



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO
SEMIAUTOMÁTICO DE DESCARGA DE
LÍQUIDOS POR ORIFICIOS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE
SALIDA”**

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

CARLOTA GEORGINA OLALLA PROCEL

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

¡De repente!, miro la inmensidad del horizonte, reflexiono, hago una introspección, me doy cuenta que una etapa más de la vida estudiantil eh concluido, por lo que doy gracias a Dios por permitirme ser parte de este mundo, por estar conmigo en cada instante de mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a seres nobles y desinteresados que han sido mi soporte y compañía durante todo mi periodo de estudio: mis padres y mi familia

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Química y a la sabia conducción del Ing. Hannibal Brito, Director de Tesis, a la valiosa colaboración y ayuda del Ing. Mario Villacrés Miembro del Tribunal, quienes me brindaron sus conocimientos profesionales y las experiencias de su vida laboral, para hacer de mí una profesional competente y exitosa.

DEDICATORIA

Al amor, abnegación, y sacrificio de mi madre, con quien aún tengo la dicha de compartir mis sueños e ideales. A la memoria de mi padre; su recuerdo siempre permanecerá en mí guiándome por un sendero seguro y sin escollos; ellos han sido siempre mi fortaleza y templanza, su apoyo incondicional ha permitido la culminación de mi 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 Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO SEMIAUTOMÁTICO DE
DESCARGA DE LÍQUIDOS POR ORIFICIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE
LA VELOCIDAD DE SALIDA”, de responsabilidad de la Srta. Egresada Carlota
Georgina Olalla Procel ha sido prolijamente revisada por los Miembros del Tribunal de
Tesis quedando autorizada su presentación.

HOJA DE FIRMAS

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez L.	_____	_____
DECANO FAC. CIENCIAS		
Ing. Mario Villacrés	_____	_____
DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA		
Ing. Hannibal Brito	_____	_____
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. Mario Villacrés	_____	_____
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Tec. Carlos Rodríguez	_____	_____
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN		

HOJA DE RESPONSABILIDAD

Yo, CARLOTA GEORGINA OLALLA PROCEL, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta investigación; y el patrimonio intelectual pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

INDICE DE ABREVIATURAS

V_t	Velocidad teórica (m/s)
G	Gravedad (m/s ²)
h	Diferentes alturas de descarga desde el orificio
V_{rh}	Velocidad real (altura) (m/s)
x	Distancia desde el orificio hasta el punto que cae el líquido en sentido horizontal (m)
y	Distancia desde el orificio hasta el punto que cae el líquido en sentido vertical (m).
C_v	Coefficiente de velocidad
A_o	Área del orificio (m ²)
Φ_2	Diámetro del círculo (m)
l_2	Lado al cuadrado (m)
b	Base del triángulo (m)
h_t	Altura del triángulo (m)
Q_t	Caudal teórico (m ³ /s)
Q_r	Caudal Real (m ³ /s)
V	Volumen (m ³)
t	Tiempo (s)
$V_r\Phi$	Velocidad real (diámetro) (m/s)
C_c	Coefficiente de contracción
C_d	Coefficiente de descarga
A_{tc}	Área transversal del cilindro (m ²)
Φ_1	Diámetro del cilindro (m)
T_d	Tiempo de descarga (s)
H	Altura total desde el orificio (m)
t_r	Tiempo real (s)
Σt	Sumatoria de los diferentes tiempos (s)

n = Número de datos

dr = Descarga real (m^3/s)

R = Rendimiento (%)

V_s = Volumen de salida (m^3)

V_e = Volumen de entrada (m^3)

Q = Caudal (m^3/s)

V = Velocidad (m/s)

Φ_t = Diámetro de la tubería (m^2)

N_{re} = Número de Reynolds (Adimensional)

δ = Densidad del agua (Kg/m^3)

μ = Viscosidad del agua (Kg/ms)

R_r = Rugosidad relativa (m)

E = Rugosidad Absoluta (m)

H_{fL} = Pérdida de carga debida a la fricción.

f = Factor de fricción de Darcy.

L = Longitud de la tubería (m)

h_{fm} = Pérdida de carga por accesorios.

K = Coeficiente de resistencia

h_f = Pérdida de carga total.

$V_{1 y 2}$ = Velocidad (m/s)

$Z_{1 y 2}$ = Altura (m)

$P_{1 y 2}$ = Presión (Kg/m^2)

γ = Peso específico del fluido (Kg/m^3)

H = Carga total de altura (m)

W = Flujo másico (Kg/s)

ε = Eficiencia (%)

H_p = Potencia de la bomba (Kgm/s)

V_c = Volumen del cilindro (m³)

Φ_1 = Área del cilindro (m²)

H = Altura total desde el orificio (m)

V_{tc} = Volumen total del cilindro (m³)

V_c = Volumen del cilindro (m³)

f_s = Factor de seguridad

H_c = Altura del cilindro (m)

V_{tc} = Volumen total del cilindro (m³)

Φ_a = Diámetro asumido (m²)

TABLA DE CONTENIDOS

Pp:

PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDAD	
INDICE DE ABREVIATURAS	
INDICE DE CONTENIDOS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FOTOS	
INDICE DE ANEXOS	

RESUMEN	i
SUMARY	iii
INTRODUCCIÓN	iv
ANTECEDENTES	vi
JUSTIFICACIÓN	viii
OBJETIVOS	x

CAPITULO I	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. DEFINICIÓN DE FLUIDO	1
1.1.1. PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS FLUIDOS	2
1.1.1.1. Líquidos	2
1.1.2. PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS	2
1.1.2.1. Viscosidad	2
1.1.2.2. Fluidez	3
1.1.2.3. Presión de vapor	3
1.1.3. GENERALIDADES DEL AGUA	3
1.1.4. PROPIEDADES DEL AGUA	4
1.1.5. CALIDAD DE AGUA	5
1.1.6. INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA	5
1.1.6.1. Dureza	6
1.1.6.2. pH	7
1.1.6.3. Sólidos Totales	7
1.2. EQUIPO DE DESCARGA DE LÍQUIDOS POR ORIFICIOS	8
1.2.1. TIEMPO DE DESCARGA DE FLUIDOS POR ORIFICIOS	8

1.2.2.	ORIFICIOS	8
1.2.2.1.	Orificio con Borde en Cuadrante	9
1.2.2.2.	Orificios Segmentales o Excéntricos	9
1.2.2.3.	Orificios Anulares	9
1.2.3.	CONSTANTES DE LOS ORIFICIOS	10
1.2.4.	VELOCIDAD DE SALIDA DE UN LÍQUIDO	10
1.2.5.	GATO DE TIJERA	10
1.2.6.	VÁLVULA DE PASO	11
1.2.7.	PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)	11
1.2.8.	BOMBA DE RECIRCULACIÓN	12
1.3.	DISEÑO	12
1.3.1.	Teorema de Toricelli	12
1.3.1.1.	Velocidad Teórica	13
1.3.2.	Velocidad Real (altura)	13
1.3.3.	Coeficiente de Velocidad	14
1.3.4.	Área de los diferentes orificios	14
1.3.4.1.	Área del orificio circular	15
1.3.4.2.	Área del orificio cuadrado	15
1.3.4.3.	Área del orificio triangular	15
1.3.5.	Caudal Teórico	15
1.3.6.	Caudal Real	16
1.3.6.1.	Aplicaciones de los caudales teórico y real	16
1.3.7.	Velocidad Real (Diámetro)	16
1.3.8.	Coeficiente de contracción	17
1.3.9.	Coeficiente de descarga	17
1.3.10.	Área transversal del cilindro	17
1.3.11.	Tiempo de Descarga	18
1.3.12.	Tiempo Real	19
1.3.12.1.	Aplicaciones del tiempo	19
1.3.13.	Descarga real	19
1.3.14.	Rendimiento del equipo	20
1.3.15.	Eficiencia del Equipo	20
1.3.15.1.	Caudal	20
1.3.15.2.	Velocidad	21
1.3.15.3.	Número de Reynolds	21

Pp:

1.3.15.4.	Rugosidad Relativa	21
1.3.15.5.	Factor Fanning	22
1.3.15.6.	Pérdidas por fricción	22
1.3.15.7.	Perdidas por accesorios	23
1.3.15.8.	Pérdidas Totales	23
1.3.15.9.	Ecuación de Bernoulli	23
1.3.15.10.	Flujo másico	24
1.3.15.11.	Eficiencia	24
1.3.16.	Volumen del cilindro (Dimensionamiento)	25
1.3.17.	Volumen total del cilindro (Dimensionamiento)	25
1.3.17.1.	Aplicaciones del volumen	26
1.3.18.	Altura del cilindro (Dimensionamiento)	26
CAPITULO II		27
2.	PARTE EXPERIMENTAL	27
2.1.	MUESTREO	27
2.1.1.	Muestreo de Agua	27
2.1.2.	Muestreo del proceso de descarga de líquidos por orificios	29
2.2.	METODOLOGIA	29
2.2.1.	Métodos y Técnicas	29
2.2.1.1.	Métodos	29
2.2.1.2.	Método Inductivo	30
2.2.1.3.	Método Deductivo	30
2.2.1.4.	Método Descriptivo	30
2.2.1.5.	Técnicas	31
2.3.	DATOS EXPERIMENTALES	36
2.3.1.	Datos	36
2.3.1.1.	pH del agua	36
2.3.1.2.	Sólidos totales del agua	37
2.3.1.3.	Dureza del agua	37
2.3.1.4.	Descarga de Líquidos por Orificios de Laboratorio	38
2.3.1.5.	Datos Adicionales	43
CAPITULO III		44
3.	DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	44
3.1.	CÁLCULOS	44

Pp:

3.1.1.	Velocidad Teórica	44
3.1.2.	Velocidad Real (Altura)	44
3.1.3.	Coeficiente De Velocidad	45
3.1.4.	Área Del Orificio	45
3.1.5.	Caudal Teórico	45
3.1.6.	Caudal Real	46
3.1.7.	Velocidad real (Diámetro)	46
3.1.8.	Coeficiente De Contracción	46
3.1.9.	Coeficiente De Descarga	46
3.1.10.	Área Transversal Del Cilindro	47
3.1.11.	Tiempo De Descarga	47
3.1.12.	Tiempo Real	47
3.1.13.	Descarga Real	47
3.1.14.	Rendimiento del Equipo	48
3.1.15.	Eficiencia del Equipo	48
3.1.15.1.	Caudal	48
3.1.15.2.	Velocidad	48
3.1.15.3.	Número de Reynolds	49
3.1.15.4.	Rugosidad Relativa	49
3.1.15.5.	Factor Fanning	50
3.1.15.6.	Pérdidas por fricción	50
3.1.15.7.	Perdidas por accesorios	50
3.1.15.8.	Pérdidas Totales	51
3.1.15.9.	Ecuación de Bernoulli	51
3.1.15.10.	Flujo másico	51
3.1.15.11.	Eficiencia	52
3.1.16.	Volumen del cilindro (Dimensionamiento)	52
3.1.17.	Volumen total del cilindro (Dimensionamiento)	52
3.1.18.	Altura del cilindro (Dimensionamiento)	52
3.2.	RESULTADOS	53
3.3.	PROPUESTA	58
3.3.1.	Diseño del Equipo de Descarga de Líquidos por Orificios	60
3.4.	CONSTRUCCION DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	61
3.4.1.	Materiales	61
3.4.2.	Acero Inoxidable 304	61

	Pp:
3.4.3. Controlador lógico programable (PLC)	62
3.4.4. Selección de accesorios	62
3.4.4.1. Válvula de Paso	62
3.4.4.2. Gato de Tijera	63
3.4.4.3. Bomba de recirculación	63
3.4.5. Máquinas y Equipos utilizados	63
3.4.6. Construcción del Equipo	64
3.5. OPERACIÓN DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	65
3.6. MANTENIMIENTO	66
3.7. REQUERIMIENTO PRESUPUESTARIO	67
3.7.1. Recursos Humanos	67
3.7.2. Recursos Materiales	67
3.7.3. Recursos Totales	68
3.8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	68
CAPITULO IV	71
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
4.1. CONCLUSIONES	71
4.2. RECOMENDACIONES	71
CAPITULO V	72
BIBLIOGRAFIA	72
BIBLIOGRAFIA DE INTERNET	73
ANEXOS	77

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp:
1.2-1 Tanque de almacenamiento para petróleos de Gran Capacidad	8
1.2.6-1 Válvula de Paso	11
1.2.7-1 Controlador Lógico Programable	12
1.3.1-1 Vaciado de Tanques	13
1.3.12-1 Descarga de Líquidos por orificios	18
3.2-1 Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs Vrh) a una altura del cilindro de 0,12m	54
3.2-2 Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs Vrh) a una altura del cilindro de 0,22m	55
3.2-3 Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs Vrh) a una altura del cilindro de 0,32m	56
3.2-4 Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs Vrh) a una altura del cilindro de 0,415m	58
3.4.2-1 Especificaciones del Acero Inoxidable 304	61

INDICE DE TABLAS

TABLA	Pp:
1.1.1-1 Propiedades Fundamentales	2
1.1.4-1 Propiedades Físicas del Agua	4
1.1.6.1-1 Tipos de Agua en base a la dureza	6
1.2.3-1 Valores de Constantes para Algunos Orificios	10
2.1.1-1 Muestreo	28
2.1.1-2 Cantidad de muestras	28
2.2.1.5-1 Proceso de Descarga de Líquidos por Orificios	32
2.2.1.5-2 Determinación De La Dureza Total Por Titulación Con Edta	33
2.2.1.5-3 Determinación Del Residuo Total Seco	34
2.2.1.5-4 Determinación Del pH	35
2.3.1.1-1 Datos del pH del agua de Laboratorio de Operaciones Unitarias	36
2.3.1.2-1 Datos de los sólidos totales del agua	37
2.3.1.3-1 Datos de la dureza del agua	37
2.3.1.4-1 Datos Experimentales a la altura de 0,12m – Circular (0,15m)	38
2.3.1.4-2 Datos Experimentales a la altura de 0,12m – Cuadrado (0,24m)	38
2.3.1.4-3 Datos Experimentales a la altura de 0,12m – Triangular (0,33m)	38
2.3.1.4-4 Datos Experimentales a la altura de 0,22m – Circular (0,25m)	39
2.3.1.4-5 Datos Experimentales a la altura de 0,22m – Cuadrado (0,34m)	39
2.3.1.4-6 Datos Experimentales a la altura de 0,22m – Triangular (0,43m)	39
2.3.1.4-7 Datos Experimentales a la altura de 0,32m – Circular (0,35m)	40
2.3.1.4-8 Datos Experimentales a la altura de 0,32m – Cuadrado (0,44m)	40
2.3.1.4-9 Datos Experimentales a la altura de 0,32m – Triangular (0,53m)	40
2.3.1.4-10 Datos Experimentales a la altura de 0,415m – Circular (0,445m)	41
2.3.1.4-11 Datos Experimentales a la altura de 0,415m – Cuadrado (0,534m)	41
2.3.1.4-12 Datos Experimentales a la altura de 0,415m – Triangular (0,625m)	41
2.3.1.5-1 Datos adicionales para la eficiencia del equipo	43
2.3.1.5-2 Datos adicionales para el dimensionamiento del equipo	43
3.2-1 Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,12m – Circular (0,15m)	53
3.2-2 Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,12m – Cuadrado (0,24m)	53

3.2-3	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,12m – Triangular (0,33m)	53
3.2-4	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,22m – Circular (0,25m)	54
3.2-5	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,22m – Cuadrado (0,34m)	54
3.2-6	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,22m – Triangular (0,43m)	55
3.2-7	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,32m – Circular (0,35m)	55
3.2-8	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,32m – Cuadrado (0,44m)	56
3.2-9	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,32m – Triangular (0,53m)	56
3.2-10	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,415m – Circular (0,445m)	57
3.2-11	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,415m – Cuadrado (0,534m)	57
3.2-12	Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,415m – Triangular (0,625m)	57
3.3-1	Dimensionamiento del Equipo	59
3.3.1-1	Diseño del Equipo	60
3.4.2-1	Especificaciones del Acero Inoxidable 304	61
3.7.1-1	Recursos Humanos	67
3.7.2-1	Recursos Materiales	67
3.7.3-1	Recursos Totales	68

INDICE DE FOTOS

FOTOGRAFIA	Pp:
2.1.1-1 Muestra Laboratorio Operaciones Unitarias recolectada para su análisis	29
2.3.2.1-1 Medida del pH de la muestra del agua	36
2.3.1.4-1 Proceso de Descarga de Líquidos por orificios	42
2.3.1.4-2 Altura del tanque más orificio	42
2.3.1.4-3 Distancia del Chorro	42
2.3.1.4-4 Volumen y Tiempo registrados en el PLC	43

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	Pp:
I DIMENSIONES PARTE IZQUIERDA DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	78
II DIMENSIONES PARTE FRONTAL DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	79
III DIMENSIONES PARTE POSTERIOR DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	80
IV DIMENSIONES PARTESUPERIOR E INFERIOR DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	81
V DIMENSIONES PARTE FRONTAL E IZQUIERDA DE LOS ORIFICIOS	82
VI VISTA EN 3D LATERAL	83
VII VISTA EN 3D POSTERIOR	84
VIII EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS	85
IX ANALISIS QUIMICO DEL AGUA DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESPOCH	86
X DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 1)	87
XI DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 2)	88
XII DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 3)	89
XIII DETERMINACION DEL PH (HOJA 1)	90
XIV DETERMINACION DEL PH (HOJA 2)	91
XV DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 1)	92
XVI DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 2)	93
XVII DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 3)	94
XVIII RUGOSIDAD RELATIVA	95
XIX DIAGRAMA DE MOODY	96
XX COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K) (HOJA 1)	97
XXI COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K) (HOJA 2)	98
XII ALTURAS Y LONGITUDES DEL SISTEMA DE BOMBEO	99

RESUMEN

Diseño y Construcción de un Equipo Semiautomático de Descarga de Líquidos por Orificios para la Determinación de la Velocidad de Salida para el Laboratorio de Operaciones Unitarias, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

El método analítico permitió realizar el análisis químico del agua de Laboratorio de Operaciones Unitarias para la selección del material tomando como referencia las NTE 974, 973 y 972, determinar las ecuaciones para efectuar el cálculo de la velocidad de salida, obtener datos experimentales y variables de proceso mediante ensayos de laboratorio de Descarga de Líquidos por Orificios para el correcto diseño y construcción; el equipo está construido de acero inoxidable AISI 304, con un cilindro que tiene en su parte frontal tres orificios de diferentes geometrías, un tanque reservorio, una bomba de recirculación, tuberías y válvulas de paso.

El volumen de descarga por el orificio es aproximadamente de 4L, con un tiempo máximo de descarga de 230s, obteniéndose una velocidad real en base a la altura de 2,49m/s y una velocidad real en base al orificio de 2,47m/s; además presenta un rendimiento del equipo del 95% y una eficiencia del 85%, dicho valor se dio por las propuestas de construcción del equipo con materiales y especificaciones adecuadas, recursos utilizados en el proyecto y los logros conseguidos con el mismo

Se concluye que el equipo que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias contribuirá al desarrollo teórico y práctico de los estudiantes tanto en la ingeniería actual como en las competencias profesionales.

Se recomienda seguir el manual de procedimiento del equipo para evitar desperfectos durante su manipulación y errores en la toma de datos.

SUMMARY

Design and construction of a Semi-automatic Orifice Liquid Discharge Equipment in order to determine the outflow speed for the Unit Operations Lab. at Chemical Engineering School from ESPOCH.

The analytical method allowed carrying out the Chemical analysis of the Unit Operations lab water, in order to select the material by taking into account the 974, 973 and 972 ETN (Ecuadorian Technical Norm) as a reference for determining the equations and then to calculate the outflow speed, to obtain experimental data and process variables by means of Orifice Liquid Discharge lab testing for the correct design and construction of the equipment; this is made of AISI 304 stainless steel, with a cylinder which has three holes of different geometry in the front, a reservoir, a recirculation pump, pipes and flow valves.

The orifice discharge volume is approximately 4L, with a maximum discharge time of 125s, obtaining in this way a real speed based on the height 1,85m/s, and real speed based on the orifice 1,72m/s; it also showed an equipment performance in a 95% and an efficiency in a 85%, this value is the result of the construction proposals for the equipment by using the correct materials and specifications, as well as the resources used in the project and the obtained results.

It is concluded that the equipment which is in the Unit Operations Lab will contribute in the theoretical and practical improvement of the students in both, present engineering and in professional skills.

It is recommended to follow the operating procedure of the equipment in order to avoid damage during handling and errors in data collection.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo científico y tecnológico es sorprendente, lo que permite una innovación constante de los sistemas de producción en las diferentes áreas industriales, por lo que, se hace indispensable la actualización de conocimientos que hagan posible de una manera clara y sencilla realizar los diferentes procesos investigativos en el laboratorio hasta lograr lo que se busca, en este caso alcanzar el proceso de descarga de líquidos por orificios

En este proyecto se contemplará el caso particular de orificios practicado directamente sobre la pared de un depósito con fluido, en el mismo que se visualizar y cuantificar la incidencia del fluido a través de medidores, para obtener los correspondientes valores de tiempo, altura y volumen; se probará las distintas geometrías de orificio, y, en cada caso se compararán los caudales ideales y reales, además de otras variables dependiendo de las condiciones de trabajo

La metodología empleada se inició con el análisis químico del agua del Laboratorio de Operaciones Unitarias tomando muestras aleatorias por el lapso de una semana obteniéndose 10 muestras, análisis que nos ayudaron a seleccionar de manera eficiente el material para la construcción del equipo

Luego la revisión bibliográfica para conocer las ecuaciones que permitan los cálculos respectivos y simulación en un equipo manual de descarga de líquidos por orificios para obtener valores y variables que ayuden en el dimensionamiento y diseño, mismo que cumplió con todos los requerimientos necesarios.

Este equipo consta de un tanque cilíndrico de acero inoxidable, con una carga máxima de 40L, con orificios de distintas geometrías instalados en la parte frontal, con sus

respectivas llaves de paso; una manguera niveladora que permite medir la altura del nivel del líquido que se va descargando, una bomba para recircular y transportar el líquido al interior del cilindro por medio de una tubería desde el tanque reservorio; un PLC donde se registrarán, el tiempo de descarga, volumen descargado, distancia del chorro, la altura del cilindro desde la base de la mesa y las diferentes alturas.

Finalmente con el equipo ya construido se realizaron las prácticas experimentales, para validar el equipo, se obtuvieron los datos, que sirvieron para la realización de los cálculos correspondientes al proceso de descarga de líquidos por orificios, demostrando de esta manera que el equipo cumple con los objetivos planteados ofreciendo una solución eficiente al proceso englobado de la empresa privada.

