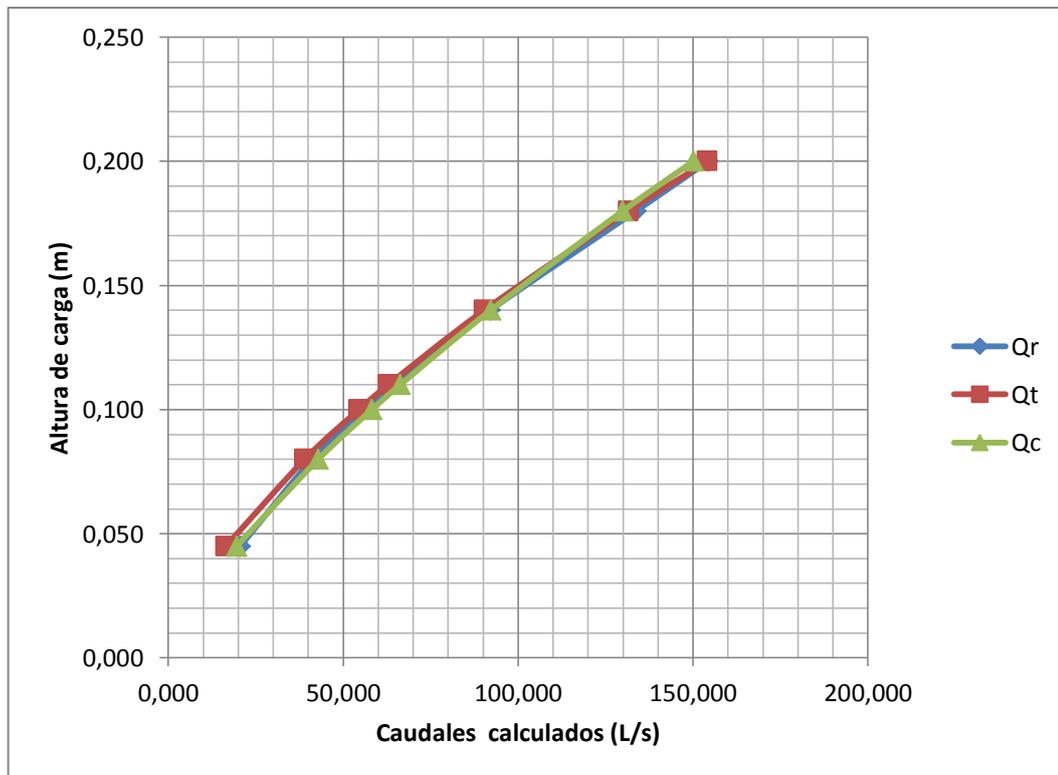
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 10. Datos de coeficiente de velocidad, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el primer punto de monitoreo**

Qrh (L/s)	Qt1 (L/s)	Qc (L/s)	Vt (m/s)	Cv	Cc
20,571	16,456	19,521	0,939	0,487	1,212
41,143	39,007	42,873	1,252	0,411	1,437
56,000	54,514	58,17	1,400	0,400	1,475
64,429	62,892	66,267	1,468	0,399	1,479
92,000	90,302	92,154	1,657	0,397	1,487
133,714	131,648	129,945	1,878	0,395	1,492
154,286	154,188	150,082	1,980	0,390	1,514

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.10. 1. Comparación de caudales reales y teóricos en el primer punto de monitoreo**



Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 11. Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real en el vertedero triangular ubicado en el segundo punto de monitoreo.**

Vrh	Ce	Qrh
(m/s)		(L/s)
0,182	0,600	0,073
0,318	0,600	0,644
0,485	0,600	3,927
0,576	0,600	11,285
0,606	0,600	15,515
0,636	0,600	20,618
0,697	0,600	47,115

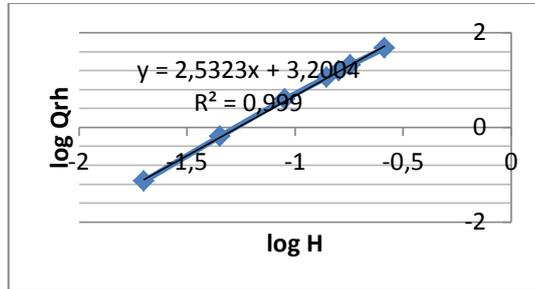
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 12. Logaritmos de caudales reales y alturas del segundo punto de monitoreo.**

H	Qrh	log H	log Rh
0,020	0,073	-1,6989	-1,1367
0,045	0,644	-1,3469	-0,1911
0,090	3,927	-1,0458	0,5941
0,140	11,285	-0,8539	1,0525
0,160	15,515	-0,7959	1,1907
0,180	20,618	-0,7447	1,3142
0,260	47,115	-0,5850	1,6731

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.12. 1. Logaritmo de caudal real vs alturas, del segundo punto de monitoreo.**



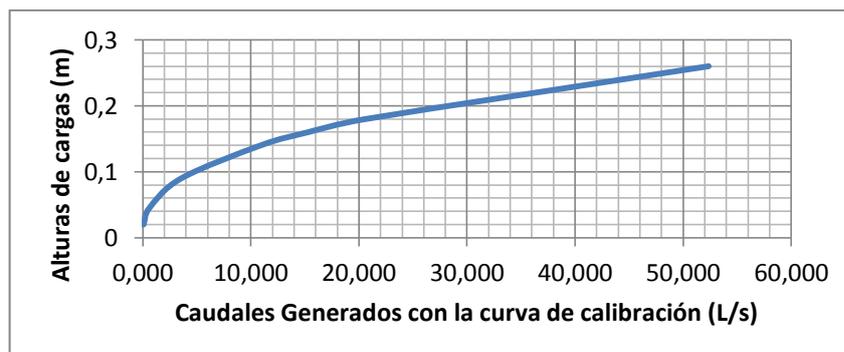
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 13. Caudales generados con la ecuación de calibración del segundo punto de monitoreo.**

H	Qc
0,02	0,079
0,045	0,616
0,09	3,566
0,14	10,918
0,16	15,311
0,18	20,631
0,26	52,352

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.13. 1. Curva de calibración, en el segundo punto de monitoreo**



