



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL SISTEMA PARSHALL PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL
FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADO POR EMPRESAS
PRODUCTORAS DE INSUMOS QUÍMICOS BÁSICOS, LIMA, 2023**

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Espinoza Villacorta, Alex Miguel

Asesor:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique
(ORCID: 0000-0002-0684-5114)

Jurado:

García Urrutia Olavarria Roque, Jesús Leonardo

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Lima - Perú

2024



DISEÑO DEL SISTEMA PARSHALL PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADO POR EMPRESAS PRODUCTORAS DE IMSUMOS QUÍMICOS BÁSICOS, LIMA, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	2%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dialnet.unirioja.es Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DEL SISTEMA PARSHALL PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL
FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADO POR EMPRESAS PRODUCTORAS
DE INSUMOS QUÍMICOS BÁSICOS, LIMA, 2023

Línea de Investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Espinoza Villacorta, Alex Miguel

Asesor:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

(ORCID: 0000-0002-0684-5114)

Jurado:

García Urrutia Olavarria Roque, Jesús Leonardo

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Lima – Perú

2024

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mis padres por el constante apoyo emocional y motivacional que recibí durante mi formación profesional.

Esta tesis también la dedico a todos los docentes de la facultad que tuve la oportunidad de conocer y que buscan contribuir con su enseñanza en formar profesionales para una mejor sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por estar siempre presente en cada etapa de mi vida y a mis padres por su apoyo incondicional.

Agradecer a todos los docentes de la Facultad de Ing. Civil por sus consejos y enseñanzas en todos estos años de estudio.

También agradezco a mi asesor por su tiempo y enseñanza en este presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Descripción y formulación del problema	12
1.1.1 Formulación del problema.....	13
1.2. Antecedentes.....	14
1.2.1 Antecedentes nacionales.....	14
1.2.2 Antecedentes internacionales	15
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación.....	19
1.4.1 Justificación práctica	19
1.4.2 Justificación social.....	19
1.5. Hipótesis	20
1.5.1 Hipótesis general	20
1.5.2 Hipótesis específica.....	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Medición de caudales	21
2.1.1 Hidrometría.....	21

2.1.2 Instrumento de medición de flujo en canales abiertos.....	21
2.2. Sistema Parshall.....	21
2.2.1 Características de un sistema Parshall.....	21
2.2.2 Establecimiento característico del flujo del sistema Parshall.....	22
2.2.3 Resalto hidráulico.....	23
2.2.4 Definición de un sistema Parshall.....	24
2.2.5 Tipos de medidores.....	25
2.2.6 Dimensiones del medidor Parshall.....	27
2.2.7 Parámetros y caracterización de la instalación de un sistema Parshall como aforador.....	30
2.2.8 Descarga libre o descarga sumergida.....	31
2.2.9 Cálculo del caudal.....	31
2.2.10 Temperatura y su correlación con la densidad y viscosidad del fluido.....	35
2.3. Aguas residuales.....	36
2.3.1 Definición de aguas residuales.....	36
2.3.2 Clasificación de las aguas residuales.....	36
III. MÉTODO.....	38
3.1. Tipo de investigación.....	38
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	39
3.3. Variables.....	40
3.3.1 Variable independiente.....	40
3.3.2 Variable dependiente.....	40

3.4. Población y Muestra	41
3.5. Instrumentos	41
3.6. Procedimiento	42
3.6.1 Recolección de datos	42
3.6.2 Procedimiento constructivo	42
3.6.3 Validación y procesamiento de datos	46
3.7. Análisis de datos	47
3.8. Consideraciones éticas	47
IV. RESULTADOS	48
4.1. Selección del ancho de garganta (W) del sistema Parshall	48
4.2. Parámetros de diseño para el sistema Parshall	49
4.3. Determinación del caudal y del volumen final	57
4.3.1 Cálculo del caudal y volumen	57
4.3.2 Resumen de cálculos	62
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
VI. CONCLUSIONES.....	66
VII. RECOMENDACIONES	67
VIII. REFERENCIAS	68
IX. ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de k y m.....	28
Tabla 2 Dimensiones típicas de medidores Parshall en cm.....	30
Tabla 3 Valores de exponente “n” y coeficiente “k”.....	32
Tabla 4 Rango de caudales de operación en sistemas Parshall	33
Tabla 5 Caudales en medidores Parshall en l/s.....	34
Tabla 6 Condiciones físicas del agua a diferentes temperaturas	35
Tabla 7 Tabla de recolección de datos 1.	46
Tabla 8 Tabla de recolección de datos 2.	47
Tabla 9 Dimensiones del sistema Parshall	49
Tabla 10 Sistema Parshal con descarga libre	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Resalto hidráulico	24
Figura 2 Parte principales de un canal Parshall	25
Figura 3 Medidor Parshall tipo libre	26
Figura 4 Medidor ahogado	26
Figura 5 Dimensiones del canal Parshall	27
Figura 6 Parámetros dimensionales para un canal Parshall	29
Figura 7 Proceso de fiscalización de las aguas residuales	37
Figura 8 Cifras de las aguas residuales en el Perú	37
Figura 9 Ubicación de la zona de estudio	40
Figura 10 Unidad de análisis, diseño y construcción	41
Figura 11 Trazo y replanteo	42
Figura 12 Corte de piso	43
Figura 13 Excavación con maquinaria	43
Figura 14 Control con nivel topográfico	44
Figura 15 Excavación con maquinaria	44
Figura 16 Encofrado del canal	45
Figura 17 Vaciado de concreto	45
Figura 18 Desencofrado del canal	46
Figura 19 Detalle en planta y corte de sección del canal Parshall	48
Figura 20 Medición del tirante en el día 1	57
Figura 21 Medición del tirante en el día 2	58
Figura 22 Medición del tirante en el día 3	59
Figura 23 Medición del tirante en el día 4	60
Figura 24 Medición del tirante en el día 5	61

Figura 25 Medición de caudales	62
Figura 26 Medición de volúmenes	63

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se justifica en que existen algunas empresas productoras de insumos químico que no llevan un buen control del caudal y volumen de aguas residuales que terminan desembocando hacia el mar, es por ello que la presente tesis tiene como objetivo diseñar el sistema Parshall para calcular el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, dicho sistema podrá medir el caudal y volumen que pasa a través de él y que posteriormente pasará a una planta de tratamiento para que finalmente sea desembocada hacia el mar. El tipo de investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y diseño no experimental. El procedimiento que se siguió para el diseño del sistema Parshall fue mediante la recolección de datos tomados directamente del campo. Los principales resultados fue el diseño del sistema Parshall que tiene un ancho de garganta de 9 pulgadas y permite medir una caudal mínimo de 2.55 lt/s y un caudal máximo de 251.9 lt/s, así como también se pudo obtener los parámetros hidráulicos (sección convergente, sección divergente, ancho de garganta, etc.) para dicho ancho de garganta. En conclusión, se obtuvo el caudal y volumen final de las aguas residuales, el caudal final que se obtuvo para un promedio de cinco días de medición fue de 64.89 lt/s y un volumen final para un promedio de cinco días de 5606.81m³ de efluente.

Palabras clave: Sistema Parshall, caudal, aguas residuales de insumos químicos, diseño.

ABSTRACT

The present research work is justified by the fact that there are some companies producing chemical inputs that do not have good control of the flow and volume of wastewater that ends up flowing into the sea, which is why the objective of this thesis is to design the Parshall system. To calculate the final flow of wastewater generated by companies producing basic chemical inputs, said system will be able to measure the flow and volume that passes through it and that will subsequently pass to a treatment plant so that it is finally discharged towards the sea. The type of research has a quantitative, descriptive approach and non-experimental design. The procedure followed for the design of the Parshall system was through the collection of data taken directly from the field. The main results were the design of the Parshall system, which has a throat width of 9 inches and allows measuring a minimum flow rate of 2.55 lt/s and a maximum flow rate of 251.9 lt/s, as well as obtaining the hydraulic parameters (convergent section, divergent section, throat width, etc.) for said throat width. In conclusion, the final flow rate and volume of the wastewater was obtained, the final flow rate obtained for an average of five days of measurement was 64.89 lt/s and a final volume for an average of five days of 5606.81m³ of effluent.

Keywords: Parshall system, flow, chemical input wastewater, design.

I. INTRODUCCIÓN

Las masas de agua se desequilibran cuando las actividades humanas liberan en ellas grandes cantidades de escorrentía contaminada (López et al., 2019); por ejemplo, cantidades excesivas de nutrientes como nitratos y fosfatos pueden provocar problemas de eutrofización y un cambio en el pH natural del agua; y ciertas concentraciones de estos compuestos pueden ser tóxicas para la vida humana, fauna y flora del entorno (Juliño et al., 2021).

Es por ello que en el devenir del tiempo se han abordado medidas o alternativas de tratamiento suficientes para el pretratamiento de todo efluente que tenga por destino final fuentes de agua de consumo o naturales, dentro de estas alternativas se encuentran las microalgas, gracias a su metabolismo fotosintético, pueden absorber la luz solar y el dióxido de carbono y almacenar nutrientes ambientales para la producción de biomasa; en consecuencia, pueden utilizarse para eliminar el fósforo y el nitrógeno de las aguas residuales (González et al., 2018); además de ellas, se encuentra la implantación de estructuras de medición de caudal, comportamiento hidráulico y control de sustancias para determinar a posteriori la cantidad de contaminantes para establecer medidas de mitigación de los impactos ambientales (Rodríguez et al., 2018; Guallpa et al., 2022).

En tal sentido, la vigilancia de los procesos de mitigación de aspectos ambientales se ha tornado un elemento crucial de foco humano ya que se ha evidenciado menoscabos ambientales sustanciales por no tomar la debida conciencia y aptitud empresarial para la sostenibilidad; realidad que no es ajena a las organizaciones que comercializan este tipo de productos, dichas organizaciones son actualmente un productor integrado de sal y productos químicos básicos en el Perú y uno de los cinco mayores productores de cloro-soda en el continente latinoamericano.