De esta manera la Escuela de Ingeniería Química, mediante los estudios realizados en la descarga de fluidos, contribuye a aumentar y enriquecer la formación técnica recibida en la Universidad con una visión real y práctica.

ANTECEDENTES

Uno de los capítulos estudiados en la cátedra de Mecánica de Fluidos es el de Descarga de Líquidos por Orificios, siendo uno de los métodos utilizados para medir los caudales bajo la incidencia de la presión atmosférica, este tipo de equipo es utilizado en las industrias, especialmente cuando se necesita almacenar líquidos y luego ser descargados, ya sea en recipientes pequeños o tanques de almacenamiento de gran capacidad.

En Inglaterra se han producido la mayoría de diseños de equipos industriales y una de ellas es la de descarga de líquidos por orificios, los equipos no son solo proyectos realizados por estudiantes de algunas universidades, sino también por empresas con fines de venta hacia otros países, y este es el caso de Armfield una compañía que se mantiene líder en el mercado conservando valores esenciales de calidad, innovación y servicio

EEUU y España también se suman a la construcción de dichos equipos que han sido realizados no solo por estudiantes con fines de aprendizaje sino también por profesionales con fines industriales

En las diferentes universidades del país existen equipos de descarga por orificios, desarrollados con el fin de que sirva de guía a los estudiantes para ejercer en los laboratorios de materias como: mecánica de fluidos, operaciones unitarias, hidráulica, etc.

En el año de 1998 diseñaron y construyeron un equipo manual para el estudio de la Descarga por Orificio, el cual se construyó en el Laboratorio de Química Industrial de la escuela de Ingeniería Química, este equipo totalmente manual tuvo una vida útil de

aproximadamente 11 años, actualmente no se encuentra en óptima condiciones para su utilización en prácticas de laboratorio, porque da resultados erróneos.

En la actualidad en la Escuela de Ingeniería Química, existe un equipo que permite un trabajo técnico – práctico en el Laboratorio de Operaciones Unitarias relacionado a la Descarga de Líquidos por Orificios, siendo una adquisición para los fines didácticos respectivos y para el mejor desempeño de los estudiantes de Ingeniería Química.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe la necesidad de construir un equipo de Descarga por Orificios con un nuevo sistema, que facilite al estudiante de Ingeniería Química realizar sus ensayos y prácticas para obtener resultados más confiables y lograr mayor entendimiento teórico y práctico.

La finalidad o alcance de éste trabajo de investigación es primeramente diseñar un equipo de descarga por orificio en forma científica y técnica y segundo lograr un conocimiento claro y preciso del cálculo de la velocidad de salida

Este trabajo tiene como fin la construcción de un equipo semiautomático de descarga de líquidos por orificios para calcular la velocidad de salida del mismo, siendo éste equipo de utilidad para estudiantes de la carrera de Ingeniería Química y profesionales, utilizando una metodología experimental, que permita realizar los cálculos de ingeniería para poder validar el equipo.

El equipo implementado, cumplió con todos los requerimientos necesarios, se realizó la determinación de las variables del proceso como: altura, distancia, volumen, tiempo, etc.

Para plasmar estos requerimientos, se ha visto la necesidad de desarrollar e implementar un equipo de descarga de líquidos por orificios, cuya función principal es la de comprobar de manera práctica la velocidad de salida a nivel de laboratorio, éste podrá ser utilizado como patrón para procesos a nivel industrial, servirá para el avance y desarrollo práctico, productivo y científico del intelecto de los alumnos de Ingeniería Química en el laboratorio de operaciones unitarias

En el Laboratorio de Operaciones Unitarias existe un equipamiento que permite complementar lo teórico con lo práctico, sin embargo, existe la necesidad de contar con más equipos didácticos que tengan aplicaciones reales acorde con la tecnología actual que de oportunidad al estudiante de la Escuela de Ingeniería Química estar al nivel de las exigencias del sector productivo del país, que se encuentra en un proceso de adquisición y desarrollo tecnológico.

OBJETIVOS

GENERAL

- Realizar el diseño y Construcción de un equipo semiautomático de líquidos por orificios para la determinación de la velocidad de salida

ESPECÍFICOS

- Caracterizar el agua de laboratorio para la selección de material
- Identificar las variables de proceso necesarias para la construcción del equipo
- Efectuar los cálculos del proceso de descarga para determinar la velocidad de salida
- Realizar la validación del equipo

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1.DEFINICIÓN DE FLUIDO¹:

Fluido es un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas hay una fuerza de atracción débil.

Los fluidos se caracterizan por cambiar de forma sin que existan fuerzas que tiendan a recuperar la forma "original" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable).

Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre si por fuerzas cohesivas débiles y/o las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases.

Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propios y son mucho menos viscosos (casi fluidos ideales).

¹Fluido - <http://es.wikipedia.org/wiki/Fluido>, 2012

1.1.1. PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS FLUIDOS

TABLA 1.1.1-1

Propiedades Fundamentales

Propiedad	Símbolo	Unidades
Densidad	ρ	Kg m ⁻³
Volumen Específico	v	m ³ Kg
Peso Específico	γ	Kg m ⁻² s ⁻¹
Coef. Compresibilidad	E	Pa
Coef. Expansión Térmica	β	K ⁻¹
Módulo Elasticidad	K	Pa
Viscosidad	μ	Kg m ⁻¹ s ⁻¹ (Poiseuille)
Viscosidad cinemática	ν	m ² s ⁻¹
Tensión Superficial	σ	N m ⁻¹

FUENTE: Propiedades Fundamentales de los Fluidos - <http://www.buenastareas.com/ensayos/Analsis-De-Descargas-Por-Orificios/1306077.html>

1.1.1.1.Líquidos

El líquido es un estado de agregación de la materia en forma de fluido altamente incompresible (lo que significa que su volumen es, muy aproximadamente, constante en un rango grande de presión).

1.1.2. PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS

1.1.2.1.Viscosidad

La viscosidad de un líquido crece al aumentar el número de moles y disminuye al crecer la temperatura. La viscosidad también está relacionada con la complejidad de las moléculas que constituyen el líquido: es baja en los gases inertes licuados y alta en los aceites pesados. Es una propiedad característica de todo fluido (líquidos o gases).

La viscosidad es una medida de la resistencia al desplazamiento de un fluido cuando existe una diferencia de presión.

1.1.2.2.Fluides

La fluides es una característica de los líquidos y/o gases que les confiere la habilidad de poder pasar por cualquier orificio o agujero por más pequeño que sea, siempre que esté a un mismo o inferior nivel del recipiente en el que se encuentren (el líquido y el gas), a diferencia del restante estado de agregación conocido como sólido. Fluides es el opuesto de viscosidad, ambas se relacionan con la temperatura y la presión. A mayor temperatura más fluides tiene un líquido y menos fluides tiene un gas.

1.1.2.3.Presión de vapor

Presión de un vapor en equilibrio con su forma líquida, la llamada presión de vapor, sólo depende de la temperatura; su valor a una temperatura dada es una propiedad característica de todos los líquidos.

También lo son el punto de ebullición, el punto de solidificación y el calor de vaporización (esencialmente, el calor necesario para transformar en vapor una determinada cantidad de líquido).

1.1.3. GENERALIDADES DEL AGUA

El agua es uno de los componentes principales de la naturaleza, indispensable para la vida de todos los seres vivos. Se llama agua a la combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno que en conjunto forman la molécula de nomenclatura H₂O.

"El agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce que poseemos en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituido por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos."²

El agua pura es incolora, inodora, insípida, y mala conductora de la electricidad, es el único de todos los elementos naturales que aparece sobre la tierra en estado sólido, líquido y gaseoso al mismo tiempo en un mismo ambiente.

Es empleada en un sin número de actividades tales como: uso doméstico, industrial, entre otras

1.1.4. PROPIEDADES DEL AGUA

TABLA 1.1.4-1

Propiedades Físicas del Agua

PROPIEDAD	VALORES
Punto de fusión	0 C
Calor latente de fusión	79 calorías /g
Punto de ebullición	100 C
Calor latente de evaporación	537 calorías/g
Densidad del agua líquida a 0 C	0,99987 g/cm ³
Densidad a 4 C	1 g / cm ³
Calor específico	1 caloría/ g C
Viscosidad a 4 C	0,01568 g/cm.s
	0,01568 cm ² /s

²Calidad del Agua -<http://www.buenastareas.com/ensayos/Calidad-De-Agua/834877.html>, 2012

Punto de Congelación	0 C
Temperatura crítica	374,2 C
Presión crítica	218,4 atm

FUENTE: *Propiedades Físicas del Agua* - BRITO.H., Texto Básico de Mecánica de fluidos., Riobamba –Ecuador, 2007., Pp. VI

1.1.5. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable la sílice.

El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua.

1.1.6. INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de auto depuración.

Hay una serie de parámetros en el agua que intervienen no sólo en la calidad de la misma sino en el mantenimiento de cualquier instalación

1.1.6.1.Dureza

Desde el punto de vista sanitario, la dureza del agua no tiene ninguna relación con la salud, por lo que es irrelevante consumir agua de alta o baja dureza, sin embargo, el exceso de dureza hacen el agua desagradable para su empleo en servicios y en la industria.

Si la cantidad de calcio y magnesio es muy alta, cuando el agua se evapora o cuando cambian sus condiciones, se satura la solución y se forma un precipitado de carbonato de calcio y de hidróxido de magnesio que causan formación de sarro en equipos y tuberías y en algunos equipos industriales dañan éstos irreversiblemente.

Para disminuir la dureza a valores adecuados, se emplean resinas de intercambio iónico o se emplea el proceso de precipitación química de calcio y magnesio, en función de la concentración de mg de CaCO_3 , podemos distinguir distintos tipos de agua:

TABLA 1.1.6.1-1

Tipos de Agua en base a la dureza

Clasificación	Dureza (mg CaCO_3/l)
Blandas	0 – 100
Moderadamente duras	101 - 200
Duras	200 – 300
Muy duras	> 300

FUENTE: Dureza -www.hidrotec.com

1.1.6.2.pH

La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. No mide el valor de la acidez o alcalinidad

Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino.

“La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino, puede ser indicio de una contaminación industrial. El valor del pH en el agua, es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua”³.

1.1.6.3.Sólidos Totales

“Se define como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 -105 C. El valor de sólidos totales incluye materias disueltas (sólidos disueltos totales: porción que pasa a través del filtro) y no disuelto (sólidos suspendidos totales: porción de sólidos totales retenidos por un filtro). Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras, las aguas altamente mineralizadas no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales”⁴

³pH - <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/PH/pH.htm>, 2012

⁴Sólidos Totales - <http://es.calameo.com/read/0002796592bf31085cf85>, 2012

1.2.EQUIPO DE DESCARGA DE LÍQUIDOS POR ORIFICIOS⁵

Es una de las aplicaciones importantes de los fenómenos de transferencia de cantidad de movimiento, ya que son utilizadas en las industrias, especialmente cuando se necesita almacenar líquidos y luego ser descargados, ya sea en recipientes pequeños o tanques de almacenamiento de gran capacidad.

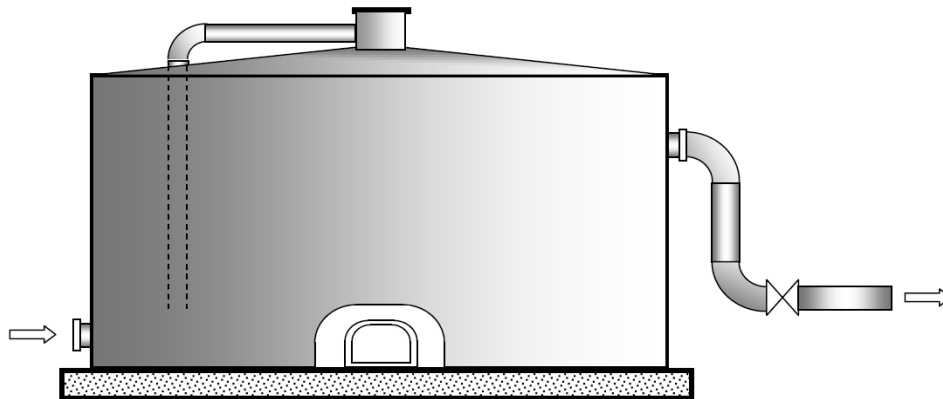


Fig. 1.2-1 Tanque de almacenamiento para petróleos de Gran Capacidad

1.2.1. TIEMPO DE DESCARGA DE FLUIDOS POR ORIFICIOS

En todas las aplicaciones de descarga de líquidos por orificios es muy necesaria la determinación del tiempo de vaciado de los mismos

1.2.2. ORIFICIOS⁶

Un orificio es un conducto por el cual se descarga un fluido en el cual la longitud del tubo instalado es menor que dos veces el diámetro del orificio y dentro de ellos se tiene:

⁵Equipo de Descarga de Líquidos por Orificios - BRITO.H., Texto Básico de Mecánica de fluidos., Riobamba –Ecuador, 2007., Pp. 112-116

⁶Orificios - BRITO.H., Texto Básico de Mecánica de fluidos., Riobamba –Ecuador, 2007., Pp. 112-116

1.2.2.1.Orificio con Borde en Cuadrante

Tienen el borde redondeado en el lado corriente arriba de, la placa. El radio del borde cuadrante igual al espesor de la placa en la ubicación del orificio. Las ventajas que ofrece esta clase de orificio en comparación con los de borde a escuadra o borde biselado son coeficientes de descarga constante que se extienden a número de Reynolds más bajos y tiene una menor posibilidad de cambios importantes en dichos coeficientes debido a la erosión o a otros daños causados a la forma de la entrada.

1.2.2.2.Orificios Segmentales o Excéntricos

Se emplean a menudo para medir gases cuando existe una posibilidad de que los líquidos o sólidos arrastrados se acumulen frente a orificios circulares excéntricos. Esto puede evitarse situando la abertura en la porción inferior a la tubería.

Para un flujo líquido que arrastra un gas, la abertura se coloca en el lado superior. Las tomas de presión deben situarse en el lado opuesto de la tubería con relación a la abertura.

1.2.2.3.Orificios Anulares

Se utilizan también ventajosamente para medir gases cuando existe la posibilidad de que arrastren líquidos o sólidos y también para medir líquidos que arrastran un gas que está presente en concentraciones pequeñas.

1.2.3. CONSTANTES DE LOS ORIFICIOS⁷

TABLA 1.2.3-1

Valores de Constantes para Algunos Orificios

Coefficiente / Tipo de Orificio	C_v	C
Orificio	0,97	0,62
Orificio Externo	0,82	0,82
Orificio Interno	0,71	0,71
Orificio Convergente	0,4 – 0,50	0,45 – 0,50
Orificio Divergente	0,96	0,94
Orificio Cónico	0,98	0,98

FUENTE: Constantes de los Orificios - BRITO.H., Texto Básico de Mecánica de fluidos., Riobamba –Ecuador, 2007., Pp. 116

1.2.4. VELOCIDAD DE SALIDA DE UN LÍQUIDO

La velocidad de salida de un líquido por un orificio, es la caída libre al vacío desde una altura h , siendo h la altura de la columna de fluido, ya que cada chorro del líquido presenta distinto alcance; se realiza el experimento primero para un depósito el cual tiene caudal de entrada cero y se calcula el coeficiente de contracción a la salida del depósito

1.2.5. GATO DE TIJERA

Funciona como un mecanismo de tornillo. Su popularidad se debe a su capacidad para generar una gran ventaja mecánica, es decir, una gran amplificación de la fuerza a partir de un brazo manual.

⁷Constante de los Orificios - BRITO.H., Texto Básico de Mecánica de fluidos., Riobamba –Ecuador, 2007., Pp. 112-116

El mecanismo de este tipo de gatos no sólo permiten levantar se extiende el mecanismo de tijera, sino que también lo mantienen levantado gracias a la resistencia del tornillo, sin el cual el gato volvería a doblarse automáticamente.

Este gato está debajo del cilindro para subir y bajar a diferentes alturas con las que se quiera trabajar

1.2.6. VÁLVULA DE PASO

“Una válvula de paso o válvula de corte, es un dispositivo, generalmente de metal, alguna aleación o más recientemente de polímeros o de materiales cerámicos, usado para dar paso o cortar el flujo de agua u otro fluido por una tubería o conducción en la que está inserto.”⁸

Además de servir para cortar el paso, tienen la función de evitar que el agua circule en la dirección contraria a la deseada (reflujo)



Fig. 1.2.6-1 Válvula de Paso

1.2.7. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

⁸Válvula de Paso - http://es.wikipedia.org/wiki/Llave_de_paso, 2012

Los PLC sirven para realizar automatismos; son dispositivos electrónicos que reproducen programas informáticos, que permiten controlar procesos. Estos equipos pueden contar tanto con salidas como entradas del tipo Analógico y/o Digital.

Son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo



Fig. 1.2.7-1 Controlador Lógico Programable

1.2.8. BOMBA DE RECIRCULACIÓN

La función de la bomba de recirculación es reducir el desperdicio de agua misma que se pondrá debajo del tanque reservorio para recircular el agua total al cilindro

1.3.DISEÑO

1.3.1. Teorema de Toricelli

A partir del teorema de Torricelli se puede calcular el caudal de salida de un líquido por un orificio, donde la velocidad de vaciado de un tanque depende de la altura en que esta el cilindro y la ubicación del orificio de descarga

Fue expuesto por Evangelista Toricelli

Se aplica en tuberías, flujo de fluido desde un tanque, dispositivos de Venturi, diseño de reactores, chimenea, carburador de automóvil, aviación, natación

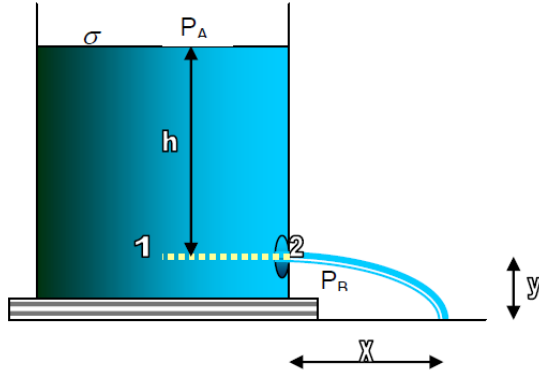


Fig. 1.3.1-1 Vaciado de Tanques

1.3.1.1. Velocidad Teórica

Es la velocidad de descarga de un fluido por el interior de un orificio y tenemos la siguiente expresión:

$$V_t = \sqrt{2gh} \quad \text{Ec: 1.3.1.1-1}$$

Dónde:

V_t : velocidad teórica (m/s)

g : gravedad (m/s^2)

h : Diferentes alturas de descarga desde el orificio

1.3.2. Velocidad Real (altura)

La velocidad real se la calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_{rh} = \frac{x}{\sqrt{\frac{2y}{g}}} \quad \text{Ec: 1.3.2-1}$$

Dónde:

V_{rh}: velocidad real (altura) (m/s)

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

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

g: gravedad (m/s²)

1.3.2.1. Aplicaciones de las velocidades

Se aplica para realizar cálculos de velocidades de salida de un líquido ya sea por una tubería, plantas hidroeléctricas, vertederos, orificios, hidromasaje, etc.

1.3.3. Coeficiente de Velocidad

El coeficiente de velocidad C_v es adimensional y es la relación entre la velocidad real de la corriente y la velocidad teórica (altura) que se tendría sin rozamiento

$$C_v = \frac{v_{rh}}{v_t} \quad \text{Ec: 1.3.3-1}$$

Dónde:

C_v: coeficiente de velocidad

V_{rh}: velocidad real (altura) (m/s)

V_t: velocidad teórica (altura) (m/s)

Se aplica en orificios, vertederos y compuertas

1.3.4. Área de los diferentes orificios

El área es una medida de la extensión de una superficie, expresada en unidades de medida denominadas superficial.

El área se aplica para la determinación de la superficie de figuras geométricas y en el dimensionamiento de equipos.

1.3.4.1. Área del orificio circular

$$A_o = \frac{\pi \times \Phi_2^2}{4} \quad \text{Ec: 1.3.4.1-1}$$

Dónde:

Ao: área del orificio (m²)

Φ₂: diámetro del círculo (m)

1.3.4.2. Área del orificio cuadrado

$$A_o = l^2 \quad \text{Ec: 1.3.4.2-1}$$

Dónde:

Ao: área del orificio (m²)

l²: lado al cuadrado (m)

1.3.4.3. Área del orificio triangular

$$A_o = \frac{b \times ht}{2} \quad \text{Ec: 1.3.4.3-1}$$

Dónde:

Ao: área del orificio (m²)

b: base del triángulo (m)

ht: altura del triángulo (m)

1.3.5. Caudal Teórico

Es la cantidad de fluido que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

$$Q_t = A_o \times V_t \quad \text{Ec: 1.3.5-1}$$

Dónde:

Q_t: Caudal teórico (m³/s)

Ao: área del orificio (m²)

V_t: velocidad teórica (m/s)

1.3.6. Caudal Real

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo.

$$Q_r = \frac{v}{t} \qquad \text{Ec: 1.3.6-1}$$

Dónde:

Q_r : Caudal Real (m^3/s)

V : volumen (m^3)

t : tiempo (s)

1.3.6.1. Aplicaciones de los caudales teórico y real

Se aplica en mediciones de caudales en tuberías, la unión de los dos caudales sirve para el cálculo del rendimiento de una bomba, para la medición de velocidades en varios puntos, vertederos, etc también es fundamental en el dimensionamiento de presas, embalses y obras de control de avenidas

1.3.7. Velocidad Real (Diámetro)

$$V_r \Phi = \frac{Q_r}{A_o} \qquad \text{Ec: 1.3.7-1}$$

Dónde:

$V_r \Phi$: velocidad real (diámetro) (m/s)

Q_r : caudal real (m^3/s)

A_o : área del orificio (m^2)

Se aplica para realizar cálculos de velocidades de salida de un líquido ya sea por una tubería, plantas hidroeléctricas, vertederos, orificios, etc.