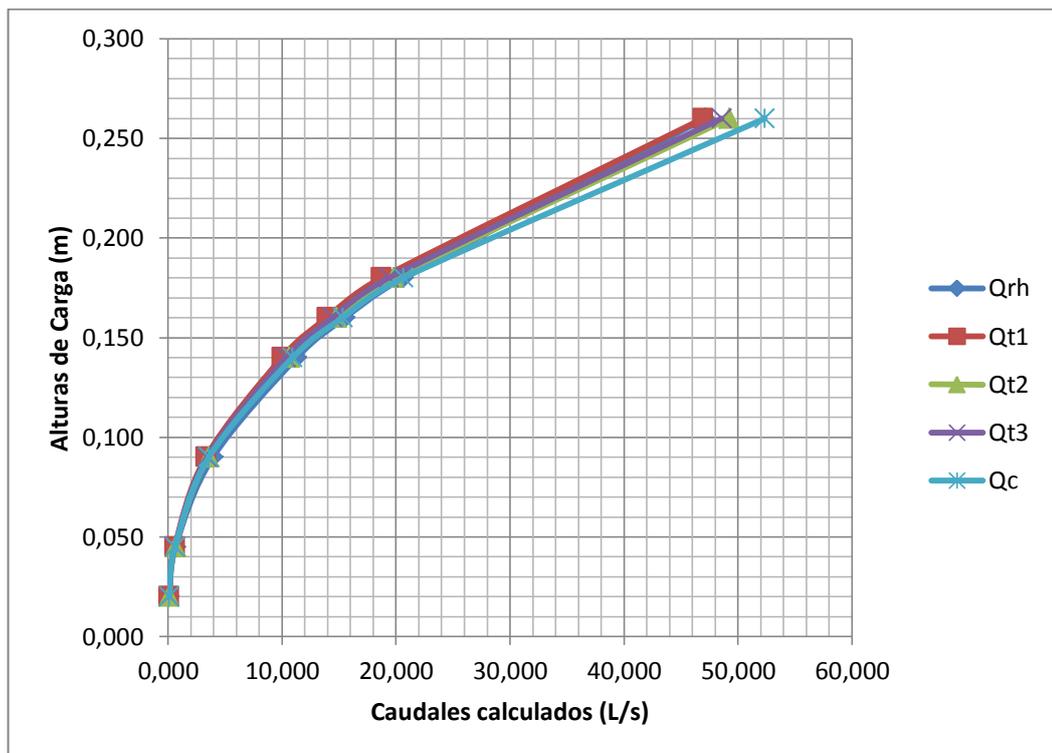
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 14. Datos de coeficiente de descarga, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el segundo punto de monitoreo**

Qrh (L/s)	Cv	Cc	Qt1 (L/s)	Qt2 (L/s)	Qt3 (L/s)	Qc (L/s)
0,073	0,290	2,066	0,077	0,085	0,080	0,079
0,644	0,339	1,771	0,585	0,635	0,605	0,616
3,927	0,365	1,644	3,309	3,544	3,423	3,566
11,285	0,348	1,726	9,987	10,603	10,331	10,918
15,515	0,342	1,753	13,945	14,765	14,425	15,311
20,618	0,339	1,771	18,719	19,774	19,365	20,631
47,115	0,309	1,943	46,940	49,221	48,558	52,352

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.14. 1 Comparación de caudales reales y teóricos en el segundo punto de monitoreo**



Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 15. Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real del vertedero triangular ubicado en el tercer punto de monitoreo.**

Vrh	Ce	Qrh
(m/s)		(L/s)
<b>0,182</b>	0,600	0,073
<b>0,303</b>	0,600	0,758
<b>0,500</b>	0,600	5,000
<b>0,545</b>	0,600	10,691
<b>0,606</b>	0,600	15,515
<b>0,636</b>	0,600	20,618
<b>0,697</b>	0,600	47,115

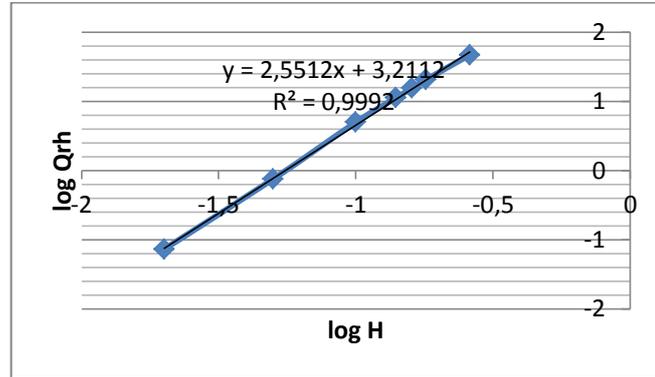
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 16. Logaritmos de caudales reales y alturas , en el tercer punto de monitoreo.**

H	Qrh	log H	log Qrh
<b>0,020</b>	0,073	-1,6989	-1,1367
<b>0,050</b>	0,758	-1,3010	-0,1203
<b>0,100</b>	5,000	-1	0,6989
<b>0,140</b>	10,691	-0,8539	1,0525
<b>0,160</b>	15,515	-0,7959	1,1908
<b>0,180</b>	20,618	-0,7447	1,3142
<b>0,260</b>	47,115	-0,5850	1,6731

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.16. 1. Logaritmos de caudal real vs alturas, en el tercer punto de monitoreo.**



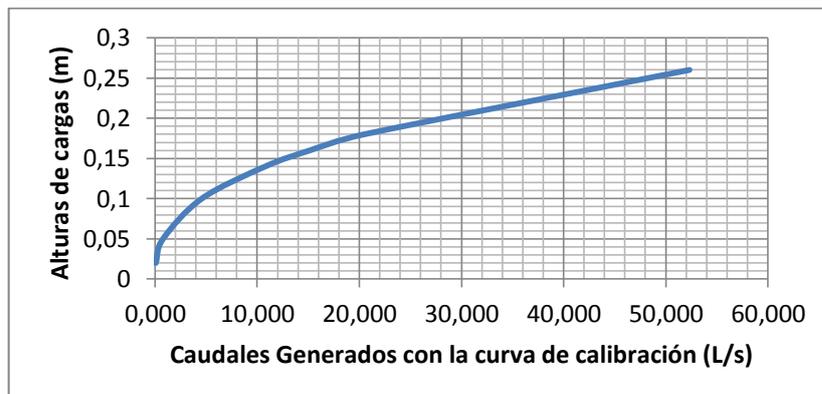
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 17. Caudales generados con la ecuación de calibración , en el tercer punto de monitoreo.**

H	Qc
0,02	0,075
0,05	0,780
0,1	4,571
0,14	10,785
0,16	15,162
0,18	20,476
0,26	52,322

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.17. 1. Curva de calibración, en el tercer punto de monitoreo.**



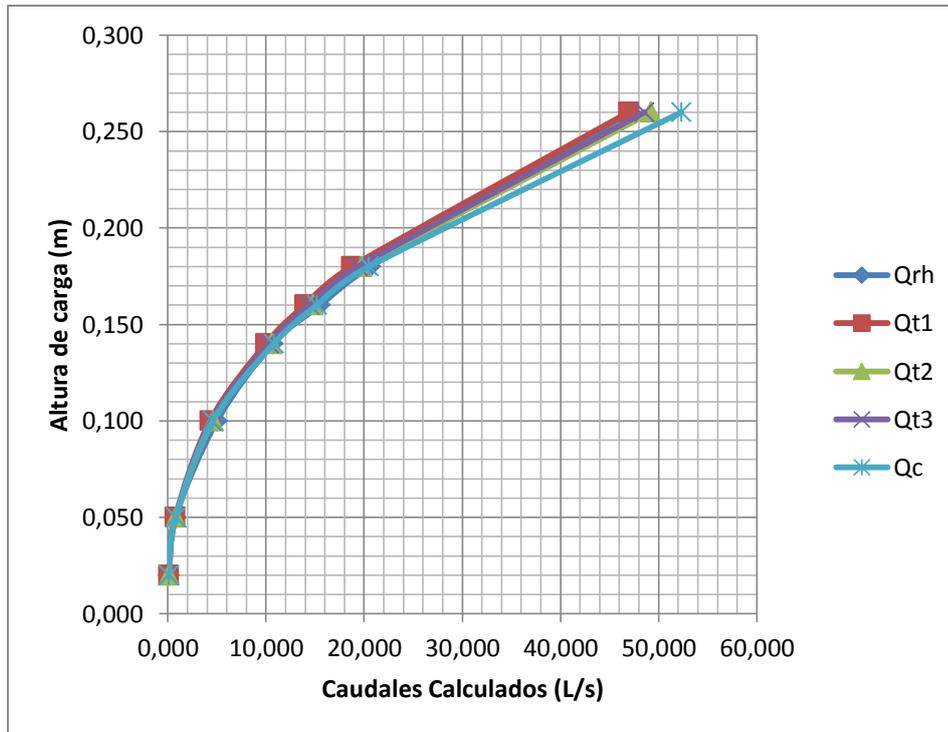
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 18. Datos de coeficiente de velocidad, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el tercer punto de monitoreo.**