Actualmente la planta, opera bajo los siguientes componentes industriales declarados y aprobados por el Ministerio de la Producción, planta refinería de sal, planta cloro soda, planta fosfato bicálcico, planta cloruro férrico, planta cloro líquido, planta ácido clorhídrico, planta

soda sólido, planta sulfato férrico y planta hipoclorito de sodio. Asimismo, dentro de los procesos de planta más perjudiciales a la salud y medio ambiente se posiciona la planta fosfato bicálcico, ya que este componente presente de forma sólida trae efectos adversos a la salud como irritación de la piel, ojos y vías respiratorias; así como la irritación del tracto digestivo si se consume de manera directa o indirecta.

Aunado al inciso, el fosfato de esta índole, tiene una afección al medio ambiente sustancial, el incremento de la concentración de este en las aguas superficiales provoca el crecimiento de organismos dependientes del fosfato, como son las algas. Estos organismos consumen grandes cantidades de oxígeno, provocando un déficit del mismo en los ríos, lagos y embalses.

Por esta razón estas organizaciones con miras del resguardo medio ambiental en compañía con la normativa legal correspondiente, ha posicionado su mirada en la mitigación de los contaminantes de los efluentes que de esta sale en evacuación a las distintas zonificaciones receptoras (fuentes de agua, cloacas), en tal virtud, se ha establecido la necesidad de la construcción del sistema Parshall para la canalización, evaluación hidráulica y control del caudal residual del efluente fosfato bicálcico resultante de los procesos de la planta en cuestión.

1.1. Descripción y formulación del problema

La construcción del medidor o sistema Parshall promueve la medición del caudal residual generado con miras de minimizar el mismo inhibiendo la contaminación de las bocas de agua finales receptoras; esto, en consonancia con los parámetros regulatorios establecidos dentro de la jurisdicción nacional e internacional. Así pues, mantener de forma regulatoria el caudal generado dentro de los procesos industriales del contexto organizacional.

Actualmente estas empresas son productor integrado de sal y de productos químicos en el Perú es uno de los mayores productores cloro-soda, empresa de la cual es respetuosa al

entorno y del medio ambiental, comprometiéndose a cumplir los pedidos de los organismos encargados de que se cumpla los códigos y estándares de control del medio ambiente.

La planta de Fosfato bicálcico cuenta con una estructura de tratamiento de efluentes siendo el Espesador E-06. Debido a ello se pretende realizar la construcción de la canalización para la instalación de un “Sistema Parshall” de la cual esta es certificada. Para así controlar los caudales de aguas residuales.

Se realizó la inspección visual de la ubicación en obra del proyecto “CANALIZACION EFLUENTE FBC - SISTEMA PARSHALL” que va a ser la continuidad del Espesador E-06 mediante canales, buzones y tuberías siendo el jardín la futura ubicación del proyecto, donde también se presenta buzones eléctricos dando a entender la existencia de tuberías eléctricas para ello se tomará las medidas correctas para no perjudicar los trabajos externos a la obra.

1.1.1 Formulación del problema

Problema general

¿Cómo será el diseño del sistema Parshall para calcular el caudal final de las aguas residuales generadas por empresas productoras de insumos químicos básicas?

Problemas específicos

¿Cuáles son los criterios para la selección del ancho de garganta del sistema Parshall para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos?

¿Cuáles son los parámetros hidráulicos del sistema Parshall para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos?

- 1) ¿Cómo se realizará el cálculo del caudal y volumen final promedio para cinco días de medición de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos?

1.2. Antecedentes

1.2.1 Antecedentes nacionales

De la Cruz et al. (2022), en su artículo científico titulado “diseño de canaleta Parshall”, dentro de este, los autores establecen que, diferentes modelos describen el comportamiento del proyecto y establecen restricciones sobre cómo puede utilizarse, y estos modelos están estrechamente ligados a la estructura subyacente del proyecto. Cuando se trata de la acción del flujo en el interior del canal, una longitud de aproximación a la entrada no es más que una distancia primaria, como ocurre en este caso. A lo largo de la historia se realizaron estudios para intentar establecer un valor aproximado y realista de la longitud en el momento de realizar las mediciones, pero las teorías subyacentes se perdieron. Algunos relacionan esta longitud con el estrechamiento del tubo digestivo, mientras que otros abogan por una salud caudal óptima antes de entrar en la ducha. Por tal motivo tuvo por objetivo diseñar una canaleta Parshall para la medición de caudales residuales.

Para avanzar en el proyecto definido y alcanzar los objetivos especificados, se puso en marcha el marco adecuado. Las mediciones se realizarán desde puntos predeterminados sobre el terreno utilizando una estación base del sistema de posicionamiento global, lo que permitirá verificar las mediciones precisas de la canaleta Parshall. Los puntos se introducirán en Civil 3D para su cálculo y diseño, de modo que puedan comprobarse las distancias entre ellos; esto nos permitirá utilizar diversos métodos para confirmar el diseño de esta canaleta Parshall. Se evaluará el cultivo de colza y se replantará si es necesario realizando un trasplante en el campo utilizando la información calculada de antemano en una sala de control. Esto nos permitirá determinar el mejor curso de acción a seguir para garantizar la eliminación de cualquier imperfección resultante.

Para ello, este informe se centra en la construcción y rediseño de un canal de recirculación mediante una sección Parshall, cuyo objetivo es calibrar el tamaño de la

alcantarilla correspondiente. Las mediciones sobre el terreno pueden comprobarse en la oficina mediante fórmulas y programas informáticos para garantizar que los datos son exactos; si es así, podemos decir que el diseño es correcto. Si no, se realizará un estudio de campo para buscar una solución.

Lizarraga y Mendez (2022), en su trabajo de grado titulado “Dimensionamiento de un canal hidráulico para mejorar el riego de las zonas agrícolas del distrito de Lurín – Lima”, los autores tienen como objetivo principal mejorar la actividad en dicha zona de estudio mediante el diseño de un nuevo canal que pueda abastecer a la población de dicho lugar de estudio. En el proceso de diseño también fue necesario tener en cuenta otras evaluaciones como la topografía del terreno, el tipo de suelo, irrigación de cultivo necesario, caudal actual disponible y obras hidráulicas complementarias.

La investigación fue de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y nivel explicativo. Se pudo obtener como resultado el caudal de 1.103 m³/s para el nuevo canal de diseño el cual mejoraría enormemente el abastecimiento de agua, también se tiene que tener en consideración las obras hidráulicas complementarias que ayudaran para el mejor control de la repartición de agua entre los agricultores.

Se concluye que el nuevo canal de diseño mejora la actividad agrícola de dicha población ya que abastecerá con un mayor caudal a toda la población y que así mismo el estudio topográfico fue importante para poder determinar la pendiente, también se determinó que el nuevo canal de diseño tiene que ser revestido para evitar problemas de infiltración.

1.2.2 Antecedentes internacionales

Aponte (2019), en su trabajo de grado titulado “diseño y construcción de una canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás Sede Central”, tuvo como objetivo el diseño del dispositivo que pueda establecer un funcionamiento idóneo y sirva como herramienta a nivel pedagógico para el análisis de aguas y saneamiento, bajo esta premisa,

se simula una canaleta de Parshall utilizando un aparato de canal de flujo en estas condiciones. Este aparato está hecho de acrílico, hierro y cloruro de polivinilo; tiene un tanque alimentado por gravedad, una bomba hidráulica con un caudal de 4 litros por segundo y una red de tuberías para mantener el agua circulando por el canal. Esta herramienta, junto con cuatro placas metálicas, se utiliza para estudiar el comportamiento del agua en los canales al cambiar el ángulo del sol. Sin embargo, los autores establecieron que un canal enrejado no es la mejor herramienta para analizar un canal Parshall, sus características de flujo, su altura hidráulica o sus cualidades acústicas.

El producto final fue un embudo Parshall de 2,10 metros de longitud, fabricado en acero inoxidable y fibra de vidrio, con un caudal diseñado para suministrar 4 litros de agua a cada segmento, que se calibró para que coincidiera con la salida de la bomba eléctrica utilizada en el mencionado sistema de recirculación del canal de flujo. Hasta el año 2022, las explicaciones en clase se reforzaron con dicho dispositivo.

Cuenca (2019), en su trabajo de grado titulado “cálculo de la longitud mínima de aproximación para una canaleta Parshall, a través de la comparación del comportamiento hidráulico entre un modelo numérico y modelo físico”, ante la necesidad de evaluar el comportamiento de diversas estructuras (incluidas las hidráulicas), se han desarrollado y utilizado varios programas informáticos para acelerar y mejorar los procedimientos de investigación y diseño. La modelización en dichos programas se basa en la construcción de volúmenes mediante elementos finitos de tipo hexaédrico o triangular y las codificaciones se realizan mediante ecuaciones diferenciales. Esta tecnología proporciona resultados de simulación en el dominio medioambiental para la interpretación y resolución de modelizaciones de fluidos en sistemas monofásicos y multifásicos. Se abordaron 3 fases de abordaje del prototipo en cuanto a los ensayos de laboratorio, toma experimental del caudal, en una segunda etapa se estableció el pre-processing, que es el modelado de la canaleta en Open Foam.

Asimismo, una tercera fase que se encargó de la corrida running the code, que es la codificación de entrada del sistema.

Asimismo, el autor estableció que, las canaletas Parshall para medición de caudal son omnipresentes en los sistemas hidráulicos y encuentran una gran variedad de aplicaciones. Sin embargo, hay ciertas pautas que deben seguirse a la hora de decidir dónde colocar una canaleta Parshall para garantizar su buen funcionamiento. Las condiciones de agua por encima de la media son de crucial importancia. Resulta tentador argumentar que no hay espacio suficiente para construir el canal, o que la construcción puede causar inundaciones en la sección aguas arriba del tranvía del canal. Lamentablemente, unas malas condiciones del caudal de agua arriba pueden provocar importantes errores de medición del caudal aguas abajo.