1.3.8. Coeficiente de contracción

El coeficiente de contracción C_c es experimental y es la relación entre el caudal real y el caudal teórico

$$C_c = \frac{Q_r}{Q_t} \quad \text{Ec: 1.3.8-1}$$

Dónde:

C_c : coeficiente de contracción

Q_r : Caudal Real (m^3/s)

Q_t : Caudal teórico (m^3/s)

Se aplica en orificios, vertederos y compuertas

1.3.9. Coeficiente de descarga

El coeficiente de descarga C_d es un coeficiente experimental adimensional y es la relación entre el coeficiente de velocidad y el coeficiente de contracción

$$C_d = C_v \times C_c \quad \text{Ec: 1.3.9-1}$$

Dónde:

C_d : coeficiente de descarga

C_v : coeficiente de velocidad

C_c : coeficiente de contracción

Se aplica en orificios, vertederos y compuertas

1.3.10. Área transversal del cilindro

El área es una medida de la extensión de una superficie, expresada en unidades de medida denominadas superficial.

$$A_c = \frac{\pi \times \phi_1^2}{4} \quad \text{Ec: 1.3.10-1}$$

Dónde:

atc: área del cilindro (m²)

Φ₁: diámetro del cilindro (m)

El área se aplica para la determinación de la superficie de figuras geométricas y en el dimensionamiento de equipos.

1.3.11. Tiempo de Descarga

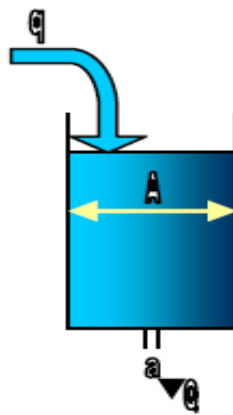


Fig. 1.3.12-1 Descarga de Líquidos por orificios

$$td = \frac{atc}{Cd \times Ao} \times \sqrt{\frac{H}{2g}} \quad \text{Ec: 1.3.11-1}$$

Dónde:

td: tiempo de descarga (s)

atc: área transversal del cilindro (m²)

Cd: coeficiente de descarga

Ao: área del orificio (m²)

H: Altura total desde el orificio (m)

g: gravedad (m/s²)

1.3.12. Tiempo Real

$$tr = \frac{\sum t}{n} \quad \text{Ec: 1.3.12-1}$$

Dónde:

tr: tiempo real (s)

Σt : sumatoria de los diferentes tiempos (s)

n: número de datos

1.3.12.1. Aplicaciones del tiempo

En todas las aplicaciones de descarga de líquidos por orificios es muy necesaria la determinación del tiempo de vaciado de los mismos

1.3.13. Descarga real

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

$$dr = CdxatcxVt \quad \text{Ec: 1.3.13-1}$$

Dónde:

dr: descarga real (m^3/s)

atc: área transversal del cilindro (m^2)

Vt: velocidad teórica (m/s)

1.3.14. Rendimiento del equipo

Permite establecer la cantidad de producto recuperado.

$$R = \frac{V_s}{V_e} * 100\% \quad \text{Ec: 1.3.14-1}$$

Dónde:

R: Rendimiento (%)

V_s: Volumen de salida (m³)

V_e: Volumen de entrada (m³)

1.3.15. Eficiencia del Equipo

1.3.15.1. Caudal

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

$$Q = \frac{v}{t} \quad \text{Ec: 1.3.15.1-1}$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s)

V: volumen (m³)

t: tiempo (s)

La medición práctica del caudal en las diversas obras hidráulicas, tiene una importancia muy grande, ya que de estas mediciones depende muchas veces el buen funcionamiento del sistema hidráulico como un todo, y en muchos casos es fundamental para garantizar la seguridad de la estructura.

1.3.15.2. Velocidad

$$V = \frac{4xQ}{\pi x\phi^2} \quad \text{Ec. 1.3.15.2-1}$$

Dónde:

V: Velocidad (m/s)

Q: caudal (m3/s)

ϕ : diámetro de la tubería (m2)

1.3.15.3. Número de Reynolds

Es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos para caracterizar el movimiento de un fluido. Está relacionado con la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos

Fue expuesto por Osborne Reynolds

$$Nre = \frac{Vx\phi x\delta}{\mu} \quad \text{Ec: 1.3.15.3-1}$$

Dónde:

Nre: Número de Reynolds (Adimensional)

V: Velocidad (m/s)

δ : Densidad del agua (Kg/m3)

μ : Viscosidad del agua (Kg/ms)

1.3.15.4. Rugosidad Relativa

Es la rugosidad de las paredes de las tuberías es función del material con que están contruidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. La variación de este

parámetro es fundamental para el cálculo y el buen desempeño de las obras hidráulicas

$$Rr = \frac{E}{\phi} \quad \text{Ec: 1.3.15.4-1}$$

Dónde:

Rr: Rugosidad relativa (m)

E: Rugosidad Absoluta (m)

ϕ t: diámetro de la tubería (m²)

1.3.15.5. Factor Fanning

Es un parámetro adimensional que se utiliza para calcular la pérdida de carga en una tubería debida a la fricción. El cálculo del factor de fricción depende del número de Reynolds y rugosidad relativa (Flujo Turbulento – Diagrama de Moody) o solo del número de Reynolds (Flujo Laminar-Fórmula)

Fue expuesto por John Thomas Fanning

1.3.15.6. Pérdidas por fricción

Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería.

$$hfL = f \frac{LxV^2}{\phi x 2xg} \quad \text{Ec: 1.3.15.6-1}$$

Dónde:

hfL: Pérdida de carga debida a la fricción.

f: Factor de fricción de Darcy.

L: Longitud de la tubería (m)

V: Velocidad del fluido (m/s)

Φ t: Diámetro de la tubería (m²)

g: Gravedad (m/s²)

1.3.15.7. Pérdidas por accesorios

Permite el cálculo de la pérdida de carga cuando hay codos, uniones, válvulas acoples, etc., normalmente se reportan en forma de un coeficiente de resistencia (K) éste valor depende de la velocidad del fluido

$$h_{fm} = K \frac{V^2}{2 \times g} \quad \text{Ec: 1.3.15.7-1}$$

Dónde:

h_{fm} : Pérdida de carga por accesorios.

K: Coeficiente de resistencia

V: Velocidad del fluido.(m/s)

g: Gravedad (m/s²)

1.3.15.8. Pérdidas Totales

Es la sumatoria de las pérdidas de carga por fricción y las pérdidas de carga por accesorios

$$h_f = h_{fL} + h_{fm} \quad \text{Ec: 1.3.15.8-1}$$

Dónde:

h_f : Pérdida de carga total.

h_{fL} : Pérdida por fricción

h_{fm} : Pérdida por accesorios

1.3.15.9. Ecuación de Bernoulli

Describe el comportamiento de un fluido que se mueve por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

Fue expuesto por Daniel Bernoulli

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + h_f + H = 0 \quad \text{Ec: 1.3.15.9-1}$$

Dónde:

V_{1y2} : velocidad (m/s)

g : gravedad (m/s^2)

Z_{1y2} : altura (m)

P_{1y2} : presión (Kg/m^2)

γ : Peso específico del fluido (Kg/m^3)

h_f : Pérdida de energía (m)

H : carga total de altura (m)

Se aplica en chimeneas, carburador de automóvil, aviación, natación

1.3.15.10. Flujo másico

Se refiere a la cantidad de masa que pasa por un determinado punto por unidad de tiempo, se obtiene multiplicando el flujo volumétrico por la densidad del fluido.

$$W = Q \times \delta$$

Ec: 1.3.15.10-1

Dónde:

W : Flujo másico (Kg/s)

Q : Caudal (m^3/s)

δ : Densidad del agua (Kg/m^3)

Se aplica en tuberías, toberas, turbinas, compresores, difusores, etc.

1.3.15.11. Eficiencia

Es una medida de la disponibilidad, eficiencia en el rendimiento y el índice de calidad de un equipo en particular.

$$\varepsilon = \frac{W \times H}{H_p \times 75} \times 100\%$$

Ec: 1.3.15.11-1

Dónde:

ϵ : Eficiencia (%)

W: Flujo másico (Kg/s)

H: carga total de altura (m)

Hp: Potencia de la bomba (Kgm/s)

1.3.16. Volumen del cilindro (Dimensionamiento)

El volumen es una magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un cuerpo.

$$Vc = \frac{\pi \Phi_1^2}{4} x H \quad \text{Ec: 1.3.16-1}$$

Dónde:

Vc: Volumen del cilindro (m³)

Φ_1 : área del cilindro (m²)

H: altura total desde el orificio (m)

1.3.17. Volumen total del cilindro (Dimensionamiento)

El volumen del cilindro calculado se multiplica por el factor de seguridad que es de 0,15 (15%)

Se determinará el volumen total del cilindro mediante la siguiente ecuación:

$$Vtc = (fsxVc)xVc \quad \text{Ec: 1.3.17-1}$$

Dónde:

Vtc: Volumen total del cilindro (m³)

Vc: Volumen del cilindro (m³)

fs: Factor de seguridad

1.3.17.1. Aplicaciones del volumen

Se aplica en todo tipo de sistemas hidráulicos, cuando se necesita saber el valor del volumen que necesita un reservorio, recipiente, caldera, tanque, sistema hidráulico, etc.

1.3.18. Altura del cilindro (Dimensionamiento)

La altura del cilindro es la distancia entre las bases del cilindro

Se asume un diámetro para la base del cilindro y se utiliza el volumen total del cilindro y se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$H_c = \frac{V_{tc} \times 4}{\pi \times \phi_a^2} \quad \text{Ec: 1.3.18-1}$$

Dónde:

H_c: Altura del cilindro (m)

V_{tc}: Volumen total del cilindro (m³)

Φ_a: Diámetro asumido (m²)

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

Se inicia con el diagnóstico del equipo existente en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, el cual, permite determinar, mediante el proceso, las variables como son altura, tiempo, distancia volumen, etc., parámetros que sirvieron de referencia para un correcto dimensionamiento, posteriormente se hizo la toma de muestras de agua del laboratorio para realizar el análisis químico, este análisis sirve como punto de partida para tomar la mejor decisión en cuanto al material se refiere, y con esto lograr que el equipo tenga mayor vida útil, puesto que si se utiliza un material de baja calidad, puede causar desgaste o incrustaciones a corto plazo.

2.1.MUESTREO

2.1.1. Muestreo de Agua

Se realizó un muestreo aleatorio simple tomando 2 muestras de agua del grifo del laboratorio de Operaciones Unitarias, por el lapso de 1 semana laboral en horario de la mañana y tarde obteniendo un total de 10 muestras, con el fin de analizarlo para así poder dar un criterio de que tipo de material utilizar en la construcción del equipo para que tenga mayor vida útil.

TABLA 2.1.1-1

Muestreo

MUESTRA	RECEPTOR	VOLUMEN	FRECUENCIA DE LA MUESTRA	PROCEDIMIENTO
Las muestras recolectadas se encuentran en mezcla de cloro, desechos sólidos	Botella de plástico, limpio, seco y de fácil manipulación; de acuerdo a la cantidad de muestra	Va a depender de la persona encargada de proporcionar la muestra.	Se tomaron dos muestras por día en el laboratorio de operaciones unitarias por el lapso de una semana	En el laboratorio de operaciones unitarias se colocó la muestra de agua del grifo en la botella para su respectivo análisis.

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.1.1-2

Cantidad de muestras

LUGAR	N° DE MUESTRA	CANTIDAD	FECHA	HORA
ESPOCH – LAB. DE OPERACIONES UNITARIAS	1	1 L	2012-10-01	9:30
	2	1 L	2012-10-01	14:30
ESPOCH – LAB. DE OPERACIONES UNITARIAS	1	1 L	2012-10-02	9:30
	2	1 L	2012-10-02	14:30
ESPOCH – LAB. DE OPERACIONES UNITARIAS	1	1 L	2012-10-03	9:30
	2	1 L	2012-10-03	14:30
ESPOCH – LAB. DE OPERACIONES UNITARIAS	1	1 L	2012-10-04	9:30
	2	1 L	2012-10-04	14:30
ESPOCH – LAB. DE OPERACIONES UNITARIAS	1	1 L	2012-10-05	9:30
	2	1 L	2012-10-05	14:30
TOTAL	10	10 L	1 Semana	

FUENTE: OLALLA G., 2012



Fotografía 2.1.1-1 Muestra Laboratorio Operaciones Unitarias recolectada para su análisis

2.1.2. Muestreo del proceso de descarga de líquidos por orificios

Se realizó un muestreo aleatorio simple tomando 3 muestras de la descarga por orificio a cada altura de la bandeja para poder obtener la distancia del chorro, la altura del chorro, volumen de la descarga y el tiempo de descarga

El proceso se realizó en 1 día en horario de la mañana y tarde obteniendo un total de 24 muestras por cada distancia, altura, descarga y tiempo, para luego obtener la media de estos datos experimentales.

2.2.METODOLOGIA

2.2.1. Métodos y Técnicas

2.2.1.1.Métodos

En todo proceso de diseño se requiere procedimientos que son formulados de una manera lógica para la adquisición de información y cumplimientos 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 orificios y su empleo en distintos campos industriales, seleccionando los medios y procesos más adecuados ya que ayudará en los análisis datos y toma de decisiones.

2.2.1.2.Método Inductivo

Se inició con el muestreo de agua de Laboratorio de Operaciones Unitarias para realizar el análisis químico como pH, dureza y sólidos totales, datos que ayudó a la elección del material e implementos del nuevo equipo, posteriormente se conoció las condiciones de funcionamiento del equipo manual de descarga de líquidos por orificios, determinándose las variables que intervienen en el proceso, seguidamente se procedió a los cálculos correspondientes para el diseño, construcción y posterior validación del equipo por las pruebas realizadas en el mismo.

2.2.1.3.Método Deductivo

Con la validación del equipo se verificó que las variables determinadas fueron óptimas para el dimensionamiento y construcción del equipo, así como también la correcta selección de materiales y accesorios gracias al análisis químico del agua, concluyendo que el equipo construido cumple los objetivos planteados.

2.2.1.4.Método Descriptivo

Construido el equipo se realizó el proceso de descarga de líquidos por orificios, obteniendo datos recopilados de altura, volumen, tiempo, distancia para analizar, generalizar, resumir y calcular con la finalidad, que los alumnos de Ingeniería Química tengan una idea más clara sobre el proceso.

2.2.1.5.Técnicas

En el proceso de investigación se tomó como base fundamental la NORMA INEN 0974:84; 0972:84; 0973:84, mediante el análisis de laboratorio se verificó si el agua cumple con los parámetros establecidos. También se efectuó el proceso de descarga de líquidos por orificios con la finalidad de obtener las variables específicas para el diseño y construcción.

TABLA 2.2.1.5-1

Proceso de Descarga de Líquidos por Orificios

Fundamentos	Objetivo y Alcance	Materiales y Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Es un fenómeno de transferencia de cantidad de movimiento, ya que son utilizadas en las industrias, especialmente cuando se necesita almacenar líquidos y luego ser descargados, ya sea en recipientes pequeños o tanques de almacenamiento de gran capacidad.</p>	<p>Determinar las variables del proceso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de descarga de líquidos por orificios - Cronómetro - Flexómetro - Probeta 1000ml - Vaso de precipitación. - Muestra de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> -Armar el equipo de descarga por orificios y colocar 40 L de agua. -Medir la altura desde el orificio hasta el llenado -Retirar el tapón del orificio -Medir la distancia x (horizontal) y (vertical) del chorro -Medir el tiempo que se demora en recolectar a diferentes volúmenes determinados - Medir el volumen descargado que está en el recipiente a diferentes volúmenes determinados -Repetir el procedimiento cambiando de altura el recipiente de descarga. 	<p>Velocidad teórica altura $V_t = \sqrt{2gH}$</p> <p>Velocidad Real altura $V_r = \frac{x}{\sqrt{\frac{2y}{g}}}$</p> <p>Coficiente de Velocidad $C_v = \frac{V_r}{V_{th}}$</p> <p>Área del orificio $A_o = \frac{\pi \phi_2^2}{4}$</p> <p style="text-align: center;">$A_o = l^2$ $A_o = \frac{b \times h}{2}$</p> <p>Caudal teórico $Q_t = A_o \times V_{th}$</p> <p>Caudal Real $Q_r = \frac{v}{t}$</p> <p>Constante de contracción $C_c = \frac{Q_r}{Q_t}$</p> <p>Constante de descarga $C_D = C_v \cdot C_c$</p> <p>Área del cilindro $ac = \frac{\pi \phi_1^2}{4}$</p> <p>Tiempo de descarga $t_D = \frac{ac}{C_d \cdot A_o} \sqrt{\frac{H}{2g}}$</p> <p>Tiempo real $tr = \frac{\sum t}{n}$</p> <p>Descarga real $Q = C_d \times ac \times V_{th}$</p>

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.2.1.5-2

Determinación De La Dureza Total Por Titulación Con Edta

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
La norma específica la forma de determinar la dureza total que tiene el agua	-Matraz Erlenmeyer de 250 cm ³ -Bureta de 25 cm ³ -Pipeta volumétrica de 1cm ³ y 50cm ³ -Balanza analítica sensible al 0,1 mg -Vaso de precipitación de 250cm ³	-Solución inhibidora -Solución tampón -Eriocromo negro T -Solución 0.01 M de EDTA -Solución patrón de carbonato de calcio	-Efectuar la determinación por duplicado de la muestra -Colocar 50cm ³ de la muestra, medidos con pipeta volumétrica, en un matraz Erlenmeyer y añadir 1cm ³ de la solución tampón; agitar levemente -Adicionar 1cm ³ de solución inhibidora y una pequeña porción (aproximadamente 0.05g) del indicador eriocromo negro T -Titular con la solución 0.01 M de EDTA hasta que la coloración pase azul -Si en la titulación se utiliza más de 15cm ³ de la solución EDTA, repetir la operación utilizando un número menor de muestra. La duración de la titulación no debe exceder de 5 minutos, contados a partir de la adicción de la solución tampón	La dureza total se determina utilizando la siguiente ecuación: $\text{Dureza (EDTA) en } \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ como CaCO}_3 = 1000 \frac{V_2 \times f}{V_1}$ Dónde: D: Dureza total (EDTA) en miligramos de carbonato de calcio por litro V1: volumen de la muestra en cm ³ V2: volumen de solución de EDTA utilizando en la titulación en cm ³ f: factor de la solución de EDTA

FUENTE: NORMA INEN 0974:84

TABLA 2.2.1.5-3

Determinación Del Residuo Total Seco

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>La norma específica la forma de determinar el residuo total seco que tiene el agua</p>	<p>-Matraz volumétrico de 100 cm³ -Capsula de platino o porcelana o vycor o pyrex de 150cm³ -Estufa temperatura ajustable en 105C ± 3 -Baño maría que contenga agua destilada -Desecador con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado -Balanza analítica sensible 0.1 mg</p>		<p>-Efectuar la determinación por duplicado de la muestra -Lavar, secar en la estufa durante una hora a 105 C ± 3, enfriar en el desecador y pesar la capsula con aproximación 0.1mg -Transferir 100cm³ de la muestra exactamente medidos a la capsula preparada, y someter a evaporación completa en baño maría -Secar en la estufa a 105 C ± 3 durante dos horas, enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1mg</p>	<p>El residuo seco debe determinarse utilizando la siguiente ecuación:</p> $R = \frac{(P2 - P1) \times 1000}{V}$ <p>Dónde: R: Residuo seco total en mg/l P2: Peso de la capsula más el residuo seco total en gramos P1: Peso de la capsula limpia y seca en gramos V: Volumen de muestra</p>

FUENTE: NORMA INEN 0972:84

TABLA 2.2.1.5-4
Determinación Del pH

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
La norma específica la forma de determinar el pH que tiene el agua	-Potenciómetro con electrodos de vidrio apto para medir el pH con exactitud al primer decimal -Piceta -Vaso de precipitación	-Solución tampón de pH4, pH7, pH9 -Agua destilada	-Efectuar la determinación por duplicado de la muestra -Lavar, los electrodos con agua destilada y calibrar el aparato a la temperatura de la muestra utilizando una solución de referencia cuyo pH sea similar al esperado para la muestra. En todo caso deberán seguirse las instrucciones del fabricante -Colocar la muestra en el vaso de precipitación, introducir los electrodos y efectuar la determinación del pH	

FUENTE: NORMA INEN 0973:84

2.3.DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. Datos

2.3.1.1.pH del agua

TABLA 2.3.1.1-1

Datos del pH del agua de Laboratorio de Operaciones Unitarias

	Lunes 2012-10-01	Martes 2012-10-02	Miércoles 2012-10-03	Jueves 2012-10-04	Viernes 2012-10-05
Hora	9:30	9:30	9:30	9:30	9:30
pH	7,95	7,99	7,96	7,89	7,92
Temperatura °C	21	16,9	21,5	22	20,4
	Lunes 2012-10-01	Martes 2012-10-02	Miércoles 2012-10-03	Jueves 2012-10-04	Viernes 2012-10-05
Hora	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30
pH	8,14	7,6	6,8	7,8	7,85
Temperatura °C	18,7	19	20	19,8	19,5

FUENTE OLALLA G., 2012



Fotografía 2.3.2.1-1 Medida del pH de la muestra del agua

2.3.1.2.Sólidos totales del agua

TABLA 2.3.1.2-1

Datos de los sólidos totales del agua

	Lunes 2012-10-01	Martes 2012-10-02	Miércoles 2012-10-03	Jueves 2012-10-04	Viernes 2012-10-05
Hora	9:30	9:30	9:30	9:30	9:30
Sólidos Totales	890	788	680	840	690
	Lunes 2012-10-01	Martes 2012-10-02	Miércoles 2012-10-03	Jueves 2012-10-04	Viernes 2012-10-05
Hora	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30
Sólidos Totales	888	790	690	850	700

FUENTE: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC)., 2012

2.3.1.3.Dureza del agua

TABLA 2.3.1.3-1

Datos de la dureza del agua

	Lunes 2012-10-01	Martes 2012-10-02	Miércoles 2012-10-03	Jueves 2012-10-04	Viernes 2012-10-05
Hora	9:30	9:30	9:30	9:30	9:30
Dureza	728	632	600	700	600
	Lunes 2012-10-01	Martes 2012-10-02	Miércoles 2012-10-03	Jueves 2012-10-04	Viernes 2012-10-05
Hora	14:30	14:30	14:30	14:30	14:30
Dureza	720	640	620	704	624

FUENTE: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC)., 2012

2.3.1.4.Descarga de Líquidos por Orificios de Laboratorio

TABLA 2.3.1.4-1

Datos Experimentales a la altura de 0,12m – Circular (0,15m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00365	62	0,49	0,150	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00365	76	0,48	0,150	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00352	82	0,45	0,150	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00352	90	0,42	0,150	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00325	101	0,38	0,150	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00312	103	0,35	0,150	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00338	118	0,31	0,150	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00338	139	0,27	0,150	0,17	0,52	0,30	0,005
0,00352	174	0,23	0,150	0,12	0,52	0,30	0,005
0,00325	257	0,17	0,150	0,07	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-2