Qrh (L/s)	Cv	Cc	Qt1 (L/s)	Qt2 (L/s)	Qt3 (L/s)	Qc (L/s)
0,073	0,290	2,066	0,077	0,085	0,080	0,075
0,758	0,306	1,960	0,761	0,825	0,788	0,78
5,000	0,357	1,680	4,306	4,603	4,455	4,571
10,691	0,329	1,822	9,987	10,603	10,331	10,785
15,515	0,342	1,753	13,945	14,765	14,425	15,162
20,618	0,339	1,771	18,719	19,774	19,365	20,476
47,115	0,309	1,943	46,940	49,221	48,558	52,322

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.18. 1. Comparación de caudales reales y teóricos, en el tercer punto de monitoreo.**



Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2.19. Datos de velocidad real, coeficiente de descarga y caudal real del vertedero triangular, en el cuarto punto de monitoreo.**

Vrh	Ce	Qrh
(m/s)		(L/s)
<b>0,207</b>	0,580	0,083
<b>0,345</b>	0,580	0,862
<b>0,569</b>	0,580	5,690
<b>0,586</b>	0,580	11,490
<b>0,621</b>	0,580	15,890
<b>0,655</b>	0,580	21,228
<b>0,690</b>	0,580	33,379

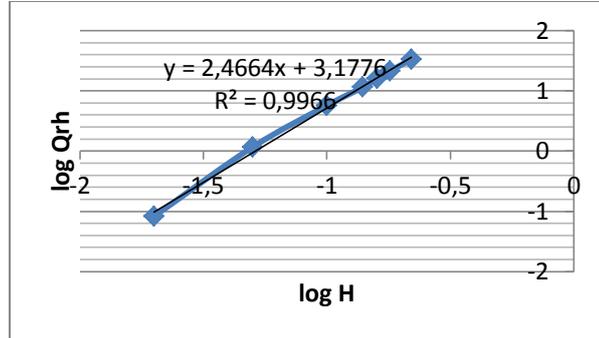
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2.20. Logaritmos de caudales reales y alturas, en el cuarto punto de monitoreo.**

H	Qrh	log H	log Qrh
<b>0,020</b>	0,083	-1,6989	-1,0809
<b>0,050</b>	0,862	-1,3010	0,0645
<b>0,100</b>	5,690	-1	0,7551
<b>0,140</b>	11,490	-0,8539	1,0603
<b>0,160</b>	15,890	-0,7959	1,2011
<b>0,180</b>	21,228	-0,7447	1,3269
<b>0,220</b>	33,379	-0,6576	1,5235

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.20. 1. Logaritmos de caudal real vs alturas, en el cuarto punto de monitoreo.**



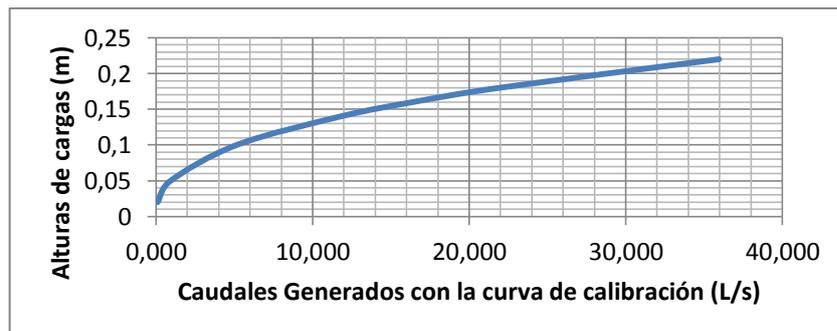
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 21.- Caudales generados con la ecuación de calibración, en el cuarto punto de monitoreo.**

H	Qc
0,02	0,097
0,05	0,931
0,1	5,143
0,14	11,793
0,16	16,392
0,18	21,918
0,22	35,954

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.21. 1. Curva de calibración, en el cuarto punto de monitoreo.**



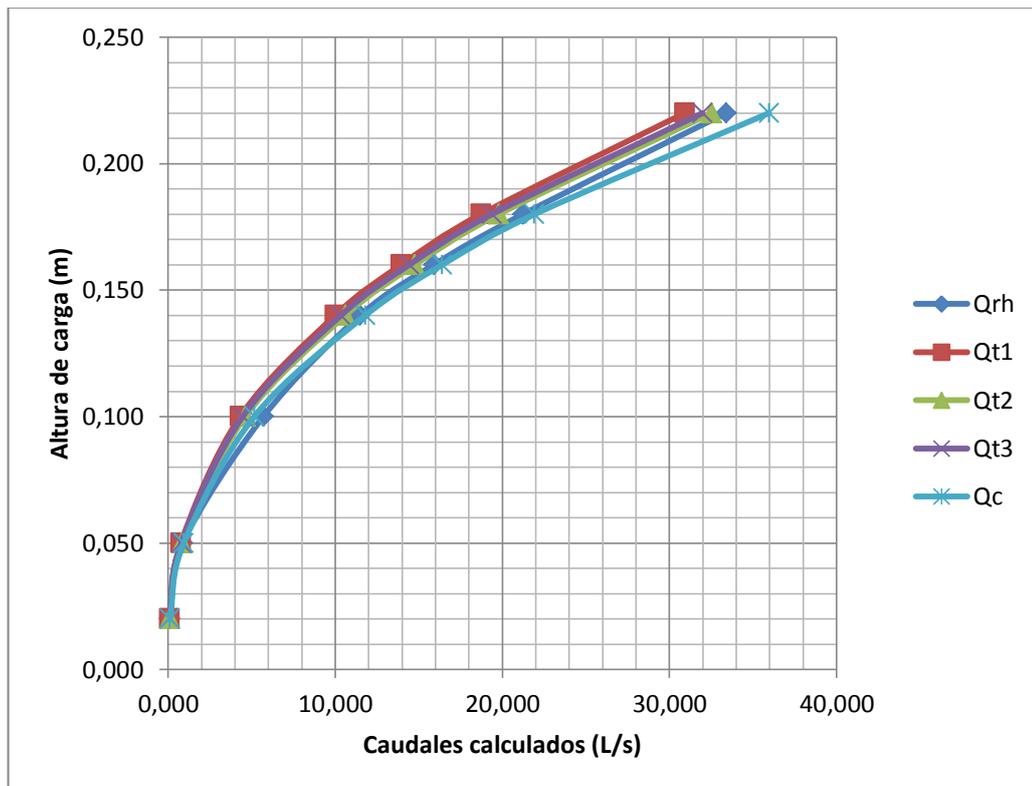
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.2. 22. Datos de coeficiente de descarga, coeficiente de contracción, caudales reales y caudales teóricos en el cuarto punto de monitoreo.**

Qrh (L/s)	Cv	Cc	Qt1 (L/s)	Qt2 (L/s)	Qt3 (L/s)	Qc (L/s)
0,083	0,330	1,755	0,077	0,085	0,080	0,097
0,862	0,348	1,665	0,761	0,825	0,788	0,931
5,690	0,406	1,427	4,306	4,603	4,455	5,143
11,490	0,354	1,639	9,987	10,603	10,331	11,793
15,890	0,350	1,655	13,945	14,765	14,425	16,392
21,228	0,349	1,663	18,719	19,774	19,365	21,918
33,379	0,332	1,746	30,915	32,525	31,981	35,954

Quisnancela L, 2013

**Gráfico 3.2.22. 1. Comparación de caudales reales y teóricos, punto 4.**



Quisnancela L, 2013

### **3.3. PROPUESTA**

#### **3.3.1. Construcción de los sistemas de aforación**

Al realizar los cálculos de ingeniería se conoció las variables técnicas necesarias para el dimensionamiento de los sistemas de aforación proponiendo así la construcción de cuatro sistemas de aforación con sus respectivos vertederos.