A partir de los resultados del laboratorio y de OpenFoam, podemos calcular que la distancia mínima para acercarse a la canaleta es de 2 metros, es decir, unas 5,7 veces la anchura del intestino. La medición dentro de los confines de la canaleta no se verá afectada una vez alcanzada esta distancia. El nivel de detalle de las mallas es una parte importante de la configuración del modelo; si las mallas son demasiado detalladas, el tiempo de simulación se dispararía y la carga computacional de los numerosos ordenadores sería demasiado grande para ser práctica. La precisión del modelo es del 1,96%, lo que lo convierte en bastante exacto para las numerosas condiciones necesarias; asimismo, se ha establecido que el modelo funciona bajo diversos tipos de enmallado siempre que se mantenga un grado razonable de refinamiento.

Cedeño (2020), en su trabajo de grado titulado “análisis de un caudal Parshall mediante un modelo hidráulico de laboratorio”, tuvo como objetivo el diseño de una canaleta Parshall por medio de un modelamiento hidráulico para la especialidad de ingeniería civil, teniendo en cuenta la importancia de conocer y aprender el buen juicio a la hora de elegir el mejor método para llevar a cabo proyectos hidráulicos, esta obra de titulación presenta el estudio del buen funcionamiento de los canales tipo Parshall como dispositivos eficaces.

En esta fase se desarrolló todo lo relacionado al dimensionamiento del dispositivo, su geometría y características hidráulicas de funcionamiento. Por consiguiente, se describen los cálculos realizados para la obtención del diseño final y el comportamiento hidráulico en dichas condiciones. Se estableció un ancho de garganta de 2 pulgadas para la canaleta Parshall, ya que las condiciones que establecimos es que fuera de fácil manipulación por cualquier estudiante de la universidad. Debido a esto se revisó la bibliografía encontrada, y gracias a varios proveedores de estos dispositivos logramos encontrar la norma y las medidas.

Con los parámetros determinados, se construye un canal de Parshall para fortalecer los fundamentos teóricos y llevarlos a la práctica; esto será una contribución al Laboratorio de Hidráulica de la UNESUM. Las mediciones muestran que el rango de calibración y los cálculos fueron precisos, y al establecer las fórmulas, podemos calcular el aforo del caudal de Parshall como valores constantes de $n=0.5634$ y $k=27,108$, dando como resultado la fórmula $Q = 27,108 H^{0.5634} k=27,108$. Disponer de directrices de laboratorio ayuda a los alumnos a realizar los cálculos con precisión, al tiempo que establece prácticas que respaldan lo que han aprendido en el aula.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar el sistema Parshall para calcular el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1) Seleccionar el ancho de garganta del sistema Parshall para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.

- 2) Determinar los parámetros hidráulicos del sistema Parshall a fin de conocer el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.
- 3) Calcular el caudal y volumen final promedio para cinco días de medición de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.

1.4. Justificación

1.4.1 Justificación práctica

La construcción de un dispositivo de sistema Parshall revelará las condiciones de funcionamiento de tales estructuras de aforo y pondrá de relieve las características hidráulicas de su caudal. Se convertirá en una herramienta de evidencia primaria en mecánica de fluidos, distribución de energía hidroeléctrica, medición de caudales y visualización en diseño de proyectos de ingeniería civil. Esto reforzará los conocimientos teóricos establecidos por los responsables de hidráulica de la organización, aumentará la competitividad y el posicionamiento de la empresa bajo un modo de protección medioambiental en relación con otras empresas del país, y promoverá la idoneidad práctica del investigador para el futuro desarrollo industrial.

1.4.2 Justificación social

Desde un punto de vista social, la presente investigación se justifica ya que en principio enmarca la mejora de la calidad de vida de la sociedad al establecer el diseño y construcción de un sistema Parshall para la medición del caudal residual generado por una empresa de producción y comercialización de químicos básicos. Asimismo, la investigación toma en consideración las condiciones sanitarias y de saneamiento establecidas dentro de la sociedad y medioambiente en cuestión por lo que representa un punto inicial para el abordaje de la mejora establecida que viene con la implementación de esta obra de proyecto en cuestión. Asimismo,

desde un punto de vista de cuidado del medio ambiente, el presente proyecto en toda etapa evaluará el impacto ambiental con miras de resguardar la integridad medio ambiental y social.

1.5. Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

El diseño del sistema Parshall permitirá calcular el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.

1.5.2 Hipótesis específica

- 1) La correcta selección del ancho de garganta del sistema Parshall servirá para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.
- 2) Los parámetros hidráulicos del sistema Parshall servirán para conocer el caudal final de las aguas residuales generado por las empresas productoras de insumos químicos básicos.
- 3) El cálculo del caudal y volumen diario permitirán conocer los niveles promedio con relación a cinco días de medición de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Medición de caudales

2.1.1 Hidrometría

La hidrometría es una parte de la hidráulica que se encarga de medir el volumen de agua que circula por la sección de un río, canal o tubería y en un tiempo determinado.

La medición del caudal se realiza para diversos fines: sistemas de abastecimiento de agua, obras de riego, estudios de drenaje, instalaciones hidroeléctricas, etc. (Lux,2010).

2.1.2 Instrumento de medición de flujo en canales abiertos

Existen varias formas de medir el caudal en canales abiertos, dentro de los principales se encuentran:

- 1) Método volumétrico: Este método es empleado cuando se quiere calcular caudales pequeños y se necesita de un pequeño recipiente cuyo volumen debe conocerse. El caudal se calcula de dividir el volumen de agua del recipiente entre el tiempo que se necesita en llenar dicho recipiente, dicho caudal es expresado en lt/s (Lux,2010).
- 2) Vertederos
- 3) Método hidráulico
- 4) Sistema Parshall

2.2. Sistema Parshall

2.2.1 Características de un sistema Parshall

Para medir el caudal de líquidos en canales abiertos, el sistema Parshall es la herramienta estándar. Su superficie interior lisa impide que se acumulen residuos y obstaculicen el flujo de agua, lo que la convierte en una herramienta de medición más precisa que otras estructuras como los vértices (Pedroza y Ángel, 2012). Además, presenta una gran eficacia, ya que basta una sola medición de la carga para establecer el caudal (Toapaxi et al., 2022).

2.2.2 Establecimiento característico del flujo del sistema Parshall

Se han definido números adimensionales para comprender algunos fenómenos del agua en el contexto del estudio de la mecánica de fluidos mediante el análisis dimensional o la modelización (Ghanem et al., 2015). Esto permite diferenciar tres tipos distintos de flujo en canales:

- 1) Flujo subcrítico: Este tipo de flujo se caracteriza por velocidades bajas y ángulos pendulares, así como por una mayor profundidad del agua y capas de agua más finas que en otros tipos de flujo. En este tipo de flujo, las fuerzas de inercia se ven superadas por las fuerzas gravitatorias. La profundidad de la capa de agua en un flujo subcrítico es proporcional a la cantidad de energía que fluye a través de ella. En este estado hay menos de un Froude (Castellanos et al., 2017).
- 2) Flujo crítico: este tipo de flujo es inestable debido a la interacción de las fuerzas gravitatorias e inerciales. Su valor viene determinado únicamente por la geometría del canal y la velocidad de descarga. Es un estado de transición entre los otros dos tipos de flujo, al menos en teoría. Es una corriente inestable que varía con los cambios en la profundidad del agua; un estado en el que una cantidad dada de energía se encuentra en su nivel más bajo posible durante una duración determinada (Imbert et al., 2016). El número de Froude para este tipo de flujo es 1.
- 3) Flujo super crítico: En este tipo de flujo, las fuerzas de inercia son mayores que las gravitatorias. La corriente tiene velocidades rápidas y pendientes pronunciadas, así como profundidades menores. Hay más de un Froude en este estado. La ocurrencia de resurgimientos hídricos es una característica definitoria de este río (Barriga et al., 2018).

Consecuentemente, se debe considerar como se calcula el número Froude, aunado a ello, la determinación del estado del fluido, por tal razón se aborda la siguiente expresión matemática:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * DH}}$$

Donde:

v: velocidad del fluido

g: gravedad

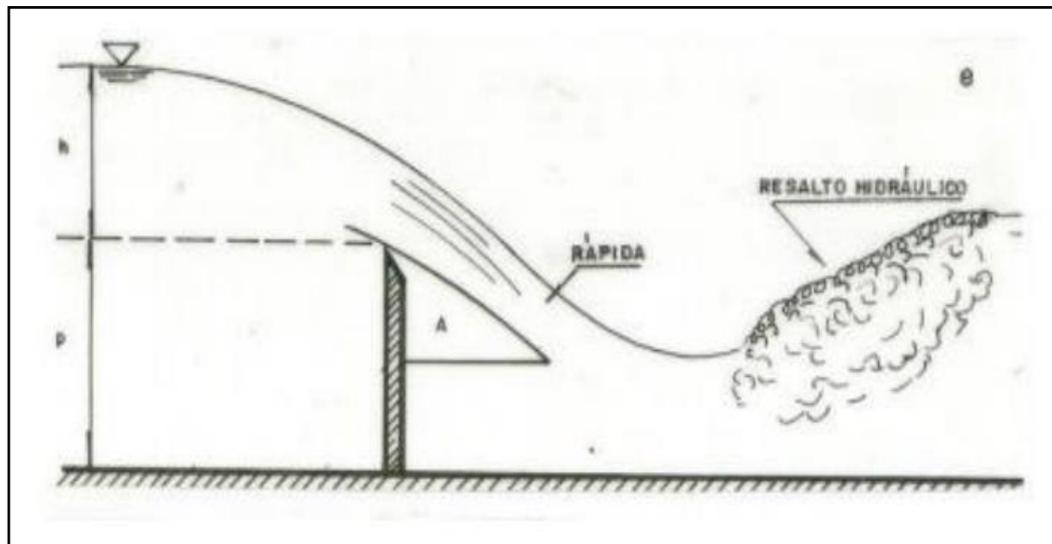
DH: profundidad hidráulica

2.2.3 Resalto hidráulico

Es el fenómeno hidráulico por el que una corriente líquida de alta velocidad en un flujo supercrítico, en determinadas condiciones (área, inclinación, entre otros), pasa bruscamente a un flujo subcrítico elevándose por encima de la superficie libre. Esto se debe a que cuanto mayor es la altura del salto, mayor es la energía perdida. Se utiliza a menudo en la mezcla o aireación de fluidos porque es una región donde se generan macro turbulencias y arrastre de aire hacia el interior de la masa de líquido. La figura 1 muestra una vista lateral de un elevador hidráulico en el interior de un sistema Parshall (Dai Para et al., 2016).