Datos Experimentales a la altura de 0,12m – Cuadrado (0,24m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00365	71	0,65	0,240	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00352	74	0,57	0,240	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00338	78	0,52	0,240	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00338	88	0,46	0,240	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00352	106	0,41	0,240	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00338	110	0,35	0,240	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00352	134	0,27	0,240	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00338	204	0,17	0,240	0,17	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-3

Datos Experimentales a la altura de 0,12m – Triangular (0,33m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00365	101	0,49	0,330	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00352	115	0,46	0,330	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00352	125	0,42	0,330	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00338	144	0,37	0,330	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00338	160	0,33	0,330	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00325	184	0,29	0,330	0,27	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-4

Datos Experimentales a la altura de 0,22m – Circular (0,25m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00379	72	0,75	0,250	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00325	78	0,70	0,250	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00325	82	0,65	0,250	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00338	92	0,60	0,250	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00325	98	0,55	0,250	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00365	105	0,50	0,250	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00325	124	0,45	0,250	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00363	141	0,41	0,250	0,17	0,52	0,30	0,005
0,00312	178	0,34	0,250	0,12	0,52	0,30	0,005
0,00312	264	0,25	0,250	0,07	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-5

Datos Experimentales a la altura de 0,22m – Cuadrado (0,34m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00393	73	0,72	0,340	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00379	76	0,68	0,340	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00312	78	0,62	0,340	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00352	88	0,55	0,340	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00325	96	0,49	0,340	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00365	109	0,42	0,340	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00325	138	0,35	0,340	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00312	194	0,25	0,340	0,17	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-6

Datos Experimentales a la altura de 0,22m – Triangular (0,43m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00352	100	0,57	0,430	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00338	120	0,54	0,430	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00338	130	0,49	0,430	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00352	144	0,42	0,430	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00325	174	0,33	0,430	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00325	228	0,25	0,430	0,27	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-7

Datos Experimentales a la altura de 0,32m – Circular (0,35m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00352	65	0,81	0,350	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00325	78	0,77	0,350	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00338	82	0,73	0,350	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00338	88	0,67	0,350	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00352	96	0,61	0,350	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00338	106	0,55	0,350	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00325	118	0,49	0,350	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00338	140	0,43	0,350	0,17	0,52	0,30	0,005
0,00325	186	0,35	0,350	0,12	0,52	0,30	0,005
0,00352	278	0,23	0,350	0,07	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-8

Datos Experimentales a la altura de 0,32m – Cuadrado (0,44m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00365	60	0,78	0,440	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00352	74	0,73	0,440	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00365	80	0,68	0,440	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00338	86	0,61	0,440	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00325	96	0,55	0,440	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00352	110	0,48	0,440	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00338	136	0,40	0,440	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00325	196	0,29	0,440	0,17	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-9

Datos Experimentales a la altura de 0,32m – Triangular (0,53m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00365	90	0,65	0,530	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00352	120	0,61	0,530	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00325	126	0,56	0,530	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00352	142	0,50	0,530	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00365	176	0,42	0,530	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00325	228	0,32	0,530	0,27	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-10

Datos Experimentales a la altura de 0,415m – Circular (0,445m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00352	74	0,87	0,445	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00352	78	0,84	0,445	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00325	80	0,78	0,445	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00338	88	0,72	0,445	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00325	98	0,67	0,445	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00338	105	0,61	0,445	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00312	116	0,54	0,445	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00365	138	0,49	0,445	0,17	0,52	0,30	0,005
0,00352	176	0,39	0,445	0,12	0,52	0,30	0,005
0,00338	270	0,27	0,445	0,07	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-11

Datos Experimentales a la altura de 0,415m – Cuadrado (0,534m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00352	68	0,87	0,535	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00325	76	0,82	0,535	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00338	78	0,75	0,535	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00325	86	0,68	0,535	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00338	98	0,61	0,535	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00352	110	0,53	0,535	0,27	0,52	0,30	0,005
0,00325	134	0,43	0,535	0,22	0,52	0,30	0,005
0,00338	196	0,30	0,535	0,17	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012

TABLA 2.3.1.4-12

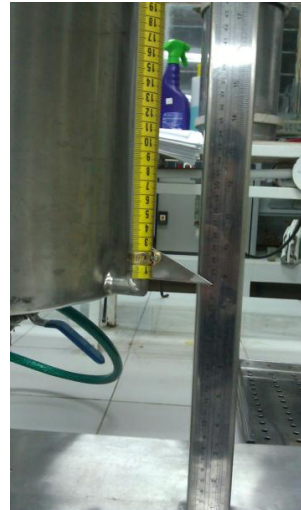
Datos Experimentales a la altura de 0,415m – Triangular (0,625m)

V	t	x	y	h	H	Φ1	Φ2
0,00338	92	0,70	0,625	0,52	0,52	0,30	0,005
0,00352	114	0,67	0,625	0,47	0,52	0,30	0,005
0,00352	125	0,61	0,625	0,42	0,52	0,30	0,005
0,00338	142	0,54	0,625	0,37	0,52	0,30	0,005
0,00325	174	0,46	0,625	0,32	0,52	0,30	0,005
0,00379	230	0,35	0,625	0,27	0,52	0,30	0,005

FUENTE: OLALLA G., 2012



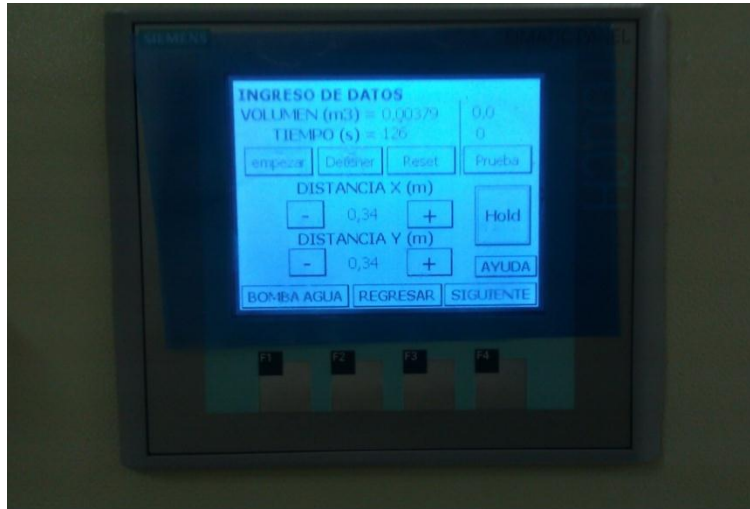
Fotografía 2.3.1.4-1 Proceso de Descarga de Líquidos por orificios



Fotografía 2.3.1.4-2 Altura del tanque más orificio



Fotografía 2.3.1.4-3 Distancia del Chorro



Fotografía 2.3.1.4-4 Volumen y Tiempo registrados en el PLC

2.3.1.5.Datos Adicionales

Tabla 2.3.1.5-1

Datos adicionales para la eficiencia del equipo

V (m3)	t (s)	$\phi 1$ (m)	$\phi 2$ (m)	L1 (m)	L2 (m)	Z2 (m)	Z1 (m)	Hp
0,04	63	0,025	0,013	0,2	2,75	1,01	0	0,5
Accesorios				Rugosidad absoluta (m)				
Succión		Descarga		Acero inoxidable		0,00005		
3 codos	0,9x3	4 codos	0,9x4	Densidad agua a 20C (Kg/m3)				
1 unión	0,04	2 unión	0,04x2	1000				
1 salida	1	1 vál. rete eleva	10	Viscosidad agua a 20C (Kg/ms)				
Total	3,74	1 entrada	0,5	0,001				
		Total	14,18					

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 2.3.1.5-2

Datos adicionales para el dimensionamiento del equipo

CARACTERISTICA	UNIDAD	VALOR
Factor de Seguridad (fs)	%	15

FUENTE: OLALLA G., 2012

CAPITULO III

3. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS

3.1.CÁLCULOS

Tanto las pruebas de descarga de líquidos por orificios como las pruebas de ensayo y determinación de las variables, se realizaron en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, datos que fueron evaluados para el soporte básico del dimensionamiento del equipo a construir, como es la altura del tanque, volumen de descarga, tiempo de descarga, longitud de salida del chorro, diferentes alturas de descarga, diámetro del tanque y diámetro del orificio

3.1.1. Velocidad Teórica

De la Ec. 1.3.1.1-1 se tiene:

$$Vt = \sqrt{2gh}$$
$$Vt = \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,52}$$
$$Vt = 3,19 \frac{m}{s}$$

3.1.2. Velocidad Real (Altura)

De la Ec. 1.3.2-1 se tiene:

$$Vrh = \frac{x}{\sqrt{\frac{2y}{g}}}$$
$$Vrh = \frac{0,49}{\sqrt{\frac{2 \times 0,15}{9,8}}}$$
$$Vrh = 2,80 \frac{m}{s}$$

3.1.3. Coeficiente De Velocidad

De la Ec. 1.3.3-1 se tiene:

$$Cv = \frac{Vrh}{Vt}$$

$$Cv = \frac{2,80}{3,19}$$

$$Cv = 0,87$$

3.1.4. Área Del Orificio

De la Ec. 1.3.4.1-1 se tiene:

$$Ao = \frac{\pi x \phi_2^2}{4}$$

$$Ao = \frac{\pi x 0,005^2}{4}$$

$$Ao = 2,0x10^{-5} m^2$$

De la Ec. 1.3.4.2-1 se tiene:

$$Ao = l^2$$

$$Ao = 0,005^2$$

$$Ao = 2,5x10^{-5} m^2$$

De la Ec. 1.3.4.3-1 se tiene:

$$Ao = \frac{b x ht}{2}$$

$$Ao = \frac{0,005 x 0,005}{2}$$

$$Ao = 1,3x10^{-5} m^2$$

3.1.5. Caudal Teórico

De la Ec. 1.3.5-1 se tiene:

$$Qt = Ao x Vt$$

$$Qt = 2,0x10^{-5} x 3,19$$

$$Qt = 6,26x10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

3.1.6. Caudal Real

De la Ec. 1.3.6-1 se tiene:

$$Qr = \frac{v}{t}$$

$$Qr = \frac{0,00365}{62}$$

$$Qr = 5,887 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

3.1.7. Velocidad real (Diámetro)

De la Ec. 1.3.7-1 se tiene:

$$Vr\phi = \frac{Qr}{A_o}$$

$$Vr\phi = \frac{5,887 \times 10^{-5}}{2,0 \times 10^{-5}}$$

$$Vr\phi = 3,00 \frac{m}{s}$$

3.1.8. Coeficiente De Contracción

De la Ec. 1.3.8-1 se tiene:

$$Cc = \frac{Qr}{Qt}$$

$$Cc = \frac{5,887 \times 10^{-5}}{6,26 \times 10^{-5}}$$

$$Cc = 0,939$$

3.1.9. Coeficiente De Descarga

De la Ec. 1.3.9-1 se tiene:

$$Cd = Cv \times Cc$$

$$Cd = 0,87 \times 0,939$$

$$Cd = 0,824$$

3.1.10. Área Transversal Del Cilindro

De la Ec. 1.3.10-1 se tiene:

$$atc = \frac{\pi x \phi_1^2}{4}$$

$$atc = \frac{\pi x 0,30^2}{4}$$

$$atc = 0,071 \text{ m}^2$$

3.1.11. Tiempo De Descarga

De la Ec. 1.3.11-1 se tiene:

$$td = \frac{atc}{CdxAo} x \sqrt{\frac{H}{2g}}$$

$$td = \frac{0,071}{0,824 x 2,0 x 10^{-5}} x \sqrt{\frac{0,52}{2 x 9,8}}$$

$$td = 712 \text{ s}$$

3.1.12. Tiempo Real

De la Ec. 1.3.12-1 se tiene:

$$tr = \frac{\sum t}{n}$$

$$tr = \frac{62 + 76 + 82 + 90 + 101 + 103 + 118 + 139 + 174 + 257}{10}$$

$$tr = 120 \text{ s}$$

3.1.13. Descarga Real

De la Ec. 1.3.13-1 se tiene:

$$dr = CdxatcxVt$$

$$dr = 0,824 x 0,071 x 3,19$$

$$dr = 0,186 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.1.14. Rendimiento del Equipo

De la Ec. 1.3.14-1 se tiene:

$$R = \frac{V_s}{V_e} * 100\%$$

$$R = \frac{38}{40} * 100\%$$

$$R = 95\%$$

3.1.15. Eficiencia del Equipo

3.1.15.1. Caudal

De la Ec. 1.3.15.1-1

- ❖ Volumen de llenado en el cilindro es de 0,04 m³, tiempo de llenado 63s

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

$$Q = \frac{0,04}{63}$$

$$Q = 0,0006 \frac{m^3}{s}$$

3.1.15.2. Velocidad

De la Ec. 1.3.15.2-1

- ❖ Con un diámetro de tubería de 0,025 m²

$$V = \frac{4xQ}{\pi x \phi^2}$$

$$V = \frac{4x0,0006}{\pi x 0,025^2}$$

$$V = 1,253 \frac{m}{s}$$

- ❖ Con un diámetro de tubería de 0,013 m²

$$V = \frac{4xQ}{\pi x \phi^2}$$

$$V = \frac{4x0,0006}{\pi x 0,013^2}$$

$$V = 4,783 \frac{m}{s}$$

3.1.15.3. Número de Reynolds

De la Ec. 1.3.15.3-1

- ❖ A una velocidad de 1,253 m/s, $\delta_{H_2O} = 1000 \text{ Kg/m}^3$, $\mu = 0,001 \text{ Kg/ms}$

$$Nre = \frac{Vx\phi x\delta}{\mu}$$

$$Nre = \frac{1,253x0,025x1000}{0,001}$$

$$Nre = 31827,01$$

- ❖ A una velocidad de 4,783 m/s, $\delta_{H_2O} = 1000 \text{ Kg/m}^3$, $\mu = 0,001 \text{ Kg/ms}$

$$Nre = \frac{Vx\phi x\delta}{\mu}$$

$$Nre = \frac{4,783x0,013x1000}{0,001}$$

$$Nre = 62185,08$$

3.1.15.4. Rugosidad Relativa

De la Ec. 1.4.15.4-1

- ❖ La rugosidad absoluta del acero inoxidable es de 0,00005 m con un diámetro de 0,025m

$$Rr = \frac{E}{\phi}$$

$$Rr = \frac{0,00005}{0,025}$$

$$Rr = 0,002$$

- ❖ La rugosidad absoluta del acero inoxidable es de 0,00005 m con un diámetro de 0,013m

$$Rr = \frac{E}{\phi}$$

$$Rr = \frac{0,00005}{0,013}$$

$$Rr = 0,004$$

3.1.15.5. Factor Fanning

Los valores del número de Reynolds nos indica que es un flujo turbulento por lo tanto el factor fanning se calcula con el Diagrama de Moody y la rugosidad relativa

- ❖ El factor fanning para una rugosidad relativa de 0,002 es 0,024
- ❖ El factor fanning para una rugosidad relativa de 0,004 es 0,027

3.1.15.6. Pérdidas por fricción

De la Ec. 1.4.15.4-1

- ❖ Factor fanning de 0,024, longitud 0,2

$$hfL = f \frac{LxV^2}{\phi x 2xg}$$

$$hfL = 0,024 \frac{0,2x1,253^2}{0,025x2x9,8}$$

$$hfL = 0,015$$

- ❖ Factor fanning de 0,027, longitud 2,75

$$hfL = f \frac{LxV^2}{\phi x 2xg}$$

$$hfL = 0,027 \frac{2,75x4,783^2}{0,013x2x9,8}$$

$$hfL = 6,668$$

3.1.15.7. Perdidas por accesorios

De la Ec. 1.3.15.7-1

- ❖ En la parte de succión hay 3 codos estándar 90, 1 unión, 1 salida por tanto el coeficiente de resistencia es de 3,74

$$hfm = K \frac{v^2}{2xg}$$

$$hfm = 3,74 \frac{1,253^2}{2x9,8}$$

$$hfm = 0,3$$

- ❖ En la parte de descarga hay 4 codos estándar 90, 2 uniones, 1 válvula de retención de elevación, 1 entrada por tanto el coeficiente de resistencia es de 14,18

$$hfm = K \frac{V^2}{2xg}$$

$$hfm = 14,18 \frac{4,783^2}{2x9,8}$$

$$hfm = 16,554$$

3.1.15.8. Pérdidas Totales

De la Ec. 1.3.15.8-1

$$hf = hfL + hfm$$

$$hf = 0,015 + 6,668 + 0,3 + 16,554$$

$$hf = 23,54$$

3.1.15.9. Ecuación de Bernoulli

De la Ec. 1.3.15.9-1

- ❖ Con la ecuación de Bernoulli se calcula la carga total de altura pero se tendrá en cuenta que la $P_1=P_2$, $V_1=0$, $Z_1=0$ porque la bomba está al mismo nivel que el tanque reservorio, $Z_2=1,01m$

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2xg} + (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + hf + H = 0$$

$$\frac{V^2}{2xg} + (Z_2 - Z_1) + hf = H$$

$$\left(\frac{1,253^2}{2x9,8} + (1,01 - 0) + hf\right) + \left(\frac{4,783^2}{2x9,8} + (1,01 - 0) + 23,54\right) = H$$

$$H = 50,34 m$$

3.1.15.10. Flujo másico

De la Ec. 1.3.15.10-1

$$W = Q x \delta$$

$$W = 0,0006 x 1000$$

$$W = 0,6 Kg/s$$

3.1.15.11. Eficiencia

De la Ec. 1.3.15.11-1

❖ El Hp de la bomba que tiene el equipo es de 0,5

$$\varepsilon = \frac{WxH}{Hp \times 75} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{0,6 \times 50,34}{0,5 \times 75} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 85 \%$$

3.1.16. Volumen del cilindro (Dimensionamiento)

De la Ec. 1.3.16-1 se tiene:

$$Vc = \frac{\pi \phi_1^2}{4} \times H$$

$$Vc = \frac{\pi \times 0,34^2}{4} \times 0,4$$

$$Vc = 0,036 m^3$$

3.1.17. Volumen total del cilindro (Dimensionamiento)

De la Ec. 1.3.17-1 se tiene:

$$Vtc = (fs \times Vc) \times Vc$$

$$Vtc = (0,15 \times 0,036) + 0,036$$

$$Vtc = 0,042 m^3$$

3.1.18. Altura del cilindro (Dimensionamiento)

De la Ec. 1.3.18-1 se tiene:

$$H = \frac{Vtc \times 4}{\pi \times \phi a^2}$$

$$H = \frac{0,042 \times 4}{\pi \times 0,3^2}$$

$$H = 0,596 m$$

$$H = 59,6 cm \rightarrow 60 cm$$

3.2.RESULTADOS

Tabla 3.2-1

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,12m – Circular (0,15m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	2,80	0,877	2,0E-05	6,268E-05	5,887E-05	3,00	0,939	0,824	0,071	712	120	0,186
3,04	2,74	0,904	2,0E-05	5,959E-05	4,803E-05	2,45	0,806	0,728	0,071	805		0,156
2,87	2,57	0,896	2,0E-05	5,634E-05	4,293E-05	2,19	0,762	0,683	0,071	858		0,139
2,69	2,40	0,891	2,0E-05	5,288E-05	3,911E-05	1,99	0,740	0,659	0,071	889		0,126
2,50	2,17	0,867	2,0E-05	4,917E-05	3,218E-05	1,64	0,654	0,567	0,071	1033		0,100
2,30	2,00	0,870	2,0E-05	4,517E-05	3,029E-05	1,54	0,671	0,583	0,071	1006		0,095
2,08	1,77	0,853	2,0E-05	4,077E-05	2,864E-05	1,46	0,703	0,599	0,071	978		0,088
1,83	1,54	0,845	2,0E-05	3,584E-05	2,432E-05	1,24	0,678	0,574	0,071	1022		0,074
1,53	1,29	0,839	2,0E-05	3,011E-05	2,023E-05	1,03	0,672	0,563	0,071	1041		0,061
1,17	0,94	0,805	2,0E-05	2,300E-05	1,265E-05	0,64	0,550	0,443	0,071	1325		0,037

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-2

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,12m – Cuadrado (0,24m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	2,94	0,920	2,5E-05	7,981E-05	5,141E-05	2,06	0,644	0,593	0,071	777	108	0,134
3,04	2,58	0,849	2,5E-05	7,588E-05	4,757E-05	1,90	0,627	0,532	0,071	866		0,114
2,87	2,35	0,819	2,5E-05	7,173E-05	4,333E-05	1,73	0,604	0,495	0,071	931		0,100
2,69	2,08	0,772	2,5E-05	6,732E-05	3,841E-05	1,54	0,571	0,440	0,071	1046		0,084
2,50	1,85	0,740	2,5E-05	6,261E-05	3,321E-05	1,33	0,530	0,392	0,071	1174		0,069
2,30	1,58	0,687	2,5E-05	5,751E-05	3,073E-05	1,23	0,534	0,367	0,071	1254		0,060
2,08	1,22	0,588	2,5E-05	5,191E-05	2,627E-05	1,05	0,506	0,297	0,071	1549		0,044
1,83	0,77	0,421	2,5E-05	4,563E-05	1,657E-05	0,66	0,363	0,153	0,071	3014		0,020

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-3

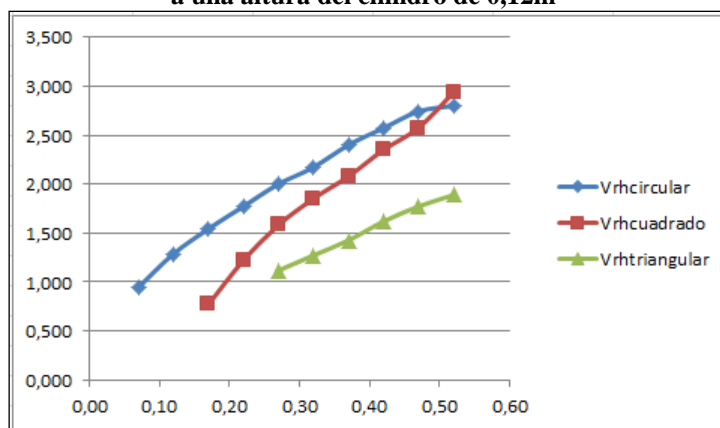
Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,12m – Triangular (0,33m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	1,89	0,591	1,3E-05	3,991E-05	3,614E-05	2,89	0,906	0,536	0,071	1720	138	0,121
3,04	1,77	0,584	1,3E-05	3,794E-05	3,061E-05	2,45	0,807	0,471	0,071	1955		0,101
2,87	1,62	0,564	1,3E-05	3,586E-05	2,816E-05	2,25	0,785	0,443	0,071	2080		0,090
2,69	1,43	0,529	1,3E-05	3,366E-05	2,347E-05	1,88	0,697	0,369	0,071	2495		0,070
2,50	1,27	0,508	1,3E-05	3,130E-05	2,113E-05	1,69	0,675	0,343	0,071	2688		0,061
2,30	1,12	0,486	1,3E-05	2,876E-05	1,766E-05	1,41	0,614	0,298	0,071	3087		0,049