Se diseñará un vertedero rectangular y tres vertederos triangulares de tool negro en plancha 1/6" con borde biselados a 45°; los mismos que cuentan con un canal de aproximación, una estructura de medición, un canal ubicado aguas abajo construidos de hormigón armado de 180 Kg / cm<sup>2</sup> y una regleta de acero inoxidable.

Los sistemas de aforación están constituidos por un replantillo de 0.20 m, con la misma pendiente del terreno, de tal manera que quede perfectamente nivelada y estable, las paredes tendrán un espesor de 0.20 m las cuales serán reforzadas con varillas de hierro de 10mm de diámetro colocadas en forma de canastilla.

Los encofrados para las paredes se diseñaran en su totalidad y de tal manera que produzcan unidades de concreto idénticas en forma, líneas y dimensiones a las unidades mostradas en los planos, se construirá encofrados tanto para el lado inferior como para el lado exterior de las paredes, el encofrado será sólido adecuadamente amarrado y asegurado por medio de riostras firmes de manera que mantengan su posición, forma y resistan todas las presiones a las cuales pueden ser sometidas, además deben estar suficientemente ajustadas para impedir la filtración de la lechada a través de las ranuras.

**Tabla 3.3.1. 1. Metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de construcción**

LOCALIDAD		ANCHO (m)	LARGO (m)	ALTO (m)	METROS CÚBICOS DE CONSTRUCCIÓN	
PUNTO 1	Piso	2,5	6	0,25	3,75	3,75
	Pared	0,15	6	1,32	1,188	2,376
	Alas	0,15	1,5	1,32	0,297	0,594
PUNTO 2	Piso	1,94	4	0,15	1,164	1,164
	Pared	0,15	4	0,97	0,582	1,164
PUNTO 3	Piso	1,94	4	0,15	1,164	1,164
	Pared	0,15	4	0,97	0,582	1,164
PUNTO 4	Piso	1,56	4	0,15	0,936	0,936
	Pared	0,15	4	0,78	0,468	0,936
<b>TOTAL =</b>					<b>13,248</b>	

Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.3.1. 2. Materiales utilizados por m<sup>3</sup> de construcción.**

MATERIALES	UNIDADES	CANTIDAD	TOTAL
Cemento	Quintal	6	79,48
Arena	m <sup>3</sup>	0,54	7,15
Piedra	m <sup>3</sup>	0,55	7,29
Agua	m <sup>3</sup>	0,185	2,45

Quisnancela L, 2013

### 3.3.2. Requerimiento presupuestario

**Tabla 3.3.2. 1 Recursos Humanos**

DETALLES	PERSONAL	PERIODO DE TRABAJO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Mano de obra para la construcción	3 albañiles	2 semanas	120	720
Mano de obra para las respectivas modificaciones	1 albañil	1 semana	120	120
Mano de obra por mingueros.	50	2 Semanas	5	500
<b>TOTAL</b>				<b>1340</b>

Quisnancela L, 2013.

**Tabla 3.3.2. 2. Recursos Materiales**

DETALLES	PRECIO TOTAL
Análisis de laboratorio	50
Materiales para la construcción.	1482,36
Construcción de los vertederos	1140,64
Compuerta metálica de tornillo sin fin	860,61
Transporte	30
Varios	200
<b>TOTAL</b>	<b>3763,61</b>

Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.3.2. 3. Recursos totales**

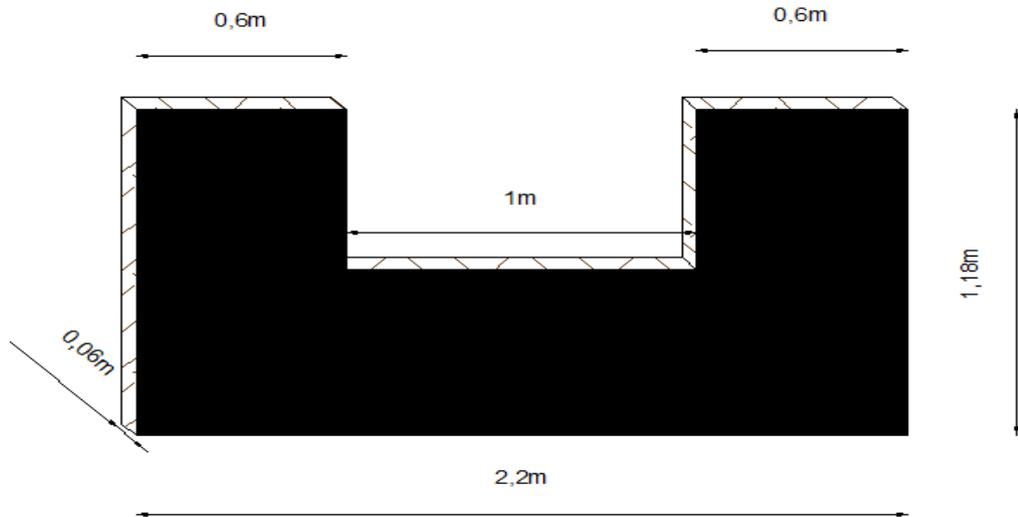
DETALLES	PRECIO TOTAL
Recursos Humanos	1340
Recursos totales	3763,61
Subtotal	5103,61
Imprevistos (10%)	510,361
<b>TOTAL</b>	<b>5613,971</b>

Quisnancela L, 2013

### 3.3.3. Análisis y discusión de resultados

- ✓ Se diseñó un vertedero rectangular de pared delgada con contracciones laterales, utilizando una lámina de tool negro que es el material más adecuado, con un espesor iguala 0,06 mm, las dimensiones del vertedero fueron obtenidas de acuerdo a altura de carga del agua y al volumen de agua estimado a circular a través de él especificado las medidas en la siguiente figura 3.3.3.1.

Figura 3.3.3. 1. Dimensiones del vertedero rectangular.