Figura 1

Resalto hidráulico



Nota. Aponte (2019).

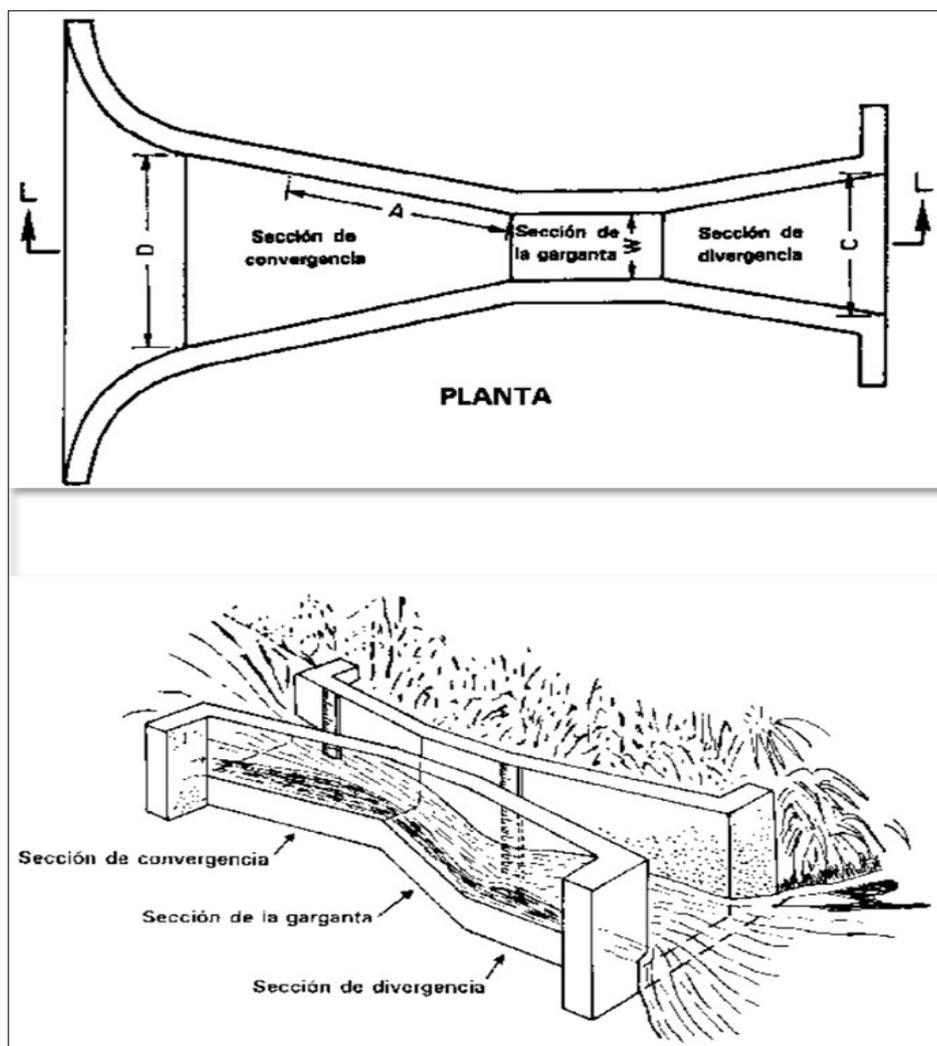
2.2.4 Definición de un sistema Parshall

El sistema o canal Parshall es una estructura hidráulica para medir el volumen de agua en canales abiertos, como ríos, canales de riego, zanjas de drenaje y desagües de aguas residuales, y se divide en cuatro partes principales: transición de entrada, sección de convergencia, sección de la garganta y la sección de divergencia (Aponte, 2019).

En la figura 2, se observa el principio fundamental mostrado por una sección convergente con un suelo plano, una sección divergente con un suelo inclinado que lleva hacia arriba, y un barranco con un suelo inclinado que lleva hacia abajo. Como consecuencia de este efecto, el caudal se desplaza por el estómago a una velocidad excesiva, mostrando una forma de onda estacionaria en la región divergente (Cedeño, 2020).

Figura 2

Parte principales de un sistema Parshall

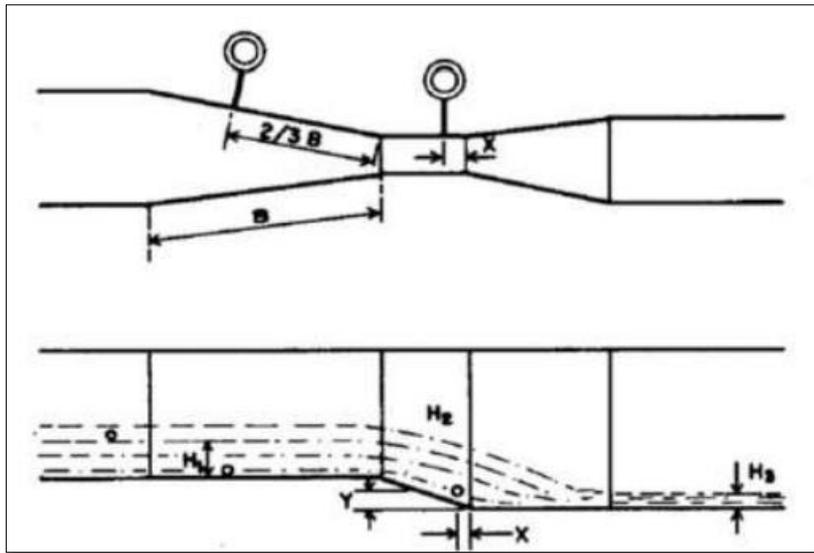


Nota. Cedeño (2020).

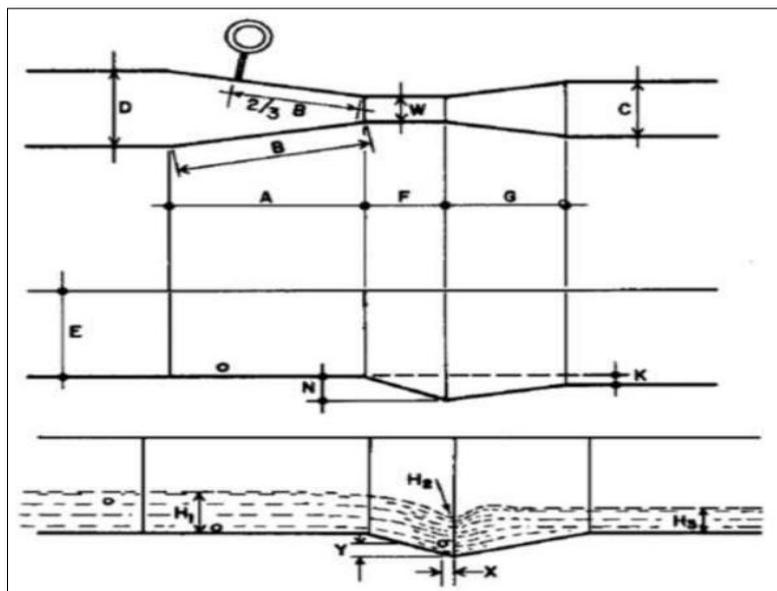
2.2.5 Tipos de medidores

Medidor de descarga libre

Este tipo de medidor puede descargarse gratuitamente como los vértices, y las mediciones deben realizarse siempre en los dos primeros tercios del inicio del estrangulamiento (Gómez, 2018), como se muestra en la figura 3.

Figura 3*Medidor Parshall tipo libre**Nota. Cedeño (2020).***Medidor ahogado**

Como se muestra en la figura 4, el nivel de líquido por debajo del nivel del dispositivo de medición tiene un efecto sobre el caudal del dispositivo de medición (Cedeño, 2020).

Figura 4*Medidor ahogado**Nota. Cedeño (2020).*

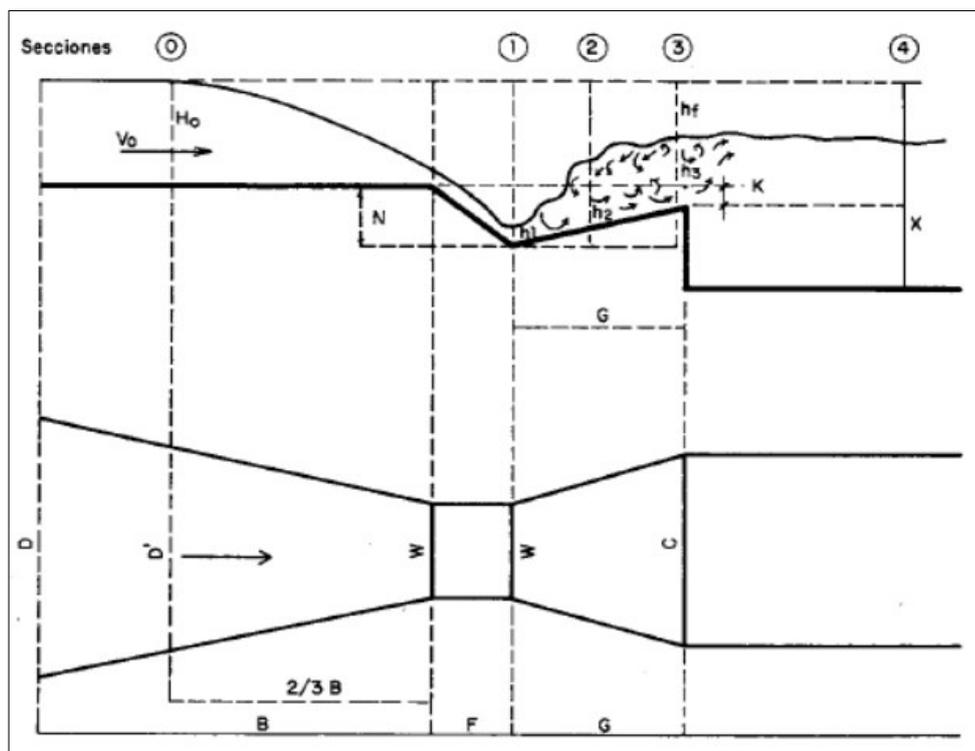
2.2.6 Dimensiones del medidor Parshall

A menudo se utiliza para el doble objetivo de medir rápidamente la afluencia caudal y la mezcla. El estilo de trabajo sin descargas es la norma. El aumento de presión se debe a que la corriente líquida desciende de un estado supercrítico a uno subcrítico (Aponte, 2019). En 1927, R.L. Parshall ideó el concepto de una mesa que acabaría patentándose en varios tamaños diferentes (como se muestra en la Tabla 1).