FUENTE: OLALLA G., 2012

Fig. 3.2-1

Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs Vrh)
a una altura del cilindro de 0,12m



FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-4

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,22m – Circular (0,25m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	3,32	1,040	2,0E-05	6,268E-05	5,264E-05	2,68	0,840	0,873	0,071	671	123	0,197
3,04	3,10	1,021	2,0E-05	5,959E-05	4,167E-05	2,12	0,699	0,714	0,071	821		0,153
2,87	2,88	1,003	2,0E-05	5,634E-05	3,963E-05	2,02	0,704	0,706	0,071	831		0,143
2,69	2,66	0,986	2,0E-05	5,288E-05	3,674E-05	1,87	0,695	0,685	0,071	856		0,130
2,50	2,43	0,972	2,0E-05	4,917E-05	3,316E-05	1,69	0,674	0,656	0,071	894		0,116
2,30	2,21	0,962	2,0E-05	4,517E-05	3,476E-05	1,77	0,770	0,741	0,071	792		0,120
2,08	1,99	0,959	2,0E-05	4,077E-05	2,621E-05	1,33	0,643	0,617	0,071	951		0,091
1,83	1,82	0,994	2,0E-05	3,584E-05	2,574E-05	1,31	0,718	0,714	0,071	821		0,092
1,53	1,51	0,981	2,0E-05	3,011E-05	1,753E-05	0,89	0,582	0,571	0,071	1026		0,062
1,17	1,11	0,945	2,0E-05	2,300E-05	1,182E-05	0,60	0,514	0,486	0,071	1208		0,040

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-5

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,22m – Cuadrado (0,34m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	2,73	0,856	2,5E-05	7,981E-05	5,384E-05	2,15	0,675	0,578	0,071	797	107	0,130
3,04	2,58	0,851	2,5E-05	7,588E-05	4,987E-05	1,99	0,657	0,559	0,071	824		0,120
2,87	2,35	0,820	2,5E-05	7,173E-05	4,000E-05	1,60	0,558	0,457	0,071	1007		0,093
2,69	2,09	0,775	2,5E-05	6,732E-05	4,000E-05	1,60	0,594	0,461	0,071	1000		0,088
2,50	1,86	0,743	2,5E-05	6,261E-05	3,385E-05	1,35	0,541	0,402	0,071	1147		0,071
2,30	1,59	0,693	2,5E-05	5,751E-05	3,349E-05	1,34	0,582	0,404	0,071	1141		0,066
2,08	1,33	0,640	2,5E-05	5,191E-05	2,355E-05	0,94	0,454	0,290	0,071	1587		0,043
1,83	0,95	0,520	2,5E-05	4,563E-05	1,608E-05	0,64	0,352	0,183	0,071	2513		0,024

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-6

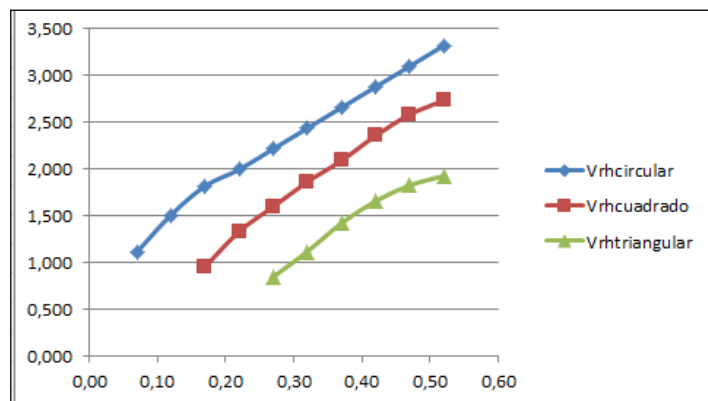
Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,22m – Triangular (0,43m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	1,92	0,603	1,3E-05	3,991E-05	3,520E-05	2,82	0,882	0,532	0,071	1733	149	0,120
3,04	1,82	0,601	1,3E-05	3,794E-05	2,817E-05	2,25	0,742	0,446	0,071	2066		0,096
2,87	1,65	0,577	1,3E-05	3,586E-05	2,600E-05	2,08	0,725	0,418	0,071	2204		0,085
2,69	1,42	0,526	1,3E-05	3,366E-05	2,444E-05	1,96	0,726	0,382	0,071	2409		0,073
2,50	1,11	0,445	1,3E-05	3,130E-05	1,868E-05	1,49	0,597	0,265	0,071	3471		0,047
2,30	0,84	0,367	1,3E-05	2,876E-05	1,425E-05	1,14	0,496	0,182	0,071	5065		0,030

FUENTE: OLALLA G., 2012

Fig. 3.2-2

Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs Vrh) a una altura del cilindro de 0,22m



FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-7

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,32m – Circular (0,35m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	3,03	0,949	2,0E-05	6,268E-05	5,415E-05	2,76	0,864	0,820	0,071	715	124	0,185
3,04	2,88	0,949	2,0E-05	5,959E-05	4,167E-05	2,12	0,699	0,664	0,071	884		0,142
2,87	2,73	0,952	2,0E-05	5,634E-05	4,122E-05	2,10	0,732	0,697	0,071	842		0,141
2,69	2,51	0,931	2,0E-05	5,288E-05	3,841E-05	1,96	0,726	0,676	0,071	867		0,129
2,50	2,28	0,911	2,0E-05	4,917E-05	3,667E-05	1,87	0,746	0,680	0,071	863		0,120
2,30	2,06	0,895	2,0E-05	4,517E-05	3,189E-05	1,62	0,706	0,632	0,071	929		0,103
2,08	1,83	0,883	2,0E-05	4,077E-05	2,754E-05	1,40	0,676	0,596	0,071	983		0,088
1,83	1,61	0,881	2,0E-05	3,584E-05	2,414E-05	1,23	0,674	0,594	0,071	988		0,077
1,53	1,31	0,854	2,0E-05	3,011E-05	1,747E-05	0,89	0,580	0,495	0,071	1183		0,054
1,17	0,86	0,735	2,0E-05	2,300E-05	1,266E-05	0,64	0,551	0,404	0,071	1450		0,033

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-8

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,32m – Cuadrado (0,44m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	2,60	0,815	2,5E-05	7,981E-05	6,083E-05	2,43	0,762	0,621	0,071	741	105	0,140
3,04	2,44	0,803	2,5E-05	7,588E-05	4,757E-05	1,90	0,627	0,503	0,071	915		0,108
2,87	2,27	0,791	2,5E-05	7,173E-05	4,563E-05	1,83	0,636	0,503	0,071	915		0,102
2,69	2,04	0,756	2,5E-05	6,732E-05	3,930E-05	1,57	0,584	0,441	0,071	1044		0,084
2,50	1,84	0,733	2,5E-05	6,261E-05	3,385E-05	1,35	0,541	0,396	0,071	1162		0,070
2,30	1,60	0,696	2,5E-05	5,751E-05	3,200E-05	1,28	0,556	0,387	0,071	1189		0,063
2,08	1,33	0,643	2,5E-05	5,191E-05	2,485E-05	0,99	0,479	0,308	0,071	1496		0,045
1,83	0,97	0,530	2,5E-05	4,563E-05	1,658E-05	0,66	0,363	0,193	0,071	2391		0,025

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-9

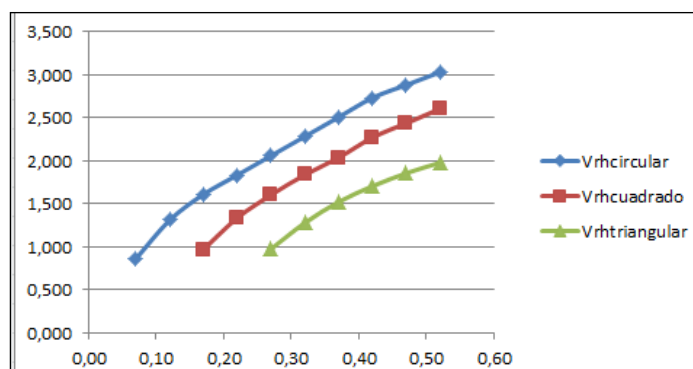
Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,32m – Triangular (0,53m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	1,98	0,619	1,3E-05	3,991E-05	4,056E-05	3,24	1,016	0,629	0,071	1464	147	0,142
3,04	1,85	0,611	1,3E-05	3,794E-05	2,933E-05	2,35	0,773	0,472	0,071	1949		0,101
2,87	1,70	0,593	1,3E-05	3,586E-05	2,579E-05	2,06	0,719	0,427	0,071	2158		0,087
2,69	1,52	0,565	1,3E-05	3,366E-05	2,479E-05	1,98	0,736	0,416	0,071	2216		0,079
2,50	1,28	0,510	1,3E-05	3,130E-05	2,074E-05	1,66	0,662	0,338	0,071	2727		0,060
2,30	0,97	0,423	1,3E-05	2,876E-05	1,425E-05	1,14	0,496	0,210	0,071	4393		0,034

FUENTE: OLALLA G., 2012

Fig 3.2-3

Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs Vrh) a una altura del cilindro de 0,32m



FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-10

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,415m – Circular (0,445m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	2,89	0,904	2,0E-05	6,268E-05	4,757E-05	2,42	0,759	0,686	0,071	855	122	0,155
3,04	2,79	0,918	2,0E-05	5,959E-05	4,513E-05	2,30	0,757	0,695	0,071	843		0,149
2,87	2,59	0,902	2,0E-05	5,634E-05	4,063E-05	2,07	0,721	0,651	0,071	901		0,132
2,69	2,39	0,887	2,0E-05	5,288E-05	3,841E-05	1,96	0,726	0,644	0,071	910		0,123
2,50	2,22	0,888	2,0E-05	4,917E-05	3,316E-05	1,69	0,674	0,599	0,071	979		0,106
2,30	2,02	0,880	2,0E-05	4,517E-05	3,219E-05	1,64	0,713	0,627	0,071	935		0,102
2,08	1,79	0,863	2,0E-05	4,077E-05	2,690E-05	1,37	0,660	0,569	0,071	1030		0,084
1,83	1,63	0,891	2,0E-05	3,584E-05	2,645E-05	1,35	0,738	0,657	0,071	892		0,085
1,53	1,29	0,844	2,0E-05	3,011E-05	2,000E-05	1,02	0,664	0,560	0,071	1046		0,061
1,17	0,90	0,765	2,0E-05	2,300E-05	1,252E-05	0,64	0,544	0,416	0,071	1408		0,034

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-11

Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,415m – Cuadrado (0,534m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	2,63	0,825	2,5E-05	7,981E-05	5,176E-05	2,07	0,649	0,535	0,071	861	106	0,121
3,04	2,48	0,818	2,5E-05	7,588E-05	4,276E-05	1,71	0,564	0,461	0,071	999		0,099
2,87	2,27	0,791	2,5E-05	7,173E-05	4,333E-05	1,73	0,604	0,478	0,071	964		0,097
2,69	2,06	0,764	2,5E-05	6,732E-05	3,779E-05	1,51	0,561	0,429	0,071	1074		0,082
2,50	1,85	0,737	2,5E-05	6,261E-05	3,449E-05	1,38	0,551	0,406	0,071	1134		0,072
2,30	1,60	0,697	2,5E-05	5,751E-05	3,200E-05	1,28	0,556	0,388	0,071	1187		0,063
2,08	1,30	0,627	2,5E-05	5,191E-05	2,425E-05	0,97	0,467	0,293	0,071	1573		0,043
1,83	0,91	0,497	2,5E-05	4,563E-05	1,724E-05	0,69	0,378	0,188	0,071	2450		0,024

FUENTE: OLALLA G., 2012

Tabla 3.2-12

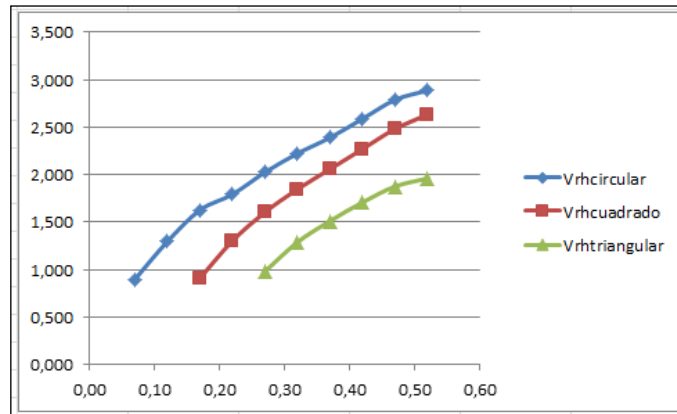
Resultados de los cálculos realizados a una altura de 0,415m – Triangular (0,625m)

Vt	Vrh	Cv	Ao	Qt	Qr	VrΦ	Cc	Cd	atc	td	tr = (Σ t)/n	dr
3,19	1,96	0,614	1,3E-05	3,991E-05	3,674E-05	2,94	0,921	0,565	0,071	1630	146	0,128
3,04	1,88	0,618	1,3E-05	3,794E-05	3,088E-05	2,47	0,814	0,503	0,071	1831		0,108
2,87	1,71	0,595	1,3E-05	3,586E-05	2,816E-05	2,25	0,785	0,467	0,071	1971		0,095
2,69	1,51	0,561	1,3E-05	3,366E-05	2,380E-05	1,90	0,707	0,397	0,071	2320		0,076
2,50	1,29	0,514	1,3E-05	3,130E-05	1,868E-05	1,49	0,597	0,307	0,071	3002		0,054
2,30	0,98	0,426	1,3E-05	2,876E-05	1,648E-05	1,32	0,573	0,244	0,071	3773		0,040

FUENTE: OLALLA G., 2012

Fig 3.2-4

Curva de la velocidad de salida versus las diferentes alturas de descarga desde el orificio (h Vs V_{rh}) a una altura del cilindro de 0,415m



FUENTE: OLALLA G., 2012

3.3.PROPUESTA

Al realizar los cálculos de ingeniería se conoció las variables técnicas necesarias para el dimensionamiento del equipo se propuso construir un tanque para la descarga de líquidos con tres orificios de diferentes geometrías, bandeja para la descarga del líquido, tanque reservorio, material de calidad como es el acero inoxidable porque es un material resistente a la corrosión mismo que alarga la vida útil del equipo, además sus propiedades estéticas hace que sea un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria. El equipo también cuenta con tubería, válvulas de paso, sensor para la medición del volumen, plc para la introducción de datos y obtención de cálculos, bomba recircular.

TABLA 3.3-1

Dimensionamiento del Equipo

Descripción	Variable	Indicador
Medidas Del Cilindro		
Volumen	0,040	m ³
Altura	0,6	m
Diámetro	0,3	m
Material	Acero Inoxidable 304	--
Medidas de la Mesa		
Longitud	1,52	m
Altura	0,94	m
Ancho	0,79	m
Material	Acero Inoxidable A36	--
Geometrías y Medidas de los Orificios		
Circular	0,005	m
Cuadrado	0,005	m
Triangular	0,005	m
Alturas desde la base de la mesa hasta los diferentes orificios		
Circular	15	m
	25	
	35	
	44,5	
Cuadrado	24	m
	34	
	44	
	53,5	
Triangular	33	m
	43	
	53	
	62,5	
Medidas de la Bandeja		
Longitud	1,25	m
Altura	0,17	m
Ancho	0,46	m
Material	Acero Inoxidable 304	--
Medidas del Tanque Reservorio		
Volumen	0,080	m ³
Altura	0,62	m
Diámetro	0,4	m
Material	Acero Inoxidable 304	--

FUENTE: OLALLA G., 2012

3.3.1. Diseño del Equipo de Descarga de Líquidos por Orificios

Tabla 3.3.1-1

Diseño del Equipo

Descripción	Variable	Indicador
Medidas Del Cilindro		
Volumen	0,040	m ³
Altura	0,6	m
Diámetro	0,3	m
Material	Acero Inoxidable 304	--
Medidas de la Mesa		
Longitud	1,52	m
Altura	0,94	m
Ancho	0,79	m
Material	Acero Inoxidable A36	--
Geometrías y Medidas de los Orificios		
Circular	0,005	m
Cuadrado	0,005	m
Triangular	0,005	m
Alturas desde la base de la mesa hasta los diferentes orificios		
Circular	15	m
	25	
	35	
	44,5	
Cuadrado	24	m
	34	
	44	
	53,5	
Triangular	33	m
	43	
	53	
	62,5	
Medidas de la Bandeja		
Longitud	1,25	m
Altura	0,17	m
Ancho	0,46	m
Material	Acero Inoxidable 304	--
Medidas del Tanque Reservorio		
Volumen	0,080	m ³
Altura	0,62	m
Diámetro	0,4	m
Material	Acero Inoxidable 304	--

FUENTE: OLALLA G., 2012

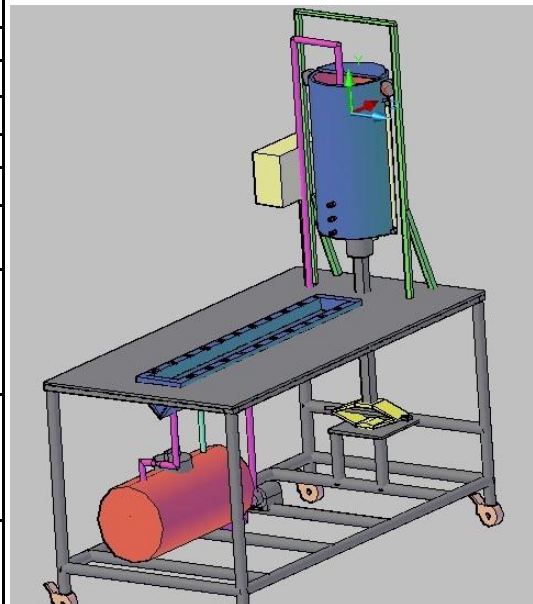


Fig.3.3.1-1 Equipo de Descarga de Líquidos Por Orificios

3.4. CONSTRUCCION DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS

3.4.1. Materiales

El material más adecuado para la construcción del equipo es el acero inoxidable 304 por su resistencia a la corrosión, económico, manipulación, disponibilidad, características físicas y químicas favorables, fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado satinado, coloreado, texturizado, etc.

3.4.2. Acero Inoxidable 304

Tiene buena resistencia a casi todos los agentes de corrosión utilizados en la industria. Se suelda fácilmente y es utilizado de manera general en atmósferas agresivas, en la industria química, cervecera, lechera, ganchos, agujas de inyección, herramientas de cirugía, piezas en reactores atómicos, piezas decorativas en la industria automotriz y aviación, artículos para el hogar, pernos para cadenas, industria vitivinícola y textil.

Fig. 3.4.2-1 Especificaciones del Acero Inoxidable 304

Calidad	Composición %								Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	
AISI-304	0,08	1,00	2,00	0,04	0,03	18,00 20,00	8,00 10,50		Instalaciones en general
AISI-316	0,08	1,00	2,00	0,04	0,03	16,00 18,00	10,00 14,00	2,00 3,00	Instalaciones de gran corrosión

PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedad	Tubo de inoxidable	Tubo galvanizado	Tubo de cobre	Tubo de PVC duro	Tubo de PVC termoresistente
Resistencia a la tracción Kg/mm ²	76,7	35,5	24,7	5,3	5,5
Alargamiento %	48,2	46,4	53	100	30
Dureza MHv - 1 Kg	190	110	64	120*	140*

* Valor R Rocwell

PROPIEDADES FÍSICAS

Propiedad	Tubo de inoxidable	Tubo galvanizado	Tubo de cobre	Tubo de PVC duro	Tubo de PVC termoresistente
Calor específico cal/gr°C	0,120	0,115	0,092	0,350	0,250
Conductividad térmica cal/cm seg.°C	0,039	0,142	0,934	0,12 x 10 ₃	0,11 x 10 ₃
Coef. Dilatación lineal 10 ⁻⁶ mm/°C	17,3	11,6	17,6	70	70
Resistencia eléctrica Micro-Ohmio/cm	72	14,2	1,71	más de 10 ¹⁵	más de 10 ¹⁵

FUENTE: Clasificación de Aceros Inoxidables - <http://www.tecnicsuport.com/index.php?pagina=http://www.tecnicsuport.com/fonta/taulesconsulta/características/caracterinox.htm>

3.4.3. Controlador lógico programable (PLC)

Los PLC sirven para realizar automatismos; son dispositivos electrónicos que reproducen programas informáticos, que permiten controlar procesos. Estos equipos pueden contar tanto con salidas como entradas del tipo Analógico y/o Digital.

Son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo

3.4.4. Selección de accesorios

3.4.4.1. Válvula de Paso

Es un dispositivo, usado para dar paso o cortar el flujo de agua u otro fluido por una tubería o conducción en la que está inserto, además tienen la función de evitar que el agua circule en la dirección contraria a la deseada (reflujo)

Estas válvulas de paso están en el cilindro, en la base del cilindro unido a la tubería que va al tanque reservorio y debajo del tanque reservorio para el drenaje total del agua hacia el sifón

3.4.4.2. Gato de Tijera

Funciona como un mecanismo de tornillo. Su popularidad se debe a su capacidad para generar una gran ventaja mecánica, es decir, una gran amplificación de la fuerza a partir de un brazo manual.

El mecanismo de este tipo de gatos no sólo permiten levantar se extiende el mecanismo de tijera, sino que también lo mantienen levantado gracias a la resistencia del tornillo, sin el cual el gato volvería a doblarse automáticamente.

Este gato está debajo del cilindro para subir y bajar a diferentes alturas con las que se quiera trabajar

3.4.4.3. Bomba de recirculación

La función de la bomba de recirculación es reducir el desperdicio de agua misma que se pondrá debajo del tanque reservorio para recircular el agua total al cilindro

3.4.5. Máquinas y Equipos utilizados

Para la construcción del reactor se utilizaron las siguientes máquinas, herramientas y accesorios:

- Dobladora de rodillos
- Cortadora de plasma para acero inoxidable
- Soldadora de acero inoxidable (soldadora tic que emplea electrodo de tuxteno)
- Torno
- Taladro de mesa y taladro de mano
- Moladora
- Pulidora

- Entenalla
- Sierra
- Brocas y machuelos
- Martillo, playo, destornilladores, fluxómetro, escuadras, llaves, hexágonos, gafas, guantes, mascarilla para soldar.