Quisnancela L, 2013

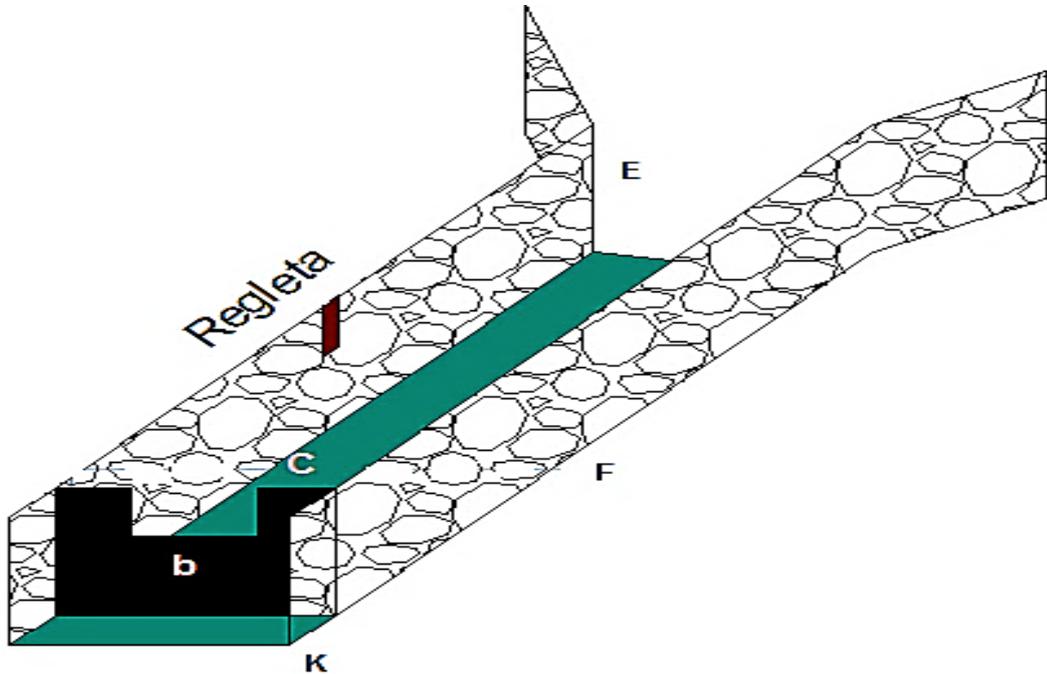
- ✓ Adicionalmente se construyó un canal aguas arriba de 6m x 2.5m para asegurar la uniformidad del agua, disminuyendo la velocidad de llegada del fluido al vertedero para tener una vista estable en la regleta de medida.

Tabla 3.3.3. 1. Dimensiones del sistema de aforación con vertedero rectangular.

Punto	F	E	B	b	p	K	C
	(m)						
Punto 1	6	1,5	2,2	1	0,6	0,5	0,6

Quisnancela 2013.

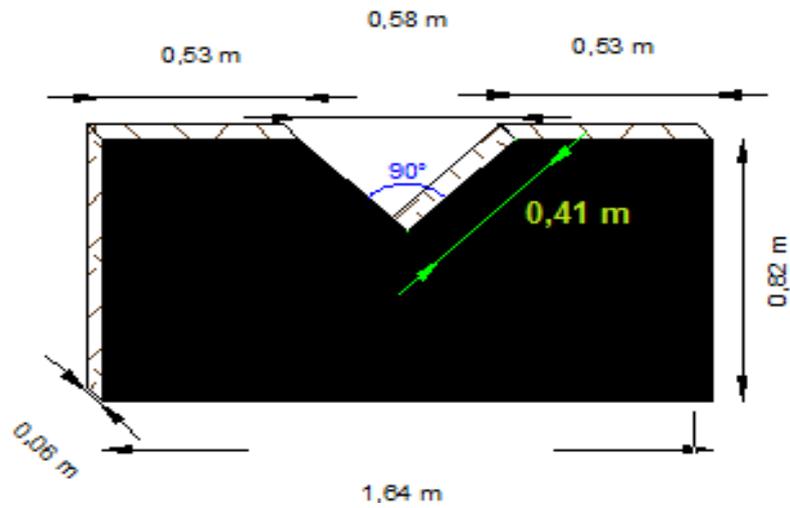
**Gráfico 3.3.3. 1. Sistema de aforación rectangular instalado en el primer punto de monitoreo.**



Quisnancela 2013.

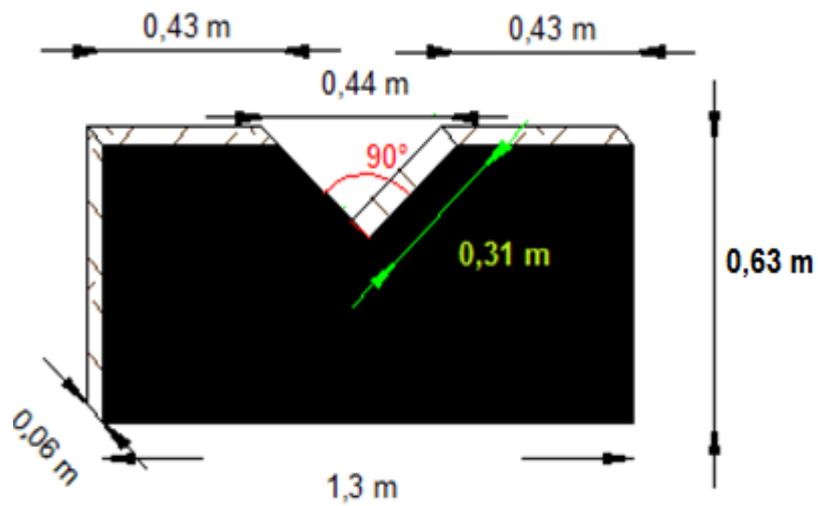
- ✓ Se diseñó tres vertederos triangulares de pared delgada, utilizando una lámina de tool negro, con espesor iguala 0,06 mm. Las dimensiones del vertedero fueron estimadas en función a la altura de carga del agua y al volumen de recurso concesionado que tiene cada usuario del sistema de riego de San Isidro, el ángulo del vertedero triangular es de 90° por ser uno de los más exactos para la medición de caudales pequeños, como se puede observar en las figuras 3.3.3.2 y 3.3.3.3

Figura 3.3.3. 2. Dimensiones del vertedero triangular instalados en el segundo y tercer punto de monitoreo.



Quisnancela L, 2013

Figura 3.3.3. 3. Dimensiones del vertedero triangular. En el cuarto punto de monitoreo.