La secuencia de cálculo incluye alteraciones debida a las variaciones en la sección (0) de medición, esto se evidencia en la figura 5.

Figura 5

Dimensiones del sistema Parshall



Nota. Aponte (2019).

En tal sentido, para calcular la altura del agua en la sección de medición se establece la siguiente expresión matemática

$$H_0 = K * Q_n$$

Donde K y N se pueden obtener de la siguiente tabla:

Tabla 1

Valores de k y m

Ancho de garganta del Parshall (W)		K	m
(plg.)	(m)		
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.150	1.842	0.636
9"	0.229	1.486	0.633
1'	0.305	1.276	0.657
1 1/2'	0.460	0.966	0.650
2'	0.610	0.795	0.645
3'	0.915	0.608	0.639
4'	1.220	0.505	0.634
5'	1.525	0.436	0.630
6'	1.830	0.389	0.627
8'	2.440	0.324	0.623

Nota. Cedeño (2020).

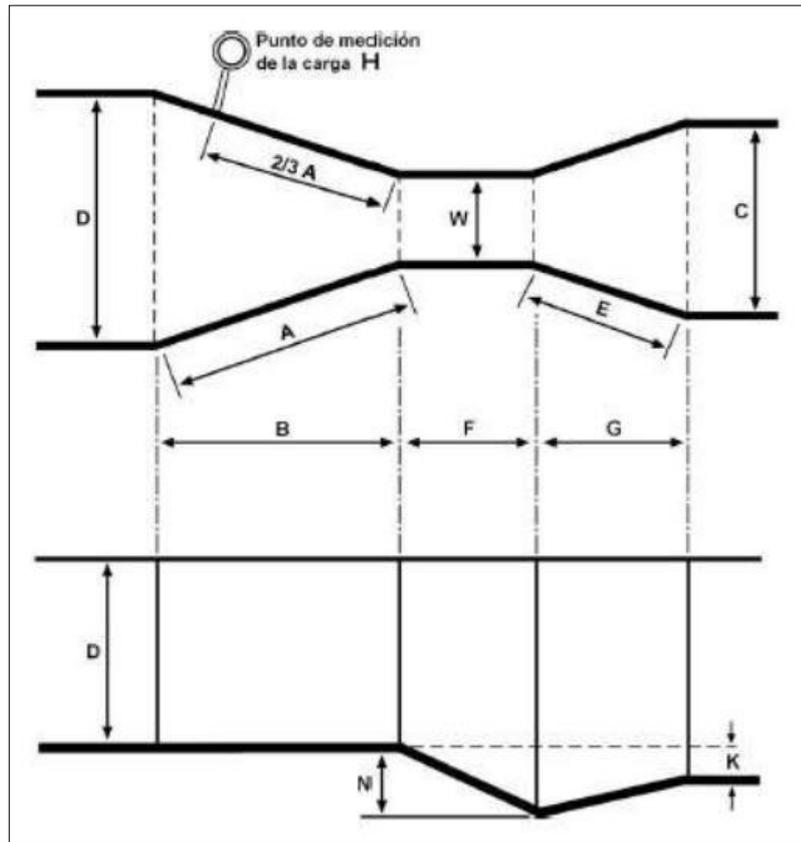
Asimismo, para la velocidad en la sección de medición se debe abordar la siguiente ecuación:

$$V_o = \frac{Q}{H_0 * D}$$

De forma general, en la Figura 6, se establecen los parámetros necesarios para el dimensionamiento de un sistema Parshall.

Figura 6

Parámetros dimensionales para un canal Parshall



Nota. Aponte (2019).

Aunado a ello, para la garganta del sistema Parshall, en concordancia con el ancho se establecen los parámetros enmarcados en el manual de hidráulica expresos de igual forma en la Tabla 2.

Tabla 2*Dimensiones típicas de medidores Parshall en cm.*

w''	A	B	C	D	E	F	G	K	N	
1''	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3''	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6''	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9''	22.9	88.0	86.4	38.2	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Nota. J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica pág. 455

2.2.7 Parámetros y caracterización de la instalación de un sistema Parshall como aforador

Dentro del condicionamiento correspondiente para el abordaje de este tipo de diseños se establece los siguientes:

- 1) El fluido superior debe ser constantemente pasivo, es decir, debe contener un caudal de flujo constante
- 2) El final o fondo del canal debe tener una estructura nivelada desde un punto de vista transversal y longitudinal
- 3) Es importante recordar que una subida del nivel del agua en la salida del sumidero puede provocar una inmersión repentina si el caudal que lo atraviesa aumenta de repente.

- 4) Cabe señalar que el dispositivo de medición de la turbulencia puede elegirse en función del tipo de flujo que atravesará el aforador.

2.2.8 Descarga libre o descarga sumergida

Palacios y Moreno (2022), establecen que, dependiendo de las circunstancias, un canaleta Parshall puede funcionar con carga libre o sumergida; en este último caso, se dice que el canaleta funciona "ahogado", y esto se debe a la presencia de un flujo subcrítico de aguas por debajo del dispositivo, lo que provocaría la formación de un resalto hidráulico entre la garganta del canaleta y su salida. El parámetro "Grado de Sumergencia, S", definido como:

$$S = \frac{H_b}{H_a}$$

Donde:

H_b: profundidad del flujo de la sección (a) con el fluido o agua arriba de la garganta

H_a: profundidad del fluido de la sección (g) con el fluido o agua al final de la garganta

En tal virtud, si H_b es inferior a H_a, entonces, S toma un valor relativamente bajo y se dice que la canaleta admite descargas gratuitas o libres. Al contrario, si H_b es menor pero similar con H_a, esto es H_b ≈ H_a, entonces S toma un valor relativamente alto, y se dice que la canaleta opera con descarga sumergida o ahogada.

2.2.9 Cálculo del caudal

Se establece como ecuación fundamental dentro de la construcción de un canal Parsall en cuanto al caudal, la siguiente expresión matemática:

$$Q = K * H_a^n$$

Donde:

Q: flujo o consumo del canal Parshall para condiciones de descarga libre

K: constante específica para cada tamaño de canal Parshall

H_a: altura del flujo en el canal Parshall dimensionado en la sección convergente

n : constante específica para cada tamaño de canal Parshall

W : ancho de la garganta del canal Parshall

Tabla 3

Valores de exponente “n” y coeficiente “k”

w		n	k	
S.I.	m.		Unidades métricas	Unidades inglesas
3"	0.076	1.547	0.176	0.992
6"	0.152	1.58	0.381	2.060
9"	0.229	1.53	0.535	3.070
1'	0.305	1.522	0.690	4.00
1 1/2'	0.457	1.538	1.054	6.00
2'	0.61	1.55	1.426	8.00
3'	0.915	1.566	2.182	12.00
4'	1.22	1.578	2.935	16.00
5'	1.525	1.587	3.728	20.00
6'	1.8	1.6	4.515	24.00
7'	2.135	1.601	5.306	28.00
8'	2.4	1.6	6.101	32.00

Nota. J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica pág. 459

La siguiente tabla muestra el rango de caudales mínimos y máximos de acuerdo al ancho de garganta W en los canales Parshall con los cuales se recomienda que operan a su máxima eficiencia:

Tabla 4*Rango de caudales de operación en sistemas Parshall*

Ancho de Garganta W		Caudal Q (l/s)	
Pulg.	cm.	Mínimo	Máximo
3"	7.6	0.85	53.8
6"	15.2	1.52	110.4
9"	22.9	2.55	251.9
1'	30.5	3.11	455.6
1 1/2'	45.7	4.25	696.2
2'	61	11.89	936.7
3'	91.5	17.26	1426.3
4'	122	36.79	1921.5
5'	152.5	62.80	2422.0
6'	183.0	74.40	2929.0
7'	213.5	115.40	3440.0
8'	244.0	130.70	3950.0
10'	305.0	200.00	5660.0

Nota. J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica pág. 458

En la siguiente tabla se muestran los caudales ya calculados para los canales Parshall de las dimensiones más utilizadas:

Tabla 5

Causales en medidores Parshall en l/s

H (cm)	Ancho de garganta W (pulg)							
	3"	6"	9"	1'	1 1/2'	2'	3'	4'
3	0.8	1.4	2.5	3.1	4.2	-	-	-
4	1.2	2.3	4.0	4.6	6.9	-	-	-
5	1.5	3.2	5.5	7.0	10.0	13.8	20.0	-
6	2.3	4.5	7.3	9.9	14.4	18.7	27.0	35.0
7	2.9	5.7	9.1	12.5	17.8	23.2	34.0	45.0
8	3.5	7.1	11.1	14.5	21.6	28.0	42.0	55.0
9	4.3	8.5	13.5	17.7	26.0	34.2	50.0	66.0
10	5.0	10.3	15.8	20.9	30.8	40.6	60.0	78.0
11	5.8	11.6	18.1	23.8	35.4	46.5	69.0	90.0
12	6.7	13.4	24.0	27.4	40.5	53.5	79.0	105.0
13	7.5	15.2	23.8	31.0	45.6	60.3	93.0	119.0
14	8.5	17.3	26.6	34.8	51.5	68.0	101.0	133.0
15	9.4	19.1	29.2	38.4	57.0	75.5	112.0	149.0
16	10.8	21.1	32.4	42.5	63.0	83.5	124.0	165.0
17	11.4	23.2	35.6	46.8	69.0	92.0	137.0	182.0
18	12.4	25.2	38.8	51.0	75.4	100.0	148.0	198.0
19	13.5	27.7	42.3	55.2	82.2	109.0	163.0	216.0
20	14.6	30.0	45.7	59.8	89.0	118.0	177.0	235.0
25	20.6	42.5	64.2	83.8	125.0	167.0	248.0	331.0
30	27.4	57.0	85.0	111.0	166.0	221.0	334.0	446.0
35	34.4	72.2	106.8	139.0	209.0	280.0	422.0	562.0
40	42.5	89.5	131.0	170.0	257.0	345.0	525.0	700.0
45	51.5	107.0	157.0	203.0	306.0	414.0	629.0	840.0
50	-	-	185.0	240.0	362.0	486.0	736.0	990.0
55	-	-	214.0	277.0	418.8	563.0	852.0	1144.0
60	-	-	243.0	314.0	478.3	642.0	971.0	1308.0
65	-	-	-	356.0	543.4	730.0	1110.0	1490.0
70	-	-	-	402.0	611.3	821.0	1249.0	1684.0

Nota. J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica pág. 460

2.2.10 Temperatura y su correlación con la densidad y viscosidad del fluido

Teóricamente, las propiedades físicas del agua tienen una correlación: tanto la densidad como la viscosidad del agua vienen determinadas por su temperatura y cambian a medida que ésta aumenta o disminuye. La Tabla 6 muestra las conexiones entre estos factores.

Tabla 6

Condiciones físicas del agua a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad ρ (g/cm ³)	Viscosidad	
		Absoluta u (g/cm.s)	Cinemática $v = u/\rho$ (cm ² /s)
0	0.99987	0.01792	0.01792
1	0.99993	0.01732	0.01732
3	0.99997	0.01674	0.01674
3	0.99999	0.01619	0.01619
4	1.00000	0.01568	0.01568
5	0.99999	0.01519	0.01519
6	0.99997	0.01473	0.01473
7	0.99993	0.01429	0.01429
8	0.99988	0.01387	0.01387
9	0.99981	0.01348	0.01348
10	0.99973	0.01310	0.01310
11	0.99963	0.01274	0.01274
12	0.99952	0.01239	0.01240
13	0.99940	0.01206	0.01207
14	0.99927	0.01175	0.01176
15	0.99913	0.01145	0.01146
16	0.99897	0.01116	0.01117
17	0.99887	0.01088	0.01089
18	0.99862	0.01060	0.01061
19	0.99843	0.01034	0.01036
20	0.99823	0.01009	0.01011
21	0.99802	0.00984	0.00986
22	0.99780	0.00961	0.00963
23	0.99757	0.00938	0.00940
24	0.99733	0.00916	0.00918
25	0.99707	0.00895	0.00898
26	0.99681	0.00875	0.00878
27	0.99654	0.00855	0.00858
28	0.99626	0.00836	0.00839
29	0.99597	0.00818	0.00821
30	0.99568	0.00800	0.00803

Nota. Cedeño (2020).

2.3. Aguas residuales

2.3.1 Definición de aguas residuales

Las aguas residuales se definen como aquellas cuya composición inicial fueron alteradas con ciertas impurezas de diversos orígenes o debido a las actividades humanas y para volver a ser usadas o ser vertidas a un sistema de alcantarillado necesitan pasar un proceso previo de tratamiento (OEFA, 2014).

2.3.2 Clasificación de las aguas residuales

1. Aguas residuales industriales: Las aguas residuales industriales se definen como aquellas que proceden de cualquier actividad industrial. Estas aguas, una vez que son utilizadas deben ser tratadas antes de ser devueltas al medio natural o a una red de alcantarillado, dentro de estas aguas se incluye a las que provienen de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras más (OEFA, 2014).
2. Aguas residuales domésticas: Son aquellas cuyo uso proviene de un entorno residencial y comercial que contienen partículas de desechos fisiológicos, material orgánico, entre otras más, que son el resultado de la actividad humana y que tiene que pasar por un proceso de tratamiento antes de ser devueltas a una red de desagüe (OEFA, 2014).
3. Aguas residuales municipales: Son aquellas aguas residuales de origen doméstico que se combinan con las aguas provenientes del drenaje pluvial o con las aguas residuales de origen industrial que previamente pasaron por un proceso de tratamiento para luego pasar a los sistemas de desagüe o alcantarillado (OEFA, 2014).

Figura 7

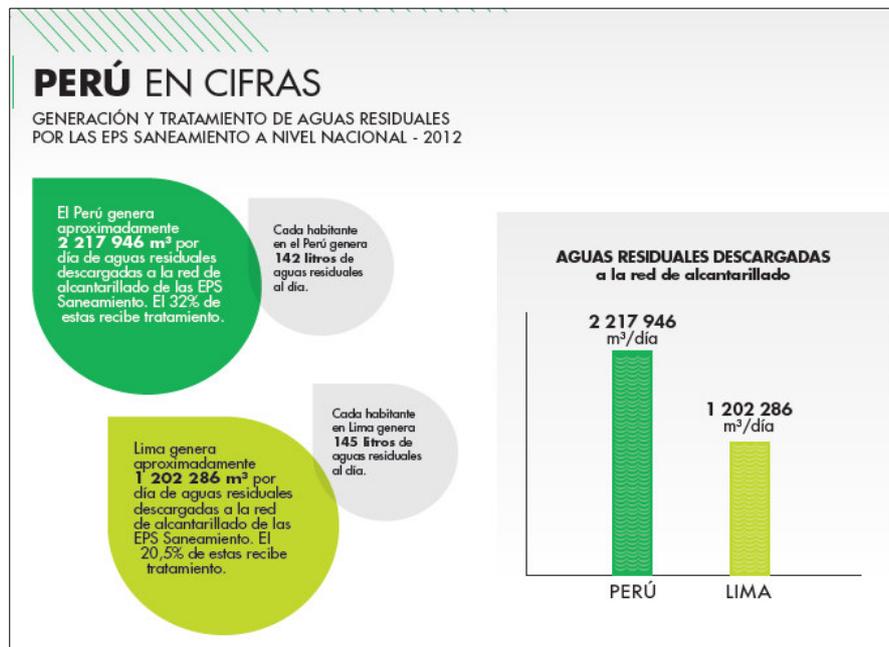
Proceso de fiscalización de las aguas residuales



Nota. OEFA (2014).

Figura 8

Cifras de las aguas residuales en el Perú



Nota. OEFA (2014).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación respondió a un paradigma positivista de enfoque cuantitativo (Sánchez, 2019), ya que por medio del esbozo de resultados numéricos se podrá dar respuesta a los objetivos de estudio. En tal sentido, Cadena et al. (2017), establece que, la investigación cuantitativa se lleva a cabo para conocer patrones, promedios y correlaciones; comprender las relaciones causa-efecto; extraer conclusiones generales; y probar o validar teorías, hipótesis o suposiciones mediante análisis estadístico y numérico. Esto permite expresar los resultados en forma numérica o gráfica.

Asimismo, la investigación respondió a una tipología descriptiva, esta se establece con el fin de promover el resguardo ambiental de los procesos industriales inherentes a la organización en cuestión, esto promueve el entendimiento por medio de fundamentos teóricos preexistentes el procedimiento adecuado para el diseño y construcción del sistema Parshall como elemento importante para el tratamiento de efluentes contaminados. El desarrollo de un plan de investigación, la formulación de preguntas de investigación y el análisis de datos forman parte de la investigación descriptiva. Dado que no se manipuló ninguna de las variables del estudio, este enfoque se conoce como metodología de investigación observacional (Barnet et al., 2017).

Asimismo, la investigación fue aplicada, ya que se fundamentó en una falencia de campo organizacional, en este caso el tratamiento de los efluentes de una empresa de producción y comercialización de químicos básicos, de tal forma que posterior al diseño, se estableció el consolidado estructural dentro de un territorio en particular. En tal sentido Ramos et al. (2021), menciona que el objetivo es identificar enfoques que puedan utilizarse para abordar un determinado problema. La investigación aplicada se basa en la comprensión teórica

para fundamentar el desarrollo de conocimientos prácticos en campos como la ingeniería y la medicina.

Asimismo, respondió a un diseño no experimental de corte longitudinal (Herbas y Rocha, 2018), ya que dentro del abordaje no se manipularon de forma directa las variables intrínsecas dentro del estudio, asimismo, el levantamiento de información del proyecto se realizará en conformidad con el avance en obra.