3.4.6. Construcción del Equipo

En la construcción del cilindro, tanque reservorio, bandeja, mesa lo primero es trazar las medidas de los mismos en la plancha de acero inoxidable, luego con la cortadora de plasma para acero inoxidable se dan las magnitudes requeridas.

La plancha cortada para el cilindro y tanque reservorio se dobla con rodillos, y dado que es una lámina pequeña se dobla en frío. Una vez obtenida la forma del cilindro se sueldan los extremos y la base utilizando una suelda tic (usa un electrodo con base de tungsteno), este tipo de suelda es el que se empleará en adelante para soldar todos los lugares donde se necesite.

Con el cilindro (30 cm de diámetro y 60 cm de altura) armado, se hicieron huecos en la parte frontal para poner las llaves de paso y seguido los orificios con diferentes geometrías de 0,5 cm ya sea circular, cuadrado, triangular.

Para construir la media tapa se trazan las medidas en una plancha de acero inoxidable de 5 mm de espesor y a continuación se suelda en la parte superior izquierda del cilindro

Con el tanque reservorio armado se hicieron dos huecos para poner las llaves de paso, la primera llave va desde la bandeja al tanque reservorio y la segunda llave va desde el tanque reservorio seguido de una bomba de recirculación, que esta atornillada en un

tubo, hasta el cilindro; y un tercer hueco que sirve como tapa del tanque para introducir el agua.

Terminada la mesa y la bandeja en forma de V en la parte superior izquierda de la mesa debe soldarse dos soportes con ruedas deslizantes para subir y bajar el cilindro mismo que es accionado por un gato de tijera

Para acondicionar los accesorios se usaron neplos roscados ya que las paredes del cilindro son muy débiles, con esto se logra que las partes puedan ser removidas con facilidad cuando se desgasten.

Para que la superficie quede con un buen acabado, se emplea una pulidora cuyo disco debe ser nuevo de manera que no se contamine el acero.

3.5. OPERACIÓN DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS

- Se coloca la manguera de ½ pulgada en la tubería de PVC por la cual ingresa el agua al tanque reservorio; llenar casi todo el tanque.
- Con el gato de tijera subir o bajar el cilindro a la altura que se desea trabajar ya sea 12, 22, 32 o 41,5 m (la altura total es con los diferentes orificios)
- Colocar el interruptor de energía
- Se procede a encender el PLC con la llave y esperar que el sistema se cargue
- Dar clic en "inicio" y luego dar clic en "bomba de agua" para empezar a llenar el cilindro, una vez llenado el cilindro dar clic en "bomba de agua" para apagarlo
- Se procede abrir la válvula con orificio geométrico circular, cuadrado o triangular y al mismo tiempo dar clic en "empezar" del tiempo

- El momento que cae el chorro de agua hacia la bandeja con la regla medir la distancia del mismo
- Después de descargar el agua de 5 en 5 por el orificio cerrar la válvula y al mismo tiempo dar clic en "detener" del tiempo y "hold" del volumen que por lo general está en un rango de 3,12 a 3,79 L, esto se hace con la finalidad de obtener un dato estable para su cálculo
- Insertar los datos restantes para luego dar clic en "calcular" (si se desea obtener los datos calculados) o sino solo copiar los datos para su cálculo manual
- Una vez terminado el proceso de descarga de líquidos por orificios dar clic en "apagar" y luego apagar completamente con la llave
- Desenchufar el interruptor de energía
- Abrir la válvula del cilindro para mandar toda el agua al tanque reservorio
- Movilizar el equipo hasta que la válvula del tanque reservorio esté en un sifón para el drenaje total del agua

3.6. MANTENIMIENTO

- Una vez realizado las operaciones de trabajo en el equipo, se debe verificar la salida total del agua tanto del cilindro como del tanque reservorio para una próxima operación.
- Utilizar con regularidad el equipo ya que algunos elementos pueden resultar susceptibles al daño por obsolescencia.
- Es importante siempre chequear la tubería y los acoples, verificar su perfecto funcionamiento.

- Terminado el proceso de descarga de líquidos por orificios apagar desde el PLC, luego girar la llave después desconectar y secar

3.7. REQUERIMIENTO PRESUPUESTARIO

3.7.1. Recursos Humanos

TABLA3.7.1-1

Recursos Humanos

Denominación	Costo (Dólares)
Mano de Obra para la Construcción y Ensamblaje del Equipo	200
Mano de Obra para modificaciones del equipo	300
TOTAL	500

FUENTE: OLALLA G., 2012

3.7.2. Recursos Materiales

Tabla 3.7.2-1

Recursos Materiales

Denominación	Costo (Dólares)
Pruebas de Laboratorio Agua	80
Materiales para la Construcción del Equipo	2460
Transporte	100
Varios	360
TOTAL	3000

FUENTE: OLALLA G., 2012

3.7.3. Recursos Totales

TABLA 3.7.3-1
Recursos Totales

Denominación	Costo (Dólares)
Recursos Humanos	500
Recursos Materiales	3000
Subtotal	3500
Imprevistos (10%)	350
TOTAL	3850

FUENTE: OLALLA G., 2012

3.8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez identificadas las variables que intervienen en un proceso de descarga de líquidos por orificios como son la altura, volumen, tiempo, distancia del chorro; se realizó los cálculos para su dimensionamiento siendo el Volumen = 40 L, Altura del cilindro = 0,60 m, Diámetro = 0,30 m, y con orificios de diferentes geometrías de 0,5cm etc.

Este equipo está construido con una bomba anticorrosiva y Acero Inoxidable AISI 304, por ser este el más resistente a la corrosión y tiene una mayor prolongación de vida útil. Para la selección del material se realizó análisis químico de agua del laboratorio de Operaciones Unitarias siendo los siguientes valores: pH = 7,79; sólidos totales= 781 mg/L; dureza= 657 mg/L, estos datos comparando con la norma INEN 974, 972 y 973 indica que el agua presenta una dureza muy alta que en relación con el pH que es básico causa incrustaciones en un material que no es de buena de calidad, y por ende menor vida útil; los sólidos totales están dentro del rango

En el equipo manual de laboratorio de operaciones unitarias, el volumen total de carga es de 40L, pero debido a las hendiduras propias del tanque el volumen real de carga es de 36L, ocasionando pérdidas de volumen en el proceso de descarga, comparando al volumen total del equipo construido que es de 40L, el volumen real es de 38L, debido a las características de construcción que el cilindro presenta, obteniéndose datos más confiables.

El volumen de descarga que se realizó con el equipo manual, fue de aproximadamente 5,5L, este dato depende del tipo de tanque, fugas existente por el orificio y la toma de volúmenes manualmente en un envase con medidor; en cambio el volumen de descarga del equipo construido es aproximadamente de 4L, ya que tiene un sensor en la bandeja, permitiendo obtener datos reales y el margen de error es mínimo, siendo esto lo más importante en el proceso y realización de cálculos.

La velocidad de salida del equipo piloto en base a la altura de la bandeja fue de 2,44m/s y en base al orificio de 1,56m/s estos valores no son exactos debido a la toma de datos manualmente dando errores en los cálculos, mientras que en el equipo construido la velocidad de salida en base a la altura del cilindro fue de 1,85m/s y en base al orificio de 1,72m/s, estos valores se dieron por la construcción adecuada y por la obtención de datos semiautomáticos dando resultados reales

Con la validación del equipo se obtuvo un rendimiento del 95%, esto se dio por las propuestas de construcción del equipo, recursos utilizados en el proyecto y los logros conseguidos con el mismo; en cambio en el equipo manual se obtuvo un rendimiento del 90% este porcentaje es debido a las hendiduras propias del tanque y fugas de agua por el orificio

El equipo de descarga de líquidos por orificios se construyó con la finalidad de que los estudiantes tengan un mejor conocimiento del proceso de descarga como Operación Unitaria, ya que el estudio de esto contribuirá al desarrollo intelectual y al desempeño profesional en el ámbito social y laboral.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El análisis del agua dio resultados de pH = 7,79; dureza = 657 mg/L; sólidos totales = 781 mg/L
- Las variables de proceso identificadas para la construcción del equipo fue altura del cilindro = 60cm, diámetro del cilindro = 30cm, capacidad para 40L y diámetro de los orificios de 5mm
- La velocidad de salida en base a la altura del cilindro es de 1,85m/s mientras que en base al orificio es de 1,72m/s
- Con la validación del equipo se obtuvo un rendimiento del 95%, y una eficiencia del 85%

4.2. RECOMENDACIONES

- Verificar que todas las conexiones del equipo estén en buen estado
- Para un buen desempeño del equipo darle el respectivo mantenimiento luego de cada práctica realizada
- Es importante que al momento de la utilización del equipo se tenga conocimiento previo del manejo y funcionamiento del mismo

CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **BRITO.H.**, Solucionario de Problemas de Mecánica de fluidos., sned., Riobamba – Ecuador., sne., 2007., Pp. xxvii-xviii
- 2.- **BRITO.H.**, Texto Básico de Mecánica de fluidos., sned., Riobamba – Ecuador., sne., 2007., Pp. 112-116
- 3.- **DEUTSCHMAN, A.**, Diseño de Maquinas., 4a. ed., Distrito Federal de México., Editorial Continental., 1991., Pp. 112-116
- 4.- **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).**, Determinación del Residuo Seco Total., NTE INEN 972., Quito – Ecuador., INEN., 1983., Pp. 1-3
- 5.- **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).**, Determinación del pH., NTE INEN 973., Quito – Ecuador., INEN., 1983., Pp. 1-2
- 6.- **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).**, Determinación de la Dureza Total por Titulación con EDTA., NTE INEN 974., Quito – Ecuador., INEN., 1983., Pp. 1-3
- 7.- **FELDER, R.**, Cálculos Básicos de Ingeniería Química., 2a. ed., México., Editorial McGraw Hill., 1990., Pp. 170-175.
- 8.- **OCON, J., y TOJO, G.**, Problemas de Ingeniería Química., 3a. ed., Madrid-España., Editorial Agilar S.A., 1980., Pp. 283-309-311-320-326.

- 9.- PERRY, R.,** Manual del Ingeniero Químico., 7a. ed., New York-USA., Editorial McGraw Hill., 2000., Pp. 31369.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

10.- ACERO INOXIDABLE

<http://www.tecnicsuport.com/index.php?pagina=http://www.tecnicsuport.com/fonta/taulesconsulta/características/caracterinox.htm>

<http://www.irmaco.com/Productos/inoxidable.htm>

2012/30/10

11.- CAUDAL

[http://es.wikipedia.org/wiki/Caudal_\(fluido\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Caudal_(fluido))

2012/15/09

12.- COEFICIENTES Y FLUJOS

http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&ved=0CDwQFjAF&url=http%3A%2F%2Fdanielamaldonado.ublog.cl%2Farchivos%2F5317%2Fcoeficientes&ei=IoZSUJfPOcTdqAG12oDoCQ&usg=AFQjCNGt60XIxUy9cTGorN34KO9P2-2JmA&sig2=bcMFg_yXN6ajbdL1SQNWtw

2012/13/09

13.- CALIDAD DEL AGUA

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Calidad-De-Agua/834877.html>

2012/13/09

14.- DESCARGA POR ORIFICIOS

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Analsis-De-Descargas-PorOrificios/1306077.html>

2012/27/06

15.- DUREZA

<http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>

2012/27/06

16.- ECUACIÓN DE DARCY – WEISBACH (PÉRDIDAS POR FRICCIÓN)

http://es.wikipedia.org/wiki/Ecuación_de_Darcy-Weisbach

2012/24/12

17.- FACTOR DE FRICCIÓN

http://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_fricción

2012/24/12

18.- FLUIDOS

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fluido>

2012/27/06

19.- GATO DE TIJERA

<http://salutip.blogspot.com/2012/09/como-funciona-el-gato-de-tijera.html>

2012/30/10

20.- GASTO MÁSICO

http://es.wikipedia.org/wiki/Gasto_másico

2012/24/12

21.- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)

NTE INEN 972., Determinación del Residuo Seco Total

<http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/972.pdf>

NTE INEN 973., Determinación del pH

<http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/973.pdf>

NTE INEN 974., Determinación de la Dureza Total por Titulación con EDTA

<http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/974.pdf>

2012/9/07

22.- LÍQUIDOS

<http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADquido>

<http://www.buenastareas.com/ensayos/caracteristicas-de-los-liquidos/29757.html>

2012/9/07

23.- NÚMERO DE REYNOLDS

http://es.wikipedia.org/wiki/Número_de_Reynolds

2012/24/12

24.- PÉRDIDAS POR ACCESORIOS

<http://www.slideshare.net/meliaviladavila/perdidas-por-accesorios>

2012/24/12

25.- pH

<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/PH/pH.htm>

2012/16/07

26.- PLC

http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable

2012/30/10

27.- RUGOSIDAD ABSOLUTA

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/confinado/rugosidadabsoluta.html>

2012/24/12

28.- RUGOSIDAD RELATIVA

<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1028316>

2012/24/12

29.- SÓLIDOS TOTALES

<http://es.calameo.com/read/0002796592bf31085cf85>

2012/16/07

30.- TEOREMA DE TORICELLI

[http://www.ecured.cu/index.php/Teorema de Torricelli](http://www.ecured.cu/index.php/Teorema_de_Torricelli)

<http://issuu.com/ernestoyanezrivera/docs/32-principio-de-torricelli>

2012/27/06

31.- TEOREMA DE BERNOULLI

[http://es.wikipedia.org/wiki/Principio de Bernoulli](http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Bernoulli)

2012/27/06

32.- VÁLVULA DE PASO

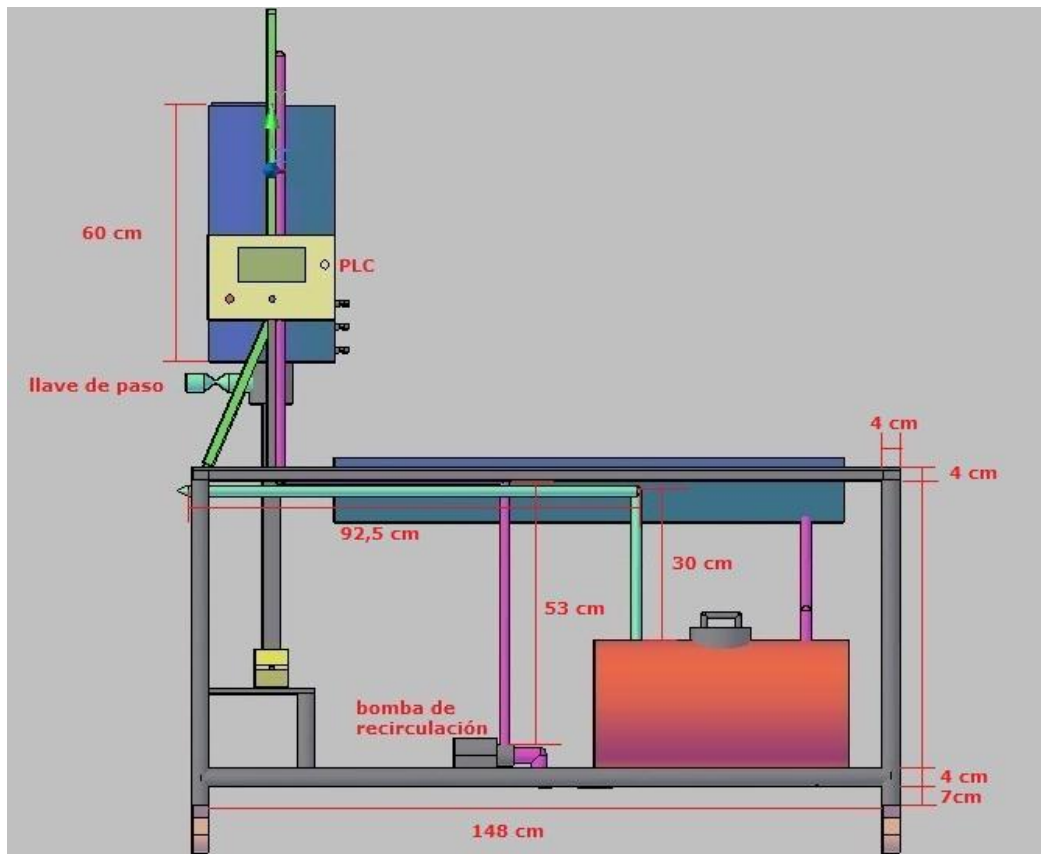
[http://es.wikipedia.org/wiki/Válvula de paso](http://es.wikipedia.org/wiki/Válvula_de_paso)

2012/20/10

ANEXOS

ANEXO I

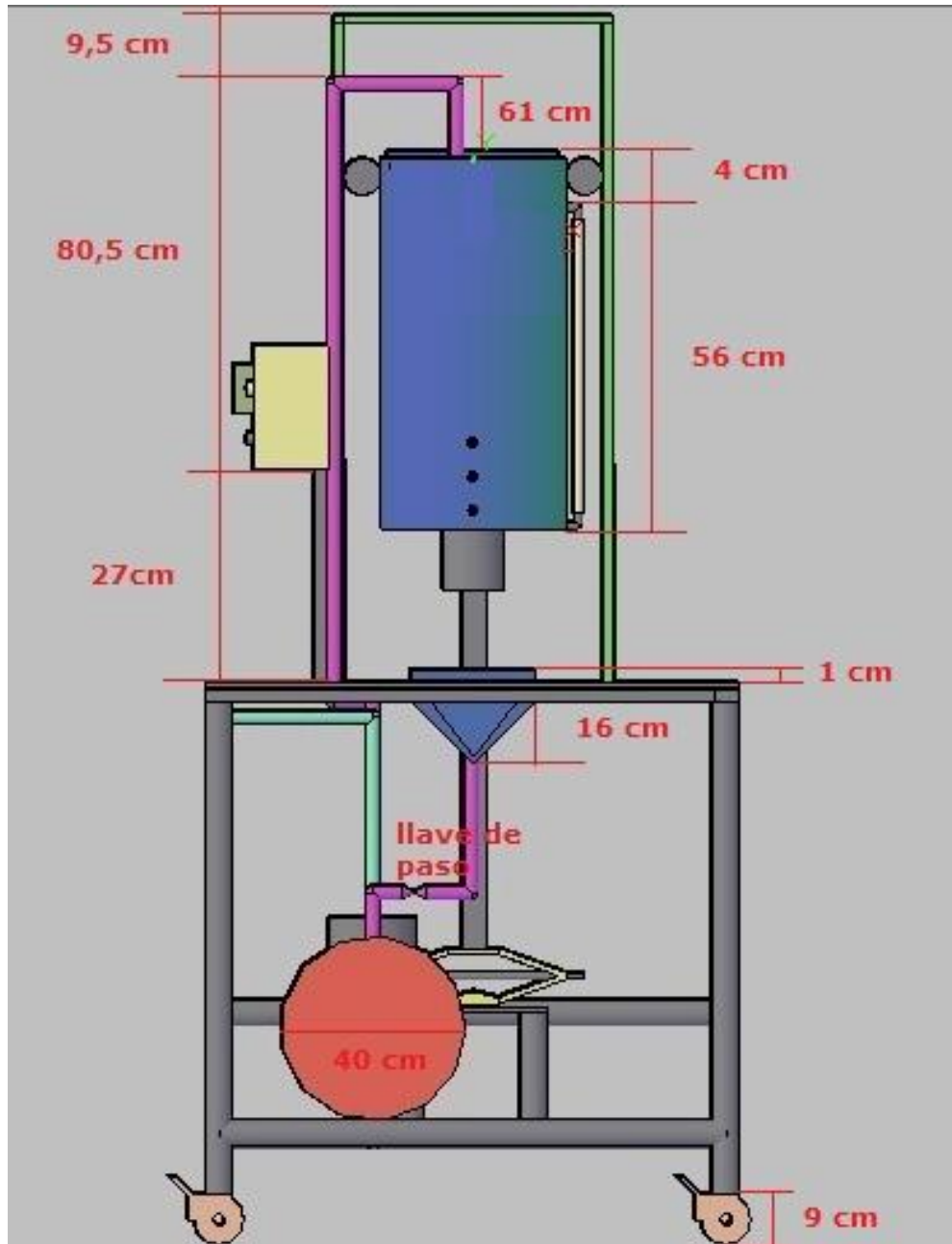
DIMENSIONES PARTE IZQUIERDA DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DIMENSIONES PARTE IZQUIERDA DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			1A	1:10	2012/12/20