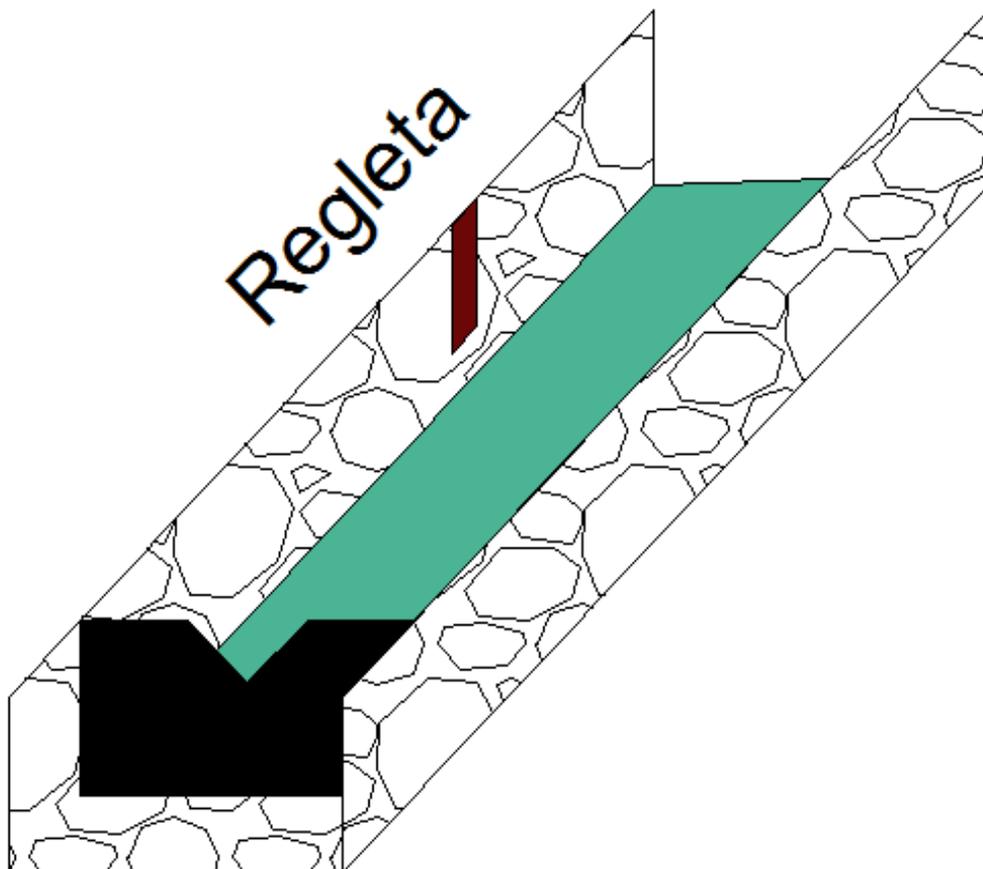
Quisnancela L, 2013

**Tabla 3.3.3. 2. Dimensiones de los sistemas de aforación con vertedero triangular.**

Punto	F	E	B	b	p	K	C
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Punto 2	4	0,82	1,64	0,58	0,53	0,5	0,53
Punto 3	4	0,82	1,64	0,58	0,53	0,5	0,53
Punto 4	4	0,63	1,26	0,44	0,41	0,5	0,41

Quisnancela 2013.

**Gráfico 3.3.3. 2. Vertedero triangular instalado en los puntos 2, 3 y 4**



Quisnancela 2013.

**CAPITULO IV**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## CAPITULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 4.1. Conclusiones

- Se diseñó y construyó un vertedero rectangular en el Río Patulú tomando en cuenta las especificaciones técnicas para su uso y los cálculos de ingeniería realizados; en donde se considera que la fluctuación del caudal es uno de los parámetros de importancia para el diseño de este sistema de aforación.
- La variación del caudal en el Río Patulú es de 68,61 L/s hasta 160,01 L/s, considerando que estas mediciones se las realizaron en verano, por lo tanto se realizó una proyección para el aumento de caudal en el río de 310 L/s en invierno.
- La construcción del sistema de aforación con vertedero rectangular es utilizado por los usuarios con el fin de conocer y aforar el recurso hídrico existente en el río Patulú para lograr una distribución equitativa entre sus tres usuarios, adicionalmente servirá como un medio de legal para la entrega de nuevas concesiones a otros usuarios si fuera necesario.
- Se construyeron tres vertederos triangulares de 90°; considerando el caudal concesionado que cada uno de los tres usuarios tienen y que además consta en la base de datos de la Secretaría Nacional del Agua "SENAGUA" con proceso número 138-79.

- La variación de caudales en los vertederos triangulares son las que a continuación mencionaremos , en el sistema de riego de San Isidro de Patulú la fluctuación es de 35,21 L/s hasta los 89,81 L/s; en la acequia de La Delicia es de 18,78 L /s hasta los 23 L/s y finalmente en la acequia de Ingos y Amelia Naranjo es de 19,56 L/s hasta los 33,05 L/s

#### **4.2. Recomendaciones**

- Proteger los cauces, aguas debajo de los sistemas de aforación, con piedras u otros materiales para evitar arrastres y socavones producidos por el agua que cae.
- En épocas de estiaje distribuir el recursos hídricos disponible mediante porcentajes considerando el área de riego y tipo de cultivo existente en la zona.
- Limpiar de manera continua o cuando fuese necesario cada uno de los sistemas de aforación para evitar los errores en la medición de caudales.
- Los canales tienen que estar siempre libre de basura y vegetación ya que puede reducir el área y aumentar la velocidad en ella, siendo necesario limpiar los sedimentos que se pueden acumular en el área del embalse aguas arriba.
- Realizar una limpieza general de la bocatoma para evitar la sedimentación de los residuos en los sistemas de aforación construidos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **ALMEIDA, A.**, Desarrollo de un modelo hidráulico a escala de un canal para implantar un laboratorio en la Universidad san Francisco de Quito., Tesis Ing. Civil., Quito., Escuela de Ingeniería Civil., Facultad de Ingeniería Civil ., Universidad San Francisco de Quito., 2009., Pp. 96.
2. **ALMEIDA, M.**, Instructivos de procesamiento de la información hidrometeorológica., Tesis Ing. Ambiental., Quito., Escuela de Ingeniería Ambiental., Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental., Escuela Politécnica Nacional., 2010., Pp. 299.
3. **ÁVILA, M., SOTELO, G.**, Manual de hidráulica general., 6a ed., México D.F., Limusa ., 1982., Pp. 120-126.
4. **BENITES, C.**, Sistemas hidráulicos de riego diseño y construcción., 1a ed., Lima ., UNSA., 2005., Pp. 265-388

5. **GILES, V.**, Mecánica de los fluidos e hidráulica ,3a. ed., Madrid ., McGraw Hill ., 1986., Pp. 200 – 273.
  
6. **ISRAELSEN, O., HANSEN, V.**, Principios y aplicaciones del riego ., 2da. ed., Madrid., Reverté ., 1985., Pp. 101-135.
  
7. **LINSLEY, J.**, Ingeniería de los recursos hidráulicos., 1a. ed., México D-F., Continental., 1980., Pp. 100-150.
  
8. **OLLAYA, C.**, Diseño y construcción de un equipo semiautomático de descarga de líquidos por orificios para la determinación de la velocidad de salida., Tesis Ing. Química., Riobamba., Escuela de Ingeniería Química., Facultad de Ciencias., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., 2013., Pp. 127.
  
9. **PERRY, R.**, Manual del ingeniero químico., 7a. ed., New York., McGraw Hill., 2000., Pp. 313-369.

10. **VEN TE CHOW.**, Hidráulica de canales abiertos., 3a. ed., México D-F., McGraw Hill., 1994., Pp. 3 - 71.

11. **VILLÓN, M.**, Hidráulica de canales., 2a. ed., Lima., UNSA ., 1994., Pp. 158.

#### **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

#### **12. DETERMINACIÓN DE CAUDALES EN CORRIENTES NATURALES.**

[http://www.umss.edu.bo/epubs/earts/downloads/45.\(pdf\)](http://www.umss.edu.bo/epubs/earts/downloads/45.(pdf))

[http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo\\_hidrometria.](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/aprendiendo_hidrometria)

2012 – 10 – 15

#### **13. INSTALACIÓN DE VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA**

<http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/395>

6/6/BVC10003320\_20.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_31005\\_C.](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_31005_C)

2013 – 03 -15

#### **14. MEDIDORES DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS**

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3165\\_C](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3165_C).  
<http://www.imta.mx/eventos/seminario-potamologia/ponencias/tecnicas-modernas-jorge-rojas>.  
2012 – 11 – 22

#### **15. VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA**

[http://www.artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/2\\_vertederos](http://www.artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/2_vertederos).  
<http://es.scribd.com/doc/55684199/2-vertederos>  
<http://www.fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/.../vertpareddelg.html>  
2012 – 12- 17