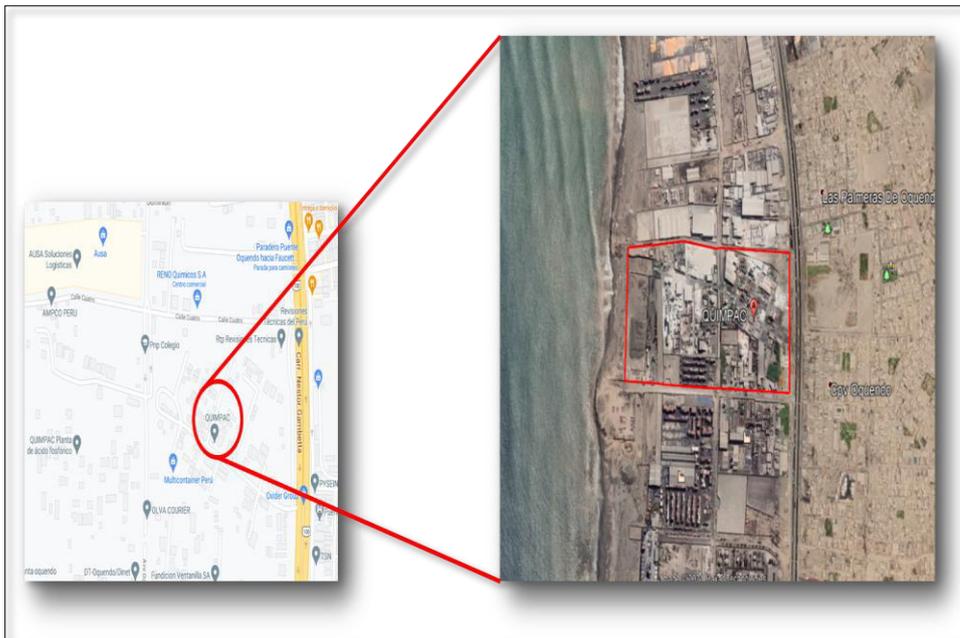
3.2. Ámbito temporal y espacial

Desde un punto de vista temporal, la investigación se fundamentó en un tiempo de relevancia haciendo llamado a un corte longitudinal donde se promulgó el levantamiento correspondiente dependiente del avance de la obra en el tiempo, esto promovió la conciliación del estado continuo del diseño y construcción del sistema Parshall para la medición del caudal de los fluidos contaminados de la organización objeto de estudio.

Por su parte, desde un punto de vista espacial, la investigación se realizó en la empresa QUIMPAC S.A. ubicada en el departamento de Lima, provincia Callao, Distrito Callao y localización Av. Néstor Gambeta número 8585. En tal sentido, desde una perspectiva visual en la Figura 9 se presenta la delimitación espacial de la zona de estudio.

Figura 9

Ubicación de la zona de estudio



Nota. La siguiente figura muestra la ubicación donde se diseñó y construyó el sistema Parshall.

Elaboración propia.

3.3. Variables

3.3.1 Variable independiente

A continuación, se muestra la variable independiente general del estudio

X: Diseño del sistema Parshall

Dimensiones:

1. Sección del sistema Parshall

3.3.2 Variable dependiente

Y: Determinación del caudal final

Dimensiones:

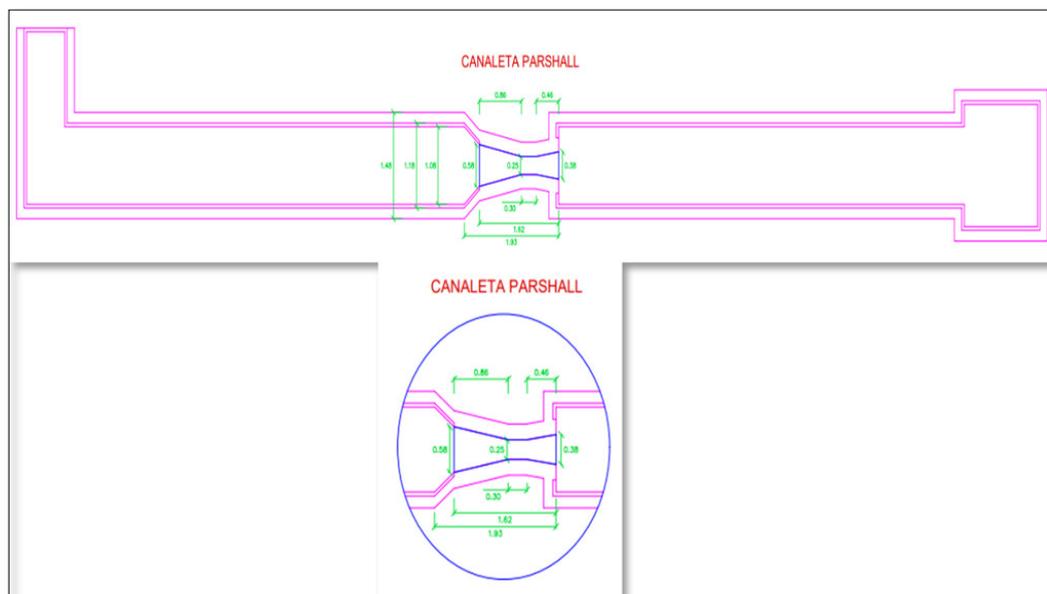
1. Litros

3.4. Población y Muestra

Se abordó el diseño y construcción de un sistema Parshall para la medición del caudal residual generado de los procesos de producción y comercialización de químicos básicos establecidos dentro de la organización objeto de estudio, para ello se tomará como unidad de análisis o muestra adyacentes al diseño general el seccionamiento del canal establecido de la siguiente manera:

Figura 10

Unidad de análisis, diseño y construcción



Nota. La siguiente figura muestra un esquema general con la sección del sistema Parshall.

3.5. Instrumentos

Para el establecimiento del diseño y construcción del sistema Parshall se tomó en consideración principal lo siguiente:

- Revisión de documentos: a través de estas técnicas se han revisado normas, manuales, libros, tesis, etc., respecto a la medición de caudales con el sistema Parshall.
- Observación: Esta técnica permitió recolectar información vista en campo.

3.6. Procedimiento

La metodología que se abordó en la siguiente investigación es en su totalidad aplicada, asimismo, está relacionada con la observación directa y toma de datos relacionados de campo, donde se recaudarán condiciones muy particulares para establecer la estructura del sistema Parshall. En tal sentido, se aplicó en metodologías de análisis y valoración ejecutando una metodología inductiva en la recaudación de información para deducir por medio del razonamiento lógico diversas conclusiones y formulaciones para lo que se quiere llegar. En tal sentido el desarrollo de la investigación se realizó conforme a lo siguiente:

3.6.1 Recolección de datos

La investigación empezó con la recolección de datos tomados en campo y el reconocimiento del terreno, en tanto que para empezar con el diseño del sistema Parshall se tuvo que partir con un caudal inicial y en base a eso se establecen los parámetros de diseño.

3.6.2 Procedimiento constructivo

Figura 11

Trazo y replanteo



Nota: Se procede a identificar el área de la zona de trabajo para así hacer el trazo y replanteo según lo que indica el plano.

Figura 12*Corte de piso*

Nota: Se continúa haciendo los cortes en el piso de concreto respetando los trazos que se hizo al inicio.

Figura 13*Excavación con maquinaria*

Nota: Una vez teniendo marcado el trazo y habiendo hecho los cortes de piso necesario se procede a hacer la excavación con maquinaria.

Figura 14

Control con nivel topográfico



Nota: A medida que se va excavando se fue haciendo un control del nivel de profundidad para así también respetar las pendientes de diseño.

Figura 15

Excavación con maquinaria



Nota: después de terminar la excavación se procede a vaciar el solado para nivelar el fondo de excavación.

Figura 16

Encofrado del canal



Nota. Luego se procedo al armado de la estructura con acero y seguidamente se pasa a encofrar usando paneles fenólicos.

Figura 17

Vaciado de concreto



Nota: Luego de verificar bien que todo el encofrado este bien asegurado se continuó con el vaciado de concreto premezclado.

Tabla 8*Tabla de recolección de datos 2*

Días de medición	Fecha	Variables de medición		
		Altura de tirante (cm)	Caudal (lt/s)	Volumen (m ³ /día)
Día 1				
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

3.7. Análisis de datos

Para el análisis de los datos se tomó en consideración todos los aspectos teóricos correspondientes al diseño y construcción de un sistema Parshall, en tal virtud, y guardando relación y parametrización con la normativa citada para la construcción se considerarán las siguientes expresiones matemáticas para el análisis preliminar de los cálculos correspondientes de diseño.

3.8. Consideraciones éticas

A fin de salvaguardar la identidad de los participantes se trabajó con herramientas estandarizadas como la Norma Técnica en los cuales no figuran datos o formas de identificar al examinado, siendo el carácter normativo lo que definió esta aplicación. Asimismo, antes de la aplicación o comparativa de la norma el diseño y construcción del sistema Parshall se realizó posterior a la aprobación por parte de las autoridades correspondientes, sobre los alcances del estudio, el uso de los datos, mediante la lectura de una carta de consentimiento del participante, quedando en la elección personal de ellos si se quedan o se retiran del ambiente donde se aplicarán los cálculos correspondientes para el diseño.

IV. RESULTADOS

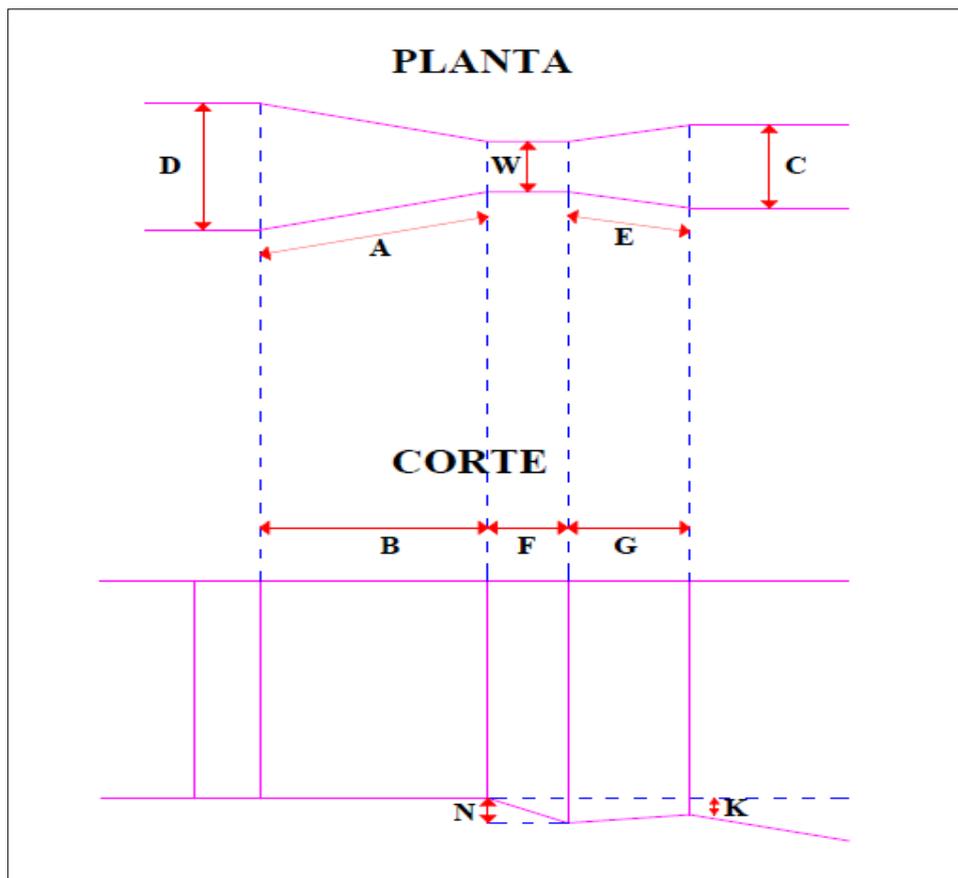
4.1. Selección del ancho de garganta (W) del sistema Parshall

Para la selección del ancho de garganta W que tendrá el sistema Parshall, se tiene que tomar inicialmente un caudal base. Para este proyecto tomaremos como dato el caudal base con el cual ha venido trabajando la empresa Quimpac S.A.C. en su planta de tratamiento, el cual trabaja con un caudal diario aproximado de 83,33 lt/s.