ANEXO II

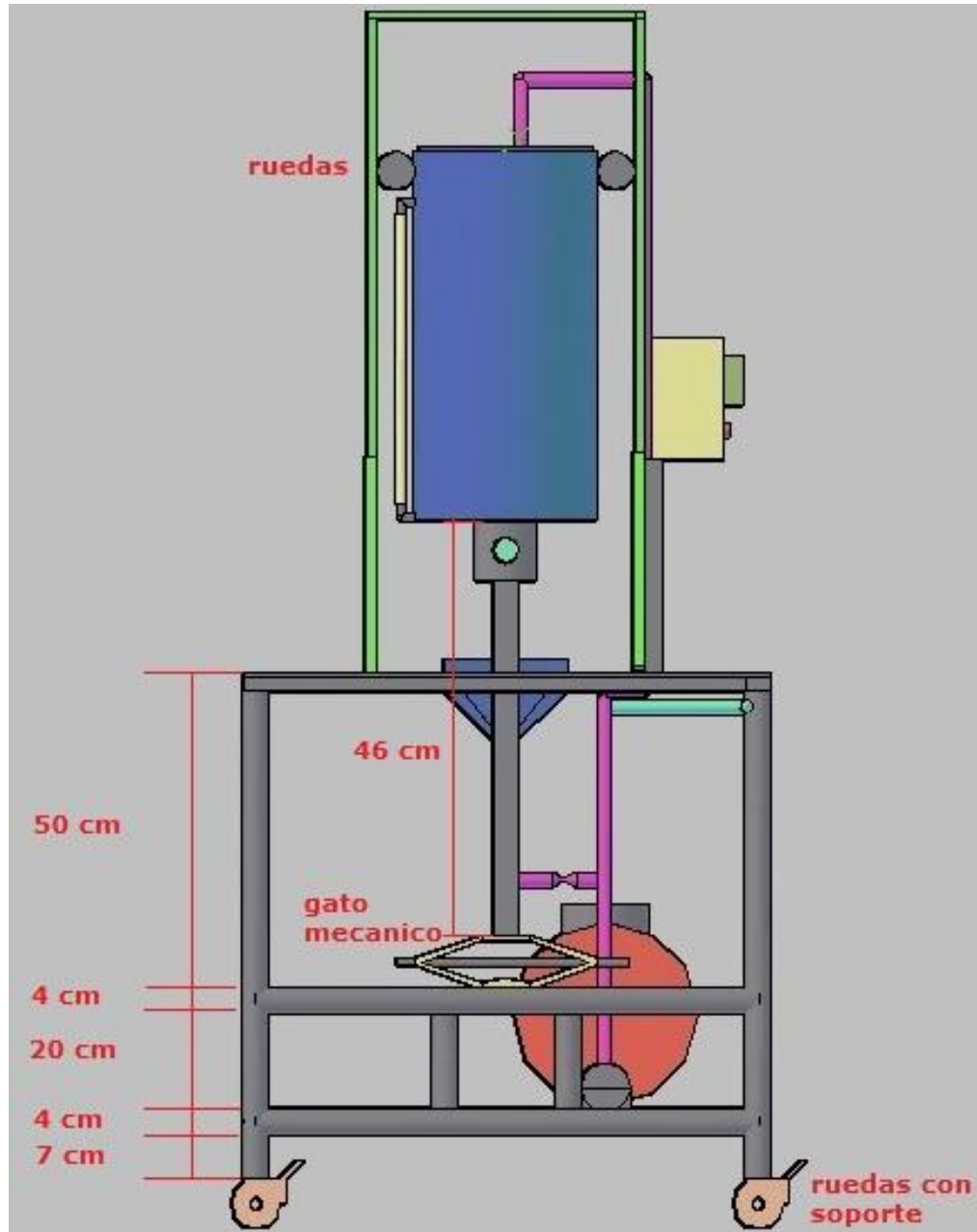
DIMENSIONES PARTE FRONTAL DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DIMENSIONES PARTE FRONTAL DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			2B	1:10	2012/12/20

ANEXO III

DIMENSIONES PARTE POSTERIOR DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS

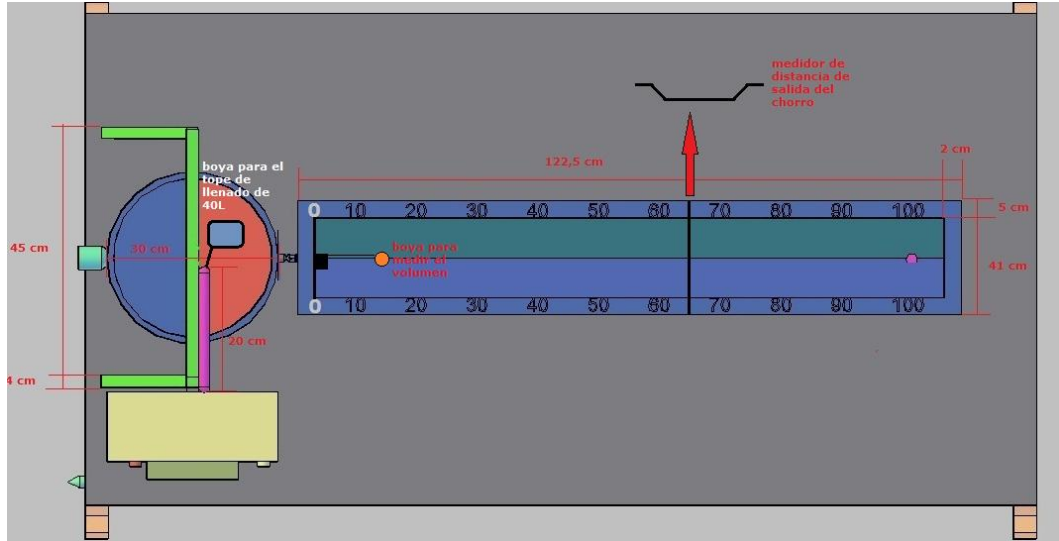


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DIMENSIONES PARTE POSTERIOR DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			3C	1:10	2012/12/20

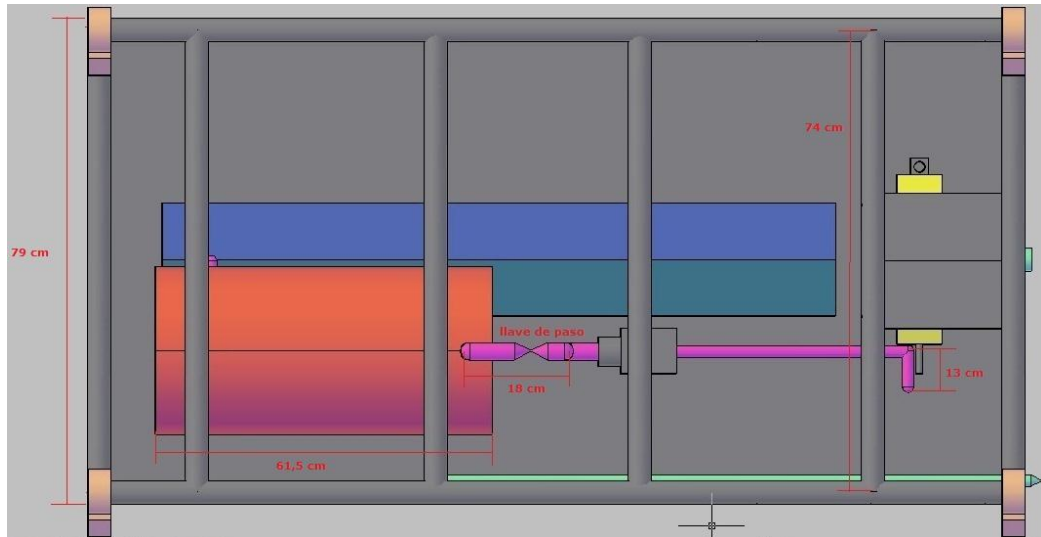
ANEXO IV

DIMENSIONES PARTESUPERIOR E INFERIOR DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS

A)



B)

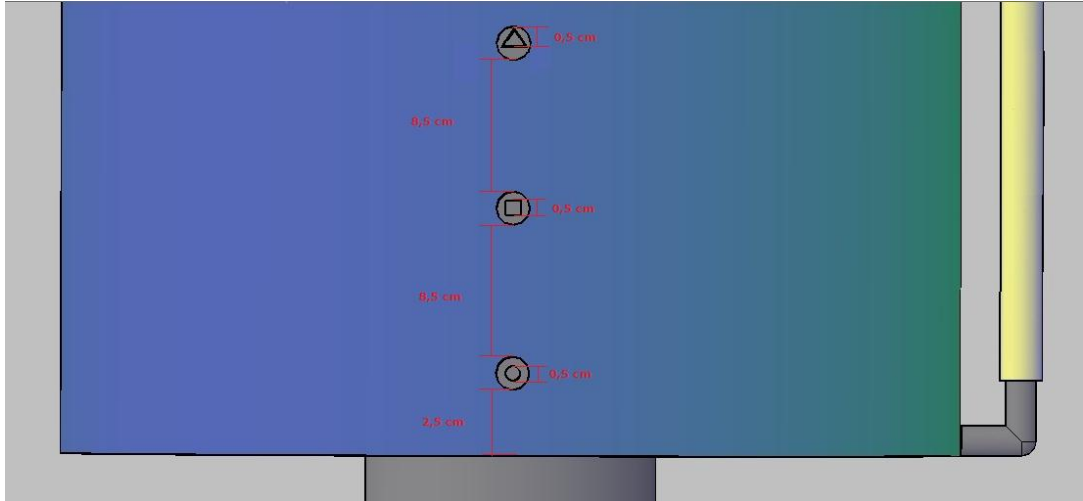


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DIMENSIONES PARTE SUPERIOR E INFERIOR DEL EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
A) Superior B) Inferior			4D	1:10	2012/12/20

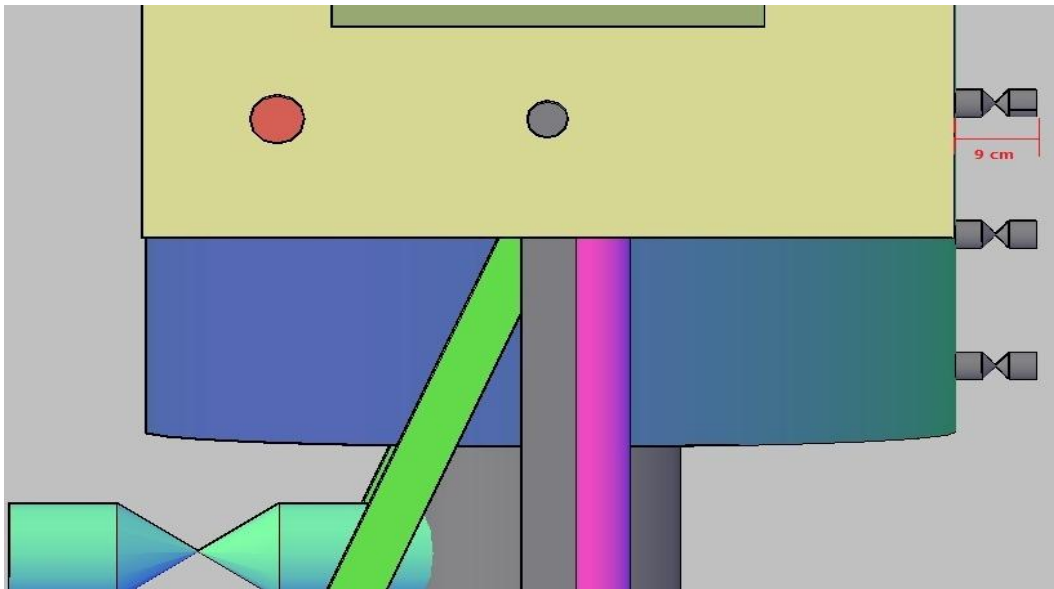
ANEXO V

DIMENSIONES PARTE FRONTAL E IZQUIERDA DE LOS ORIFICIOS

A)



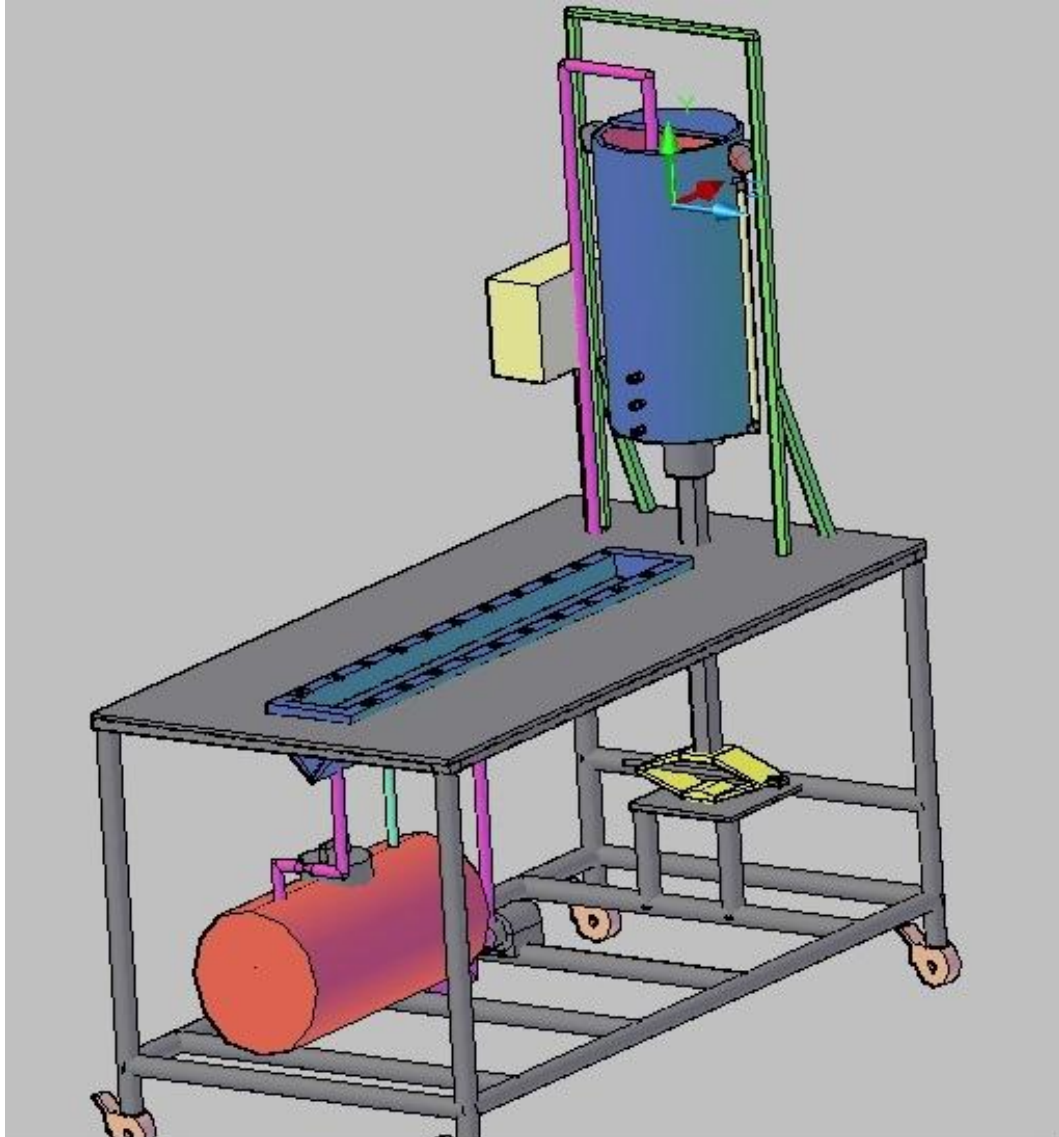
B)



NOTAS		CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DIMENSIONES PARTE FRONTAL E IZQUIERDA DE LOS ORIFICIOS		
				LAMINA	ESCALA	FECHA
A) Frontal		<input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	5E	1:10	2012/12/20
B) Izquierda						

ANEXO VI

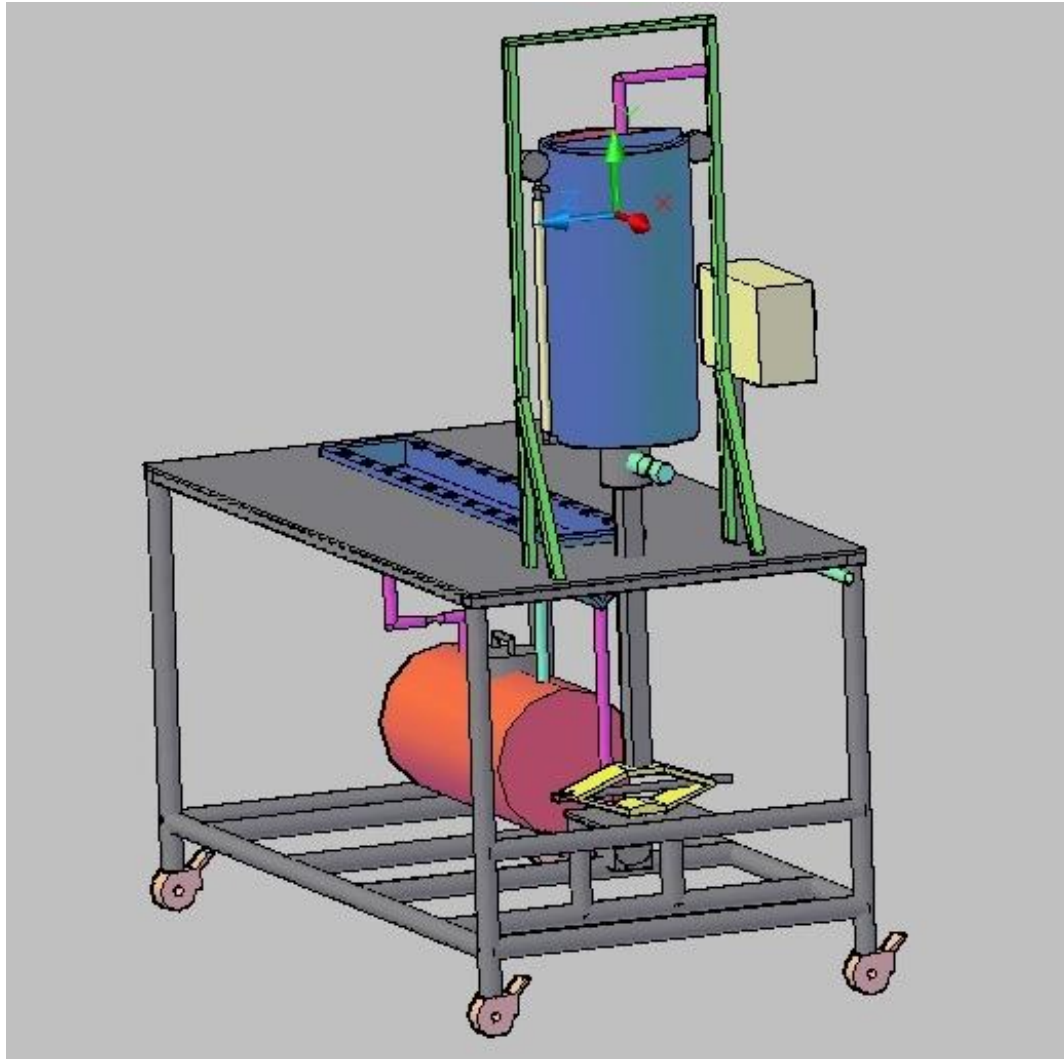
VISTA EN 3D LATERAL



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	VISTA EN 3D LATERAL		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			6F	1:10	2012/12/20

ANEXO VII

VISTA EN 3D POSTERIOR



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	VISTA EN 3D POSTERIOR		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
		7G	1:10	2012/12/20	

ANEXO VIII

EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	EQUIPO DE DESCARGA DE LIQUIDOS POR ORIFICIOS		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			SH	Normal	2012/12/20

ANEXO IX

**ANALISIS QUIMICO DEL AGUA DEL LABORATORIO DE OPERACIONES
UNITARIAS DE LA ESPOCH**



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 - 032360260
Avenida 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS

CODIGO 181-190-12

Solicitado por: Georgina Olalla
Fecha de entrega de resultados: 8 de Octubre de 2012
Tipo de muestras: Agua de grifo, Laboratorio de Química Industrial.
Localidad: Riobamba, ESPOCH.
ANALISIS QUÍMICO:

MUESTRA	FECHA	HORA	DETERMINACIONES	
			DUREZA (mg/L)	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)
MUESTRA 1	2012/10/01	9:30	728	890
MUESTRA 2	2012/10/01	14:30	720	888
MUESTRA 3	2012/10/02	9:30	632	788
MUESTRA 4	2012/10/02	14:30	640	790
MUESTRA 5	2012/10/03	9:30	600	680
MUESTRA 6	2012/10/03	14:30	620	690
MUESTRA 7	2012/10/04	9:30	700	840
MUESTRA 8	2012/10/04	14:30	704	850
MUESTRA 9	2012/10/05	9:30	600	690
MUESTRA 10	2012/10/05	14:30	624	700

NOTA:

- Para la determinación de la dureza se utilizó la NORMA INEN 974
- Para la determinación de los sólidos totales se utilizó la NORMA INEN 972
- No hay valores límites en la NORMA INEN 1108 para la dureza y sólidos sin embargo los valores recomendables según otras normativas son:
DUREZA: menor a 300 mg/L
SÓLIDOS TOTALES: menor a 1000 mg/L

ATENTAMENTE

Dra. Gina Álvarez Reyes



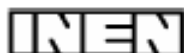
Dra. Fabiola Villa

Nota: El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo
Las muestras son receptadas en el laboratorio

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	ANALISIS QUIMICO DEL AGUA DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESPOCH		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			91	Normal	2012/12/20

ANEXO X

DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 1)



CDU: 674-82:634 1/8:635 1/8

AG 04.02-401

Norma Técnica Ecuatoriana	AGUA POTABLE. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACIÓN CON EDTA.	INEN 974 1983-03
----------------------------------	--	----------------------------

0. INTRODUCCION

La dureza del agua se define como la característica del agua que representa la concentración de los iones calcio y magnesio expresados como carbonato de calcio. Sin embargo, deberán incluirse otros iones metálicos que produzcan dureza si éstos están en cantidades significativas.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método complexométrico para determinar la dureza total en agua potable por titulación con EDTA.

2. FUNDAMENTO

2.1 El ácido etilendiaminotetraacético y su sal de sodio forman un esqueleto complejo soluble cuando se adiciona a una solución de ciertos cationes metálicos.

2.2 Si una pequeña cantidad de colorante, como el eriocromo negro T, se adiciona a una solución acuosa que contiene iones calcio y magnesio a pH 10,0 ± 0,1, la solución vira al rojo vino; si se agrega el EDTA como titulador se forman complejos de calcio y magnesio. Cuando todo el calcio y el magnesio hayan formado complejo, la solución virará al azul que es el punto final de la titulación.

3. TERMINOLOGIA

3.1 **Dureza de carbonato.** Es la cantidad de dureza debida a la suma de la alcalinidad de carbonato y de la alcalinidad de bicarbonato que es equivalente a la alcalinidad total.

3.2 **Dureza de no carbonato.** Es la cantidad de dureza en exceso que resulta de restar la alcalinidad total de la dureza total.

3.3 **Dureza total.** Es la dureza de carbonato más la dureza de no carbonato si está presente en el agua.

4. EQUIPOS

4.1 Matraz Erlenmeyer, de 250 cm³.

4.2 Bureta, de 25 cm³.

4.3 Pipeta volumétrica, de 1cm³ y de 50 cm³.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 1)		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			10J	Normal	2012/12/20

ANEXO XI

**DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA
(HOJA 2)**

4.4 Balanza analítica, sensible al 0,1 mg.

4.5 Vaso de precipitación, de 250 cm³.

5. REACTIVOS

5.1 Solución inhibidora. Pesar 3,7 g de sulfuro de sodio pentahidratado, Na₂S.5H₂O, y disolver en agua destilada, hasta completar 100 cm³.