#### **16. VERTEDEROS RECTANGULARES**

[http://www.fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/vert\\_rect/index.htm](http://www.fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/vert_rect/index.htm)  
[http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/.../6/BVCI0003320\\_20.pdf](http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/.../6/BVCI0003320_20.pdf)  
2013 – 01 - 15

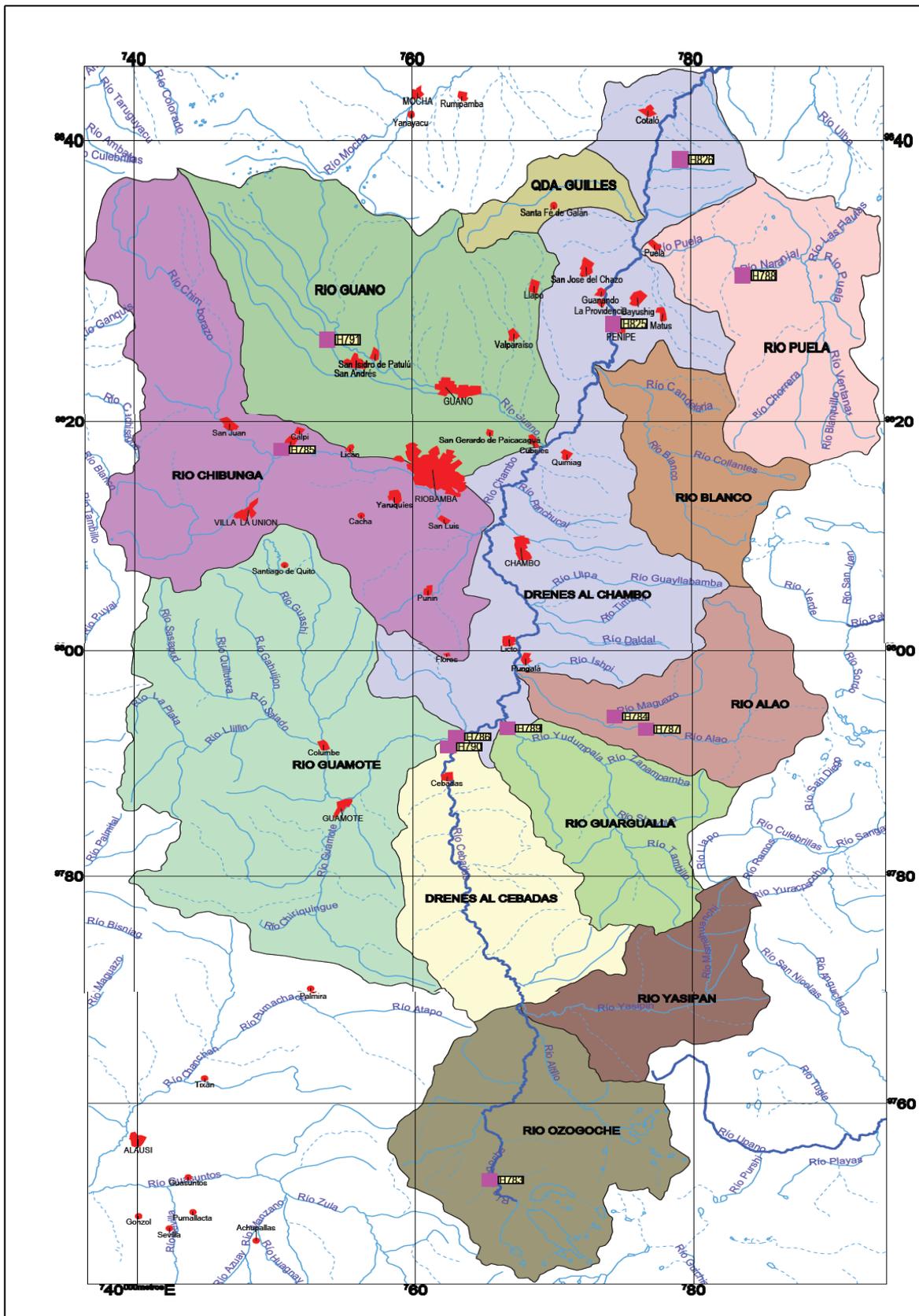
## **17. VERTEDEROS TRIANGULARES**

[www.centrodelagua.cl/.../FICHA%20N°3%20TALER%20PARA%20CEL](http://www.centrodelagua.cl/.../FICHA%20N°3%20TALER%20PARA%20CEL).

<http://es.scribd.com/doc/55684199/2-vertederos>

2013 – 01 – 22

**ANEXOS**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

MAPA DE MICROCUENCAS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA LORENA	1:14	2013/06/14



Secretaría Nacional  
del Agua

**SECRETARÍA NACIONAL DEL AGUA**  
**DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL PASTAZA**  
**CENTRO ZONAL DE RIOBAMBA**

RESOLUCION NÚMERO

085

FECHA DE EMISIÓN:

12/04/2012

FECHA CONCESIÓN

4 de agosto de 1981

PROCESO NÚMERO

138-79

EL LIDER DEL CENTRO ZONAL DE RIOBAMBA EN EJERCICIO LEGAL DE SUS FUNCIONES RESUELVE:  
APROBAR EL ACTA DE ELECCIÓN DEL CONSEJO DE AGUAS DEL

**DIRECTORIO DE AGUAS SAN ISIDRO DE PATULU**

**PERTENECIENTE A LA PARROQUIA:** San Isidro

**DEL CANTON:** Guano

**PROVINCIA DE CHIMBORAZO, REALIZADA EL:** 04-03-2012

**Y EXTENDER LOS NOMBRAMIENTOS PARA LOS SIGUIENTES MIEMBROS DEL CONSEJO**  
**PARA EL AÑO: 2012**

**PRESIDENTE:** Angel Ricardo Coello 060047192-4

**VICEPRESIDENTE:** Milton Valdivieso 060306579-8

**SECRETARIO:** Lauro Gerardo Pulgar G. 060073446-1

**TESORERO:** Luz Elisa Barreno V. 060013780-6

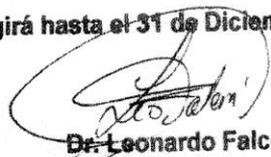
**PROCURADOR SINDICO:** Miguel Valdivieso 060050115-3

**ADMINISTRADOR** Gabriel Silva 060053461-4

**PRIMER VOCAL** Jorge Calderon 060014019-8

**SEGUNDO VOCAL** Mariana Silva 060080600-8

La presente Directiva regirá hasta el 31 de Diciembre del 2012

  
**Dr. Leonardo Falconi Cardenas**  
**LIDER DEL CENTRO ZONAL DE RIOBAMBA**  
**DEMARCAACION HIDROGRAFICA DEL PASTAZA**

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE PASTAZA

CENTRO ZONAL DE RIOBAMBA: Chile 10-51 y Darquea. Telefax: (03)2 960 623 www.senagua.gob.ec

CENTRO ZONAL DE AMBATO: Mariano Castillo 0474 y Antonio José de Sucre esq. Planta baja. Telefax: 2828516

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

DIRECTORIO DE AGUAS SAN ISIDRO DE PATULÚ		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA LORENA	2 : 14	2013/06/14



PRECOMITE SUBCUENCA DEL RIO CHAMBO  
 Dirección de Administración de los Recursos Hídricos



INFORMACION DE LOS USOS Y APROVECHAMIENTOS HIDRICOS DE LA DEMARCAION HIDROGRAFICA DEL PASTAZA

FORMULARIO No. CZRI00391  
 RESPONSABLE (Datos in situ)  
 FECHA (Toma de datos)  
 TIPO DE APROVECHAMIENTO (derecho o hecho)  DERECHO 443

DEMARCAION PASTAZA  
 PROVINCIA CHIMBORAZO  
 CENTRO ZONAL CZ RIOBAMBA  
 SISTEMA HIDROGRAFICO RÍO PASTAZA  
 CANTON GUANO  
 CODIGO PFASTETTER 499684  
 CUENCA HIDROGRAFICA RÍO PASTAZA  
 PARROQUIA SAN ISIDRO DE PATULU (CANTÓN GUANO)  
 SECTOR/MICROCENCA RÍO GUANO  
 SUBCUENCA HIDROGRAFICA RÍO CHAMBO

I AUTORIZACIONES

PROCESO No. 138  
 FECHA DE LA AUTORIZACIÓN INICIAL 10/ABRIL/1995  
 ULTIMA FECHA DE ACTUALIZACION  
 NOMBRE DEL AUTORIZADO INICIAL DIRECTORIO DE AGUAS DE LA ACEQUIA SAN ISIDRO DE PATULU  
 NOMBRE DEL AUTORIZADO ACTUAL DIRECTORIO DE AGUAS DE LA ACEQUIA SAN ISIDRO DE PATULU  
 OBLIGACION TARIFARIA ANUAL  
 TARIFA ANUAL 92.72

F. USO O APROVECHAMIENTO PARA RIEGO

CAUDAL AUTORIZADO 48  
 CAUDAL MEDIDO  
 AREA DE RIEGO (Has) y CULTIVOS 91.07  
 TIPO DE REGANTE  
 FASES DEL SISTEMA DE RIEGO  
 METODOS DE RIEGO  
 FAMILIAS  
 DOTACION 45538.6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

INVENTARIO HÍDRICO ACEQUIA SAN ISIDRO DE PATULÚ		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA CHAUCA LORENA ELIZABETH	3:14	2013/06/14



PRECOMITE SUBCUENCA DEL RIO CHAMBO

Dirección de Administración de los Recursos Hídricos



**INFORMACION DE LOS USOS Y APROVECHAMIENTOS HIDRICOS DE LA DEMARCAACION HIDROGRAFICA DEL PASTAZA**

FORMULARIO No. CZRI00390 1  
 RESPONSABLE (Datos in situ) 2  
 FECHA (Toma de datos) 3  
 TIPO DE APROVECHAMIENTO  DERECHO 445 (derecho o hecho)

DEMARCAACION PASTAZA 100  
 PROVINCIA CHIMBORAZO 4  
 CENTRO ZONAL CZ RIOBAMBA 100  
 SISTEMA HIDROGRAFICO RIO PASTAZA 9  
 CUENCA HIDROGRAFICA RIO PASTAZA 10  
 SUBCUENCA HIDROGRAFICA RIO CHAMBO 11  
 CANTON GUANO 5  
 PARROQUIA SAN ISIDRO DE PATULU (CANTÓN GUANO) 6  
 CODIGO PFASTETTER 499684 7  
 SECTOR/MICROCENCA RIO GUANO 8

**I AUTORIZACIONES**

PROCESO No. 138 12  
 FECHA DE LA AUTORIZACIÓN INICIAL 10/ABRIL/1995 13  
 ULTIMA FECHA DE ACTUALIZACION 14  
 NOMBRE DEL AUTORIZADO INICIAL DIRECTORIO DE AGUAS DE LA ACEQUIA LA DELICIA 15  
 NOMBRE DEL AUTORIZADO ACTUAL DIRECTORIO DE AGUAS DE LA ACEQUIA LA DELICIA 16

**OBLIGACION TARIFARIA ANUAL**  
 TARIFA ANUAL 82.52 192

**F. USO O APROVECHAMIENTO PARA RIEGO**

CAUDAL AUTORIZADO 44.5 57  
 CAUDAL MEDIDO 58  
 AREA DE RIEGO (Has) y CULTIVOS 84.55 76  
 TIPO DE REGANTE  81 REGANTE ESTATAL  82 REGANTE PARTICULAR  206 REGANTE COLECTIVO  207 REGANTE INDIVIDUAL  
 FASES DEL SISTEMA DE RIEGO  69 OPERANDO  70 EN REPARACION  71 EN CONSTRUCCION  
 METODOS DE RIEGO  72 GRAVEDAD  74 ASPERSION  73 GOTEO  75 OTROS  
 FAMILIAS 79  
 DOTACION 45473.68 80

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

INVENTARIO HÍDRICO ACEQUIA LA DELICIA		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA CHAUCA LORENA ELIZABETH	4:14	2013/06/14



PRECOMITE SUBCUENCA DEL RIO CHAMBO

Dirección de Administración de los Recursos Hídricos



### INFORMACION DE LOS USOS Y APROVECHAMIENTOS HIDRICOS DE LA DEMARCACION HIDROGRAFICA DEL PASTAZA

FORMULARIO No.  1  
 RESPONSABLE (Datos in situ)  2  
 FECHA (Toma de datos)  3  
 TIPO DE APROVECHAMIENTO  DERECHO 443 (derecho o hecho)

DEMARCAACION  155  
 PROVINCIA  4  
 CENTRO ZONAL  159  
 SISTEMA HIDROGRAFICO  9  
 CANTON  5  
 CODIGO PFASTETTER  7  
 CUENCA HIDROGRAFICA  10  
 PARROQUIA  6  
 SECTOR/MICROCUENCA  8  
 SUBCUENCA HIDROGRAFICA  11

#### I AUTORIZACIONES

PROCESO No.  12 FECHA DE LA AUTORIZACIÓN INICIAL  13 ULTIMA FECHA DE ACTUALIZACION  14

NOMBRE DEL AUTORIZADO INICIAL  15

NOMBRE DEL AUTORIZADO ACTUAL  16

#### F. USO O APROVECHAMIENTO PARA RIEGO

CAUDAL AUTORIZADO  67

CAUDAL MEDIDO  68

AREA DE RIEGO (Has) y CULTIVOS  76

TIPO DE REGANTE  81 REGANTE ESTATAL

82 REGANTE PARTICULAR

206 REGANTE COLECTIVO

207 REGANTE INDIVIDUAL

FASES DEL SISTEMA DE RIEGO  69 OPERANDO

70 EN REPARACION

71 EN CONSTRUCCION

77

78

FAMILIAS  79

#### OBLIGACION TARIFARIA ANUAL

TARIFA ANUAL  192

METODOS DE RIEGO

72 GRAVEDAD

73 GOTEO

74 ASPERSION

75 OTROS

DOTACION  80

## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

INVENTARIO HÍDRICO ACEQUIA INGOS Y NARANJO AMELIA.

LÁMINA

FECHA

ESCUELA DE ING. QUÍMICA

QUISNANCELA CHAUCA LORENA ELIZABETH

5:14

2013/06/14



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

REUNIONES DE SOCIALIZACIÓN ENTRE USUARIOS		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA LORENA	6:14	2013/06/14



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AFORACIÓN, PUNTO 1		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA LORENA	8:14	2013/06/14



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AFORACIÓN, PUNTO 2		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA LORENA	10:14	2013/06/14



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AFORACIÓN, PUNTO 3		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA LORENA	12:14	2013/06/14



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AFORACIÓN, PUNTO 4		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUISNANCELA LORENA	14:14	2013/06/14