5.2 Solución tampón:

a) Se disuelve 16,9 g de cloruro de amonio, NH₄Cl, con 143 cm³ de hidróxido de amonio concentrado, NH₄OH, se agregan 1,25 g de la sal de magnesio del EDTA y se diluye a 250 cm³ con agua destilada. En esta forma se tiene automáticamente el magnesio presente en la titulación, sin que se requiera la corrección con un testigo.

b) También se puede preparar la solución amortiguadora de la sal de magnesio del EDTA procediendo de la siguiente forma: disolver 1,179 g de la sal sódica del ácido etilendiamino tetraacético deshidratado y 780 mg de sulfato de magnesio heptahidratado, Mg SO₄.7H₂O, ó 644 mg de cloruro de magnesio hexahidratado, Mg Cl₂.6H₂O, en 50 cm³ de agua destilada. Añadir a esta solución 16,9 g de cloruro de amonio, NH₄Cl y 143 cm³ de hidróxido de amonio concentrado, NH₄OH, mezclar y diluir a 250 cm³ con agua destilada. Para obtener la mayor exactitud, ajustar a la equivalencia exacta con adiciones de pequeñas porciones de EDTA o sulfato o cloruro magnesio. Guardar la solución a) o b) en un recipiente de plástico o de vidrio resistente. Tapar bien para evitar la pérdida de NH₃ o ganancia de CO₂. No debe guardarse más de un mes la reserva, en un recipiente continuamente abierto.

5.3 Eriocromo negro T. Acido 1-(1 hidróxido- 2 naftilazo) - 5 nitro- 2 naftol 4 sulfónico (sal sódica). Mezclar en un mortero 0,5 g de Eriocromo negro T con 100 g de cloruro de sodio; conservar en frasco con tapón esmerilado.

5.4 Solución 0,01 M de EDTA, (Na₂H₂C₁₀H₁₂O₈N₂.2H₂O). Sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético. Titulada con solución patrón de calcio; 1 cm³ de solución debe corresponder a 1 mg de carbonato de calcio. Esta solución debe guardarse en un recipiente pyrex o de plástico. Se puede utilizar indefinidamente si la deterioración gradual se compensa por una retitulación periódica y se introduce el factor apropiado de corrección.

5.5 Solución patrón de carbonato de calcio. Pesar 1,000 g de carbonato de calcio anhidro Ca CO₃ en un matraz Erlenmeyer de 500 cm³, colocar un embudo en el cuello del matraz y añadir lentamente ácido clorhídrico (1 + 1) hasta que todo el CaCO₃ haya sido disuelto. Añadir 200 cm³ de agua destilada y hervir unos pocos minutos para eliminar el CO₂. Enfriar y añadir unas gotas de indicador rojo de metilo, y ajustar al color anaranjado por adición de NH₄ OH 3N o HCl 1 + 1 según se necesite. Transferir cuantitativamente a un balón volumétrico de 1 litro y completar a la marca con agua destilada. Esta solución patrón contiene 1,00 mg Ca CO₃/1,00 cm³.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 2)		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			11K	Normal	2012/12/20

ANEXO XII

DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 3)

NTE INEN 1 735

1989-05

6. CONDICIONES GENERALES

6.1 La determinación de la dureza deberá realizarse dentro de 7 días siempre y cuando la conservación de la muestra se haya hecho a 4°C a pH 2 con HNO₃.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Efectuar la determinación por duplicado sobre la muestra.

7.2 Colocar 50 cm³ de la muestra, medidos con pipeta volumétrica, en un matraz Erlenmeyer y añadir 1 cm³ de la solución tampón; agitar levemente.

7.3 Adicionar 1 cm³ de la solución inhibidora y una pequeña porción (aproximadamente 0,05 g) del indicador Eriocromo negro T.

7.4 Titular con la solución 0,01 M de EDTA hasta que la coloración pase a azul.

7.4.1 Si en la titulación se utiliza más de 15 cm³ de la solución de EDTA, repetir la operación utilizando un volumen menor de muestra. La duración de la titulación no debe exceder de 5 minutos, contados a partir de la adición de la solución tampón.

8. CALCULOS

8.1 La dureza total se determina utilizando la ecuación siguiente

$$\text{Dureza (EDTA), en mg/l como Ca CO}_3 = 1\,000 \frac{V_2 \times f}{V_1}$$

Donde.

D = dureza total (EDTA) en miligramos de carbonato de calcio por litro.

V₁ = volumen de la muestra, en cm³.

V₂ = volumen de solución de EDTA utilizando en la titulación, en cm³.

F = factor de la solución de EDTA.

9. ERROR ACEPTABLE

9.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 5% del promedio de los dos valores; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

10. INFORME DE RESULTADOS

10.1 Como resultado final, debe reportarse la mediada aritmética de los valores de la determinación como mg/l de Ca CO₃.

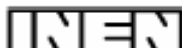
10.2 Debe mencionarse, cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

10.3 Deben incluirse todos los datos necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACION CON EDTA (HOJA 3)		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	LAMINA	ESCALA	FECHA
			12L	Normal	2012/12/20

ANEXO XIII

DETERMINACION DEL PH (HOJA 1)



CDU: 644.61

AL 01.06-304

Norma Técnica Ecuatoriana	AGUA POTABLE. DETERMINACIÓN DEL pH	INEN 973 1983-03
---------------------------	------------------------------------	---------------------

0. INTRODUCCION

El pH de la mayor parte de aguas naturales está en el rango de 4 a 9. La mayoría de aguas son ligeramente básicas debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. La desviación del valor normal en una agua determinada puede ser causada por desechos industriales ácidos o básicos. El control y medida del pH en afluentes industriales es importante para controlar la contaminación del agua. Es también importante el ajuste del pH en las plantas de tratamiento para controlar la corrosión en los sistemas de distribución.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método potenciométrico para determinar el pH en agua potable.

2. FUNDAMENTO

2.1 Determinación electrométrica del pH en una muestra de agua potable, utilizando un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por el cambio de pH .

3. EQUIPOS

3.1 Potenciómetro, con electrodos de vidrio, apto para medir el pH con exactitud al primer decimal.

3.2 Piceta.

3.3 Vaso de precipitación.

4. REACTIVOS

4.1 Solución tampón de pH4, pH7 y pH9.

4.2 Agua destilada.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 El electrodo de cristal es relativamente inmune a interferencias por el color, turbiedad, sustancias coloidales, cloro libre, oxidantes y reductores, lo mismo que a contenidos salinos elevados, con excepción del sodio a pH superiores a 10.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DETERMINACION DEL PH (HOJA 1)		
	LAMINA	ESCALA	FECHA	13M	Normal

ANEXO XIV

DETERMINACION DEL PH (HOJA 2)

NTE INEN 973

1983-03

5.2 La temperatura varía el potencial del electrodo, este efecto se puede compensar con el ajuste de que dispone el propio aparato.

5.3 La ionización de la muestra depende de la temperatura, este efecto depende de la muestra, por lo que se debe registrar la temperatura a la que se analiza cada muestra.

5.4 La determinación del pH deberá realizarse dentro del menor tiempo posible y, si hay refrigeración a 4°C, el análisis se hará dentro de un tiempo máximo de 6 h.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Efectuar la determinación por duplicado sobre la muestra.

6.2 Lavar los electrodos con agua destilada y calibrar el aparato a la temperatura de la muestra, utilizando una solución de referencia cuyo pH sea similar al esperado para la muestra. En todo caso, deberán seguirse las instrucciones del fabricante.

6.3 Colocar la muestra en el vaso de precipitación; introducir los electrodos y efectuar la determinación del pH.

7. ERROR ACEPTABLE

7.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de dos décimas de unidad pH; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación, en unidades de pH hasta la primera cifra decimal.

8.2 Debe indicarse la temperatura a la que se realizó la determinación.

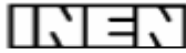
8.3 En el informe de resultados, debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

8.4 Deben incluirse todos los datos necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Ojalía Procel Carlota Georgina	DETERMINACION DEL PH (HOJA 2)		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			14N	Normal	2012/12/20

ANEXO XV

DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 1)



CDU: 644.61

AL 01.06-303

Norma Técnica Ecuatoriana	AGUA POTABLE. DETERMINACIÓN DEL RESIDUO SECO TOTAL	INEN 972 1983-03
----------------------------------	---	-----------------------------

0. INTRODUCCION

El residuo afecta generalmente a la palatabilidad del agua y puede producir reacciones desfavorables en los consumidores. Aguas con alta concentración de minerales no son convenientes para utilizarse en muchas industrias. Los procesos de tratamiento del agua que eliminan las partículas en suspensión ayudan a eliminar parte del residuo seco.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar el residuo total seco en agua potable.

2. FUNDAMENTO

2.1 Determinar por diferencia el residuo seco total de la muestra después de evaporada a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ en una cápsula previamente secada y pesada.

3. TERMINOLOGIA

3.1 **Residuo seco total.** Es el material que permanece en la cápsula después de la evaporación de la muestra y el subsiguiente secado en la estufa a una temperatura definida. El residuo seco total incluye el residuo filtrable y el residuo no filtrable.

3.2 **Residuo filtrable.** Es la porción del residuo seco total que pasa a través del filtro.

3.3 **Residuo no filtrable.** Es la porción del residuo seco total que es retenido por el filtro.

4. EQUIPOS

4.1 **Matraz volumétrico,** de 100 cm^3 .

4.2 **Cápsula de platino,** o porcelana, o vycor o pyrex, de 150 cm^3 .

4.3 **Estufa,** temperatura ajustable en $105 \pm 3^\circ\text{C}$.

4.4 **Baño María,** que contenga agua destilada.

4.5 **Dsecador,** con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.

4.6 **Balanza analítica,** sensible al 0,1 mg.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 1)		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	LAMINA	ESCALA	FECHA
			150	Normal	2012/12/20

ANEXO XVI

DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 2)

NTE INEN 972

1983-03

5. DISPOSICIONES GENERALES

- 5.1 Las muestras deben ser almacenadas en recipientes inertes a la acción del agua, los frascos plásticos son satisfactorios.
- 5.2 Las muestras deben analizarse tan pronto como sea posible, para reducir la posibilidad de cambios físicos o químicos durante su almacenamiento.
- 5.3 Deben incluirse todos los datos necesarios para la completa identificación de la muestra.

6. PROCEDIMIENTO

- 6.1 La determinación debe efectuarse por duplicado.
- 6.2 Lavar, secar en la estufa durante una hora a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, enfriar en el desecador y pesar la cápsula con aproximación al 0,1 mg .
- 6.3 Transferir 100 cm^3 de la muestra exactamente medidos a la cápsula preparada, y someter a evaporación completa en baño María.
- 6.4 Secar en la estufa, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante dos horas; enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg .

7. CALCULOS

7.1 El residuo seco debe determinarse mediante la ecuación siguiente:

$$R = \frac{(P2 - P1) \cdot 1000}{V}$$

Donde:

- R = residuo seco total, en mg/l .
- P2 = peso de la cápsula más el residuo seco total en gramos.
- P1 = peso de la cápsula limpia y seca, en gramos.
- V = volumen de muestra.

8. ERROR ACEPTABLE

8.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 5 % del promedio de ambos resultados; en caso contrario, debe repetirse la determinación

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 2)		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	LAMINA	ESCALA	FECHA
			16P	Normal	2012/12/20

ANEXO XVII

DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 3)

NTE INEN 972

1983-03

9. INFORME DE RESULTADOS

9.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación en mg/l.

9.2 En el informe de resultados, debe indicarse cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	DETERMINACION DEL RESIDUO SECO TOTAL (HOJA 3)		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			17Q	Normal	2012/12/20

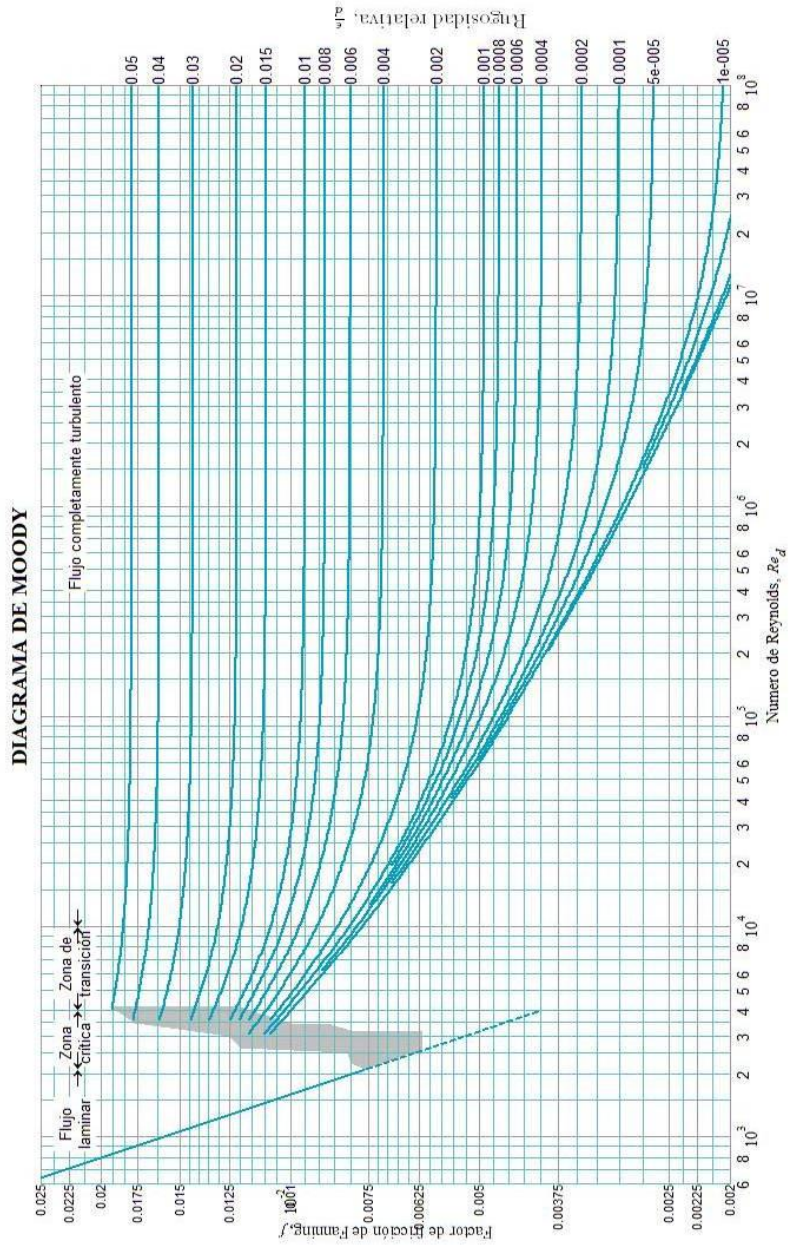
ANEXO XVIII

RUGOSIDAD RELATIVA

Tipo de tubo	Descripción del material	ϵ (mm)
Tubos lisos		
	De vidrio, cobre, latón, madera (bien cepillada) y acero nuevo soldado.	0.015
	Tubos de latón	0.025
	Hierro fundido nuevo	0.25
	Hierro fundido oxidado	1 a 1.5
	Hierro fundido nuevo, con bridas o juntas de macho y campana	0.15 a 0.3
	Hierro fundido para agua potable, con bastantes incrustaciones y diámetro de 50 a 125mm	1 a 4
	Acero laminado, nuevo	0.04 a 0.1
	Acero inoxidable	0.05
Tubos de acero soldado de calidad normal		
	Nuevo	0.05 a 0.1
	Limpado después de mucho uso	0.15 a 0.2
	Moderadamente oxidado, con pocas incrustaciones	0.4
	Con costura longitudinal y una línea transversal de remaches en cada junta, o bien	0.3 a 0.4
	Acero soldado, con una hilera transversal sencilla de pernos en cada junta, laqueado interior, sin oxidaciones, con circulación de agua turbia.	1
Tubos remachados, con filas longitudinales y transversales		
	Espesor de lámina-5mm	0.65
	Espesor de lámina-12mm	5.5
	Asbesto-cemento nuevo	0.025
	Concreto en galerías, colado con cimbra normal de madera	1 a 2
	Concreto de acabado liso	0.025
	Conductos de concreto armado, con acabado liso y varios años de servicio	0.2 a 0.3
	Concreto con acabado normal	1 a 3
	Concreto con acabado rugoso	10
	Cemento liso	0.3 a 0.8
	Cemento no pulido	1 a 2
	Concreto pre esforzado	0.4 a 0.25
	Mampostería de piedra	1.2 a 15

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	RUGOSIDAD ABSOLUTA		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			20T	Normal	2012/12/20

ANEXO XIX DIAGRAMA DE MOODY



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Ojalía Procel Carlota Georgina	DIAGRAMA DE MOODY <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">LAMINA</th> <th style="width: 33%;">ESCALA</th> <th style="width: 33%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">21U</td> <td style="text-align: center;">Normal</td> <td style="text-align: center;">2012/12/20</td> </tr> </table>	LAMINA	ESCALA	FECHA	21U	Normal	2012/12/20
LAMINA	ESCALA	FECHA							
21U	Normal	2012/12/20							

ANEXO XX

COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K) (HOJA 1)

Accesorio	Constante (K)
Válvula de globo	
Asiento biselado completamente abierta	6,40
50 % abierta	9,50
Asiento compuesto completamente abierta	6,00
50 % abierta	8,50
Asiento de tapón de disco completamente abierta	10,00
75 % abierta	13,00
50 % abierta	36,00
25 % abierta	112,00
Válvula de ángulo completamente abierta	5,00
Válvula de retención	
De charnela completamente abierta	2,50
De disco de elevación vertical	10,00
De bola	70,00
Válvula de compuerta	
De disco prismático completamente abierta	0,19
75 % abierta	1,15
50 % abierta	5,60
25 % abierta	24,00
Válvula de diafragma	
Completamente abierta	2,30
75 % abierta	2,60
50 % abierta	4,30
25 % abierta	21,00
Válvula de escape o Y	
Llave de expulsión completamente abierta	3,00
Llave o grifo de disco (grifo de corcho)	
Ángulo con la horizontal 5°	0,05
10°	0,29
20°	1,56
40°	17,30
60°	206,00

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K) (Constante de Accesorios)		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			22V	Normal	2012/12/20

ANEXO XXI

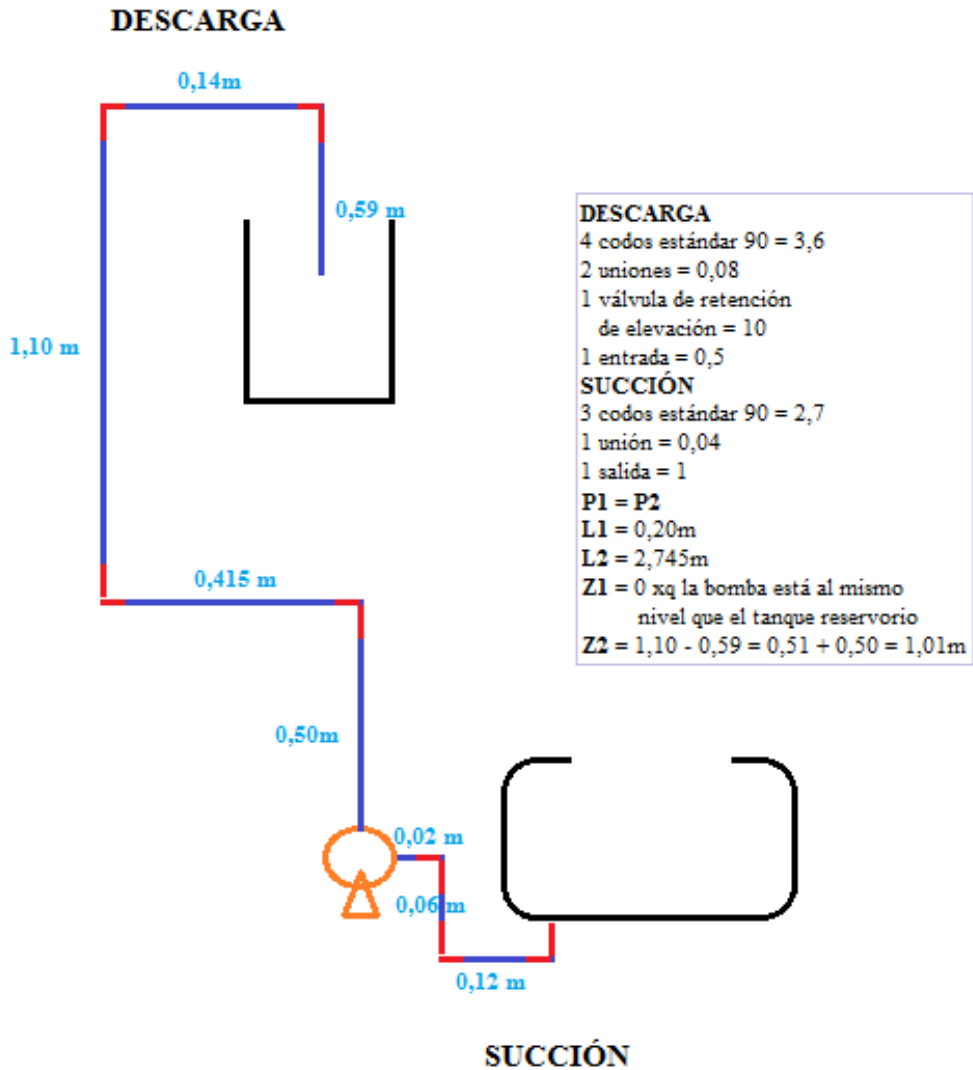
COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K) (HOJA 2)

Válvula de mariposa (cerradura de disco)	
Ángulo con la horizontal 5°	0,24
10°	0,52
20°	1,54
40°	10,80
60°	108,00
Válvula de pie caja de absorción	15,00
Codos	
180° codo de retorno o en u	2,20
90° estándar roscado	0,90
radio medio roscado	0,75
radio largo roscado	0,60
én escuadra	1,30
45° estándar roscado	0,42
radio largo roscado	0,20
Conexión en T estándar	
Recorrido largo con ramal desocupado	1,80
Usada como codo entrando al recorrido principal	1,30
Usada como codo entrando al ramal	1,50
Flujo ramificado	1,00
Acoples	0,04
Uniones	0,04
Entrada ordinaria	0,50
Boquilla entrante	0,83
Contracción brusca	$0,5(1-(d/D)^2)$
Expansión brusca	$(1-(d/D)^2)^2$
Contadores de agua	
Disco	7,00
Émbolo (pistón)	15,00
Rotatorio (estrella en forma de disco)	10,00
De rueda de impulsión	6,00

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K) (Constante de Accesorios)		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			23W	Normal	2012/12/20

ANEXO XII

ALTURAS Y LONGITUDES DEL SISTEMA DE BOMBEO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Olalla Procel Carlota Georgina	ALTURAS Y LONGITUDES DEL SISTEMA DE BOMBEO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			24X	Normal	2012/12/20