De acuerdo al caudal inicial de diseño para el predimensionamiento del sistema Parshall y según la Tabla 4 se elegirá un ancho de garganta correspondiente a 9 pulgadas.

Figura 19

Detalle en planta y corte de sección del sistema Parshall



Nota. Vista en planta y corte del sistema Parshall. Elaboración propia.

4.2. Parámetros de diseño para el sistema Parshall

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las dimensiones del sistema Parshall:

Tabla 9

Dimensiones del sistema Parshall

DIMENSIONES DEL SISTEMA PARSHALL			
Parámetros	Denominación	Unidad	Valor estándar
Ancho de garganta	W	cm	22.90
Longitud de las paredes de la sección convergente	A	cm	88.00
Longitud de la sección convergente	B	cm	86.40
Ancho de la salida	C	cm	38.40
Ancho de la entrada de la sección convergente	D	cm	57.40
Longitud de las paredes de la sección divergente	E	cm	61.00
Longitud de la garganta	F	cm	30.50
Longitud de la sección divergente	G	cm	45.70
Profundidad de la cubeta	N	cm	11.40
Diferencia de elevación entre la salida y la cresta	K	cm	7.60

Nota. En la tabla 9 se muestran los parámetros hidráulicos del sistema Parshall. Elaboración propia.

a) Cálculo de la altura de agua en la sección convergente

En esta etapa se toma en consideración la altura del agua (H_a) que se establece dentro de los parámetros establecidos dentro de la sección convergente. En tal sentido se realiza el despeje de la ecuación del cálculo del caudal. Se tiene lo siguiente:

$$Q = 0,535 * H_a^{1,53}$$

$$\frac{Q}{0,535} = H_a^{1,53}$$

$$H_a = \left(\frac{Q}{0,535} \right)^{\frac{1}{1,53}}$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior con un Q igual a 0,083 m³/s se tiene que la altura del agua en la sección convergente, se esclarece por la siguiente expresión:

$$H_a = \left(\frac{0,083}{0,535} \right)^{\frac{1}{1,53}}$$

Por lo tanto:

$$H_a = 0,2959 \text{ m}$$

b) Ancho del canal en la sección de Ha

Consecuentemente, se aborda el ancho del canal en la sección de la altura de agua en la sección convergente, en tal sentido, el ancho del canal, viene establecido por la siguiente ecuación:

$$D' = \frac{2}{3} * (D - w) + w$$

Para abordar dicha expresión se toma en consideración los valores establecidos en la Tabla 2 donde:

$$D = 57,5 \text{ cm} = 0,575 \text{ m}$$

$$W = 22,9 \text{ cm} = 0,229 \text{ m}$$

Sustituyendo valores en la ecuación que aborda el ancho del canal en la sección de Ha se tiene lo siguiente:

$$D' = \frac{2}{3} * (0,575 \text{ m} - 0,229 \text{ m}) + 0,229 \text{ m}$$

Finalmente, se tiene:

$$D' = 0,4597 \text{ m}$$

c) Velocidad en la sección de Ha

Acto seguido, se toma el abordaje de la velocidad de flujo en la sección de Ha del tramo principal de la canaleta. En tal sentido, la velocidad viene expresada por la siguiente expresión:

$$V_a = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{H_a * D'}$$

Sustituyendo valores inherentes a los requerimientos de la ecuación se tiene:

$$V_a = \frac{0,083}{0,2958 * 0,4597}$$

Finalmente, la velocidad en la sección de Ha es:

$$V_a = 0,61 \text{ m/s}$$

d) Caudal específico en la garganta de la canaleta

Consecuentemente, se aborda el cálculo del caudal específico (q) en la garganta de la canaleta, esta sección es la parte concéntrica principal de la misma. En tal sentido, viene expresada por la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q}{w}$$

Tomando en consideración los parámetros de Q y W seleccionados, se sustituyen en la ecuación en cuestión:

$$q = \frac{0,083}{0,229}$$

Por lo tanto, el caudal específico en la garganta de la canaleta se expresa por lo siguiente:

$$q = 0,362 \text{ m}^2/\text{s}$$

e) Carga hidráulica disponible en la garganta

Asimismo, se establece el abordaje de la carga hidráulica disponible dentro del tramo de la garganta del sistema Parshall. En tal sentido, dicha carga es calculada por la siguiente expresión:

$$E_0 = \frac{V_a^2}{2 * g} + H_a + N$$

Donde:

V_a: velocidad en la sección H_a

g: gravedad

H_a: altura del agua en la sección

N: constante de la Tabla 2

En tal sentido, reemplazando los valores en la ecuación de carga hidráulica se tiene:

$$E_0 = \frac{(0,61)^2}{2 * (9,81)} + 0,2958 + 0,114$$

En síntesis, se tiene:

$$E_0 = 0,429 \text{ m}$$

f) Altura de agua en la sección de garganta H_2

Consecuentemente, se establece la altura del agua en la sección de la garganta H_2 siendo la parte siguiente del sistema Parshall. En tal sentido, la misma altura de agua se expresa por la siguiente ecuación:

$$E_0 = E_2 = \frac{V_2^2}{2 * g} + H_2$$

Para facilitar el cálculo se debe sustituir el valor de V_2 ya que el mismo no se ha calculado, en tal sentido partimos de la ecuación de velocidad de flujo. En tal sentido se tiene las siguientes conversiones:

$$V = \frac{Q}{A} \rightarrow V_2 = \frac{Q}{W * H_2} \rightarrow V_2 = \frac{q}{H_2}$$

Reemplazando en la ecuación de la altura de agua en la sección de la garganta H_2 , se tiene la siguiente expresión:

$$E_2 = \frac{q^2}{2 * g * H_2^2} + H_2$$

Sustituyendo los parámetros en dicha ecuación y la conversión correspondiente se tiene que:

$$0,429 = \frac{(0,362)^2}{2 * 9,82 * H_2^2} + H_2$$

Despejando la variable en cuestión arroja una ecuación cúbica expresada por la siguiente forma:

$$H_2^3 - 0,429 * H_2^2 + 0,006679 = 00$$

Haciendo los cálculos correspondientes, se expresan 3 parámetros de altura de agua en cuestión, todo en función de la ecuación cúbica esclarecida. En tal sentido, se tiene:

$$H_{21} = -0,111 \text{ m}$$

$$H_{22} = 0,383 \text{ m}$$

$$H_{23} = 0,157 \text{ m}$$

Para el diseño en cuestión se toma en consideración la tercera opción como altura de agua en la sección de la garganta H2. En tal sentido, se tiene:

$$H_{23} = 0,157 \text{ m}$$

Finalmente, se toma en consideración la velocidad en la sección de la garganta H_2 en m/s bajo el coeficiente seleccionado anteriormente. En tal sentido, se tiene:

$$V_2 = \frac{q}{H_2}$$

$$V_2 = \frac{0,762}{0,157}$$

Finalmente haciendo el cociente, se tiene que:

$$V_2 = 2,30 \text{ m/s}$$

g) Sumergencia en el sistema Parshall

Consecuentemente, se establece la sumergencia de la canaleta Parshall dentro del constructo entorno de estudio. La misma se expresa por la siguiente expresión:

$$S = \frac{H_1}{H_2} * 100\%$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$S = \frac{0,157}{0,2956} * 100\%$$

Finalmente, la sumergencia en porcentaje de la canaleta viene expresada por:

$$S = 53,07\%$$

Cabe destacar que la sumergencia se parametriza por medio de valores referenciales para canaletas Parshall de descarga libre establecidas en la Tabla 10.

Tabla 10

Sistema Parshall con descarga libre

Ancho de la garganta (W mm)	Sumergencia máxima permitida (S%)	Ancho de la garganta (W m)	Sumergencia máxima permitida (S%)	Ancho de la garganta (W m)	Sumergencia máxima permitida (S%)
25,4	50	0,3048	70	2,4384	70
50,8	50	0,4572	70	3,0480	80
76,2	50	0,6096	70	3,6580	80
152,4	60	0,9144	70	4,5720	80
228,6	60	12,192	70	6,0960	80
		15,240	70	7,6200	80
		18,288	70	9,1440	80
		21,336	70	12,1920	80
			70	15,2400	80

S < Smáx Canaleta Paarshall con descarga libre
S > Smáx Canaleta Paarshall con descarga ahogada

Nota. De la Cruz (2022).

h) Cálculo del número de Froude

Este parámetro viene expresado por la siguiente ecuación:

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g * H_2}}$$

Reemplazando los valores en la ecuación previos cálculos se establece lo siguiente:

$$F_2 = \frac{2,30}{\sqrt{9,81 * 0,157}}$$

Finalmente se tiene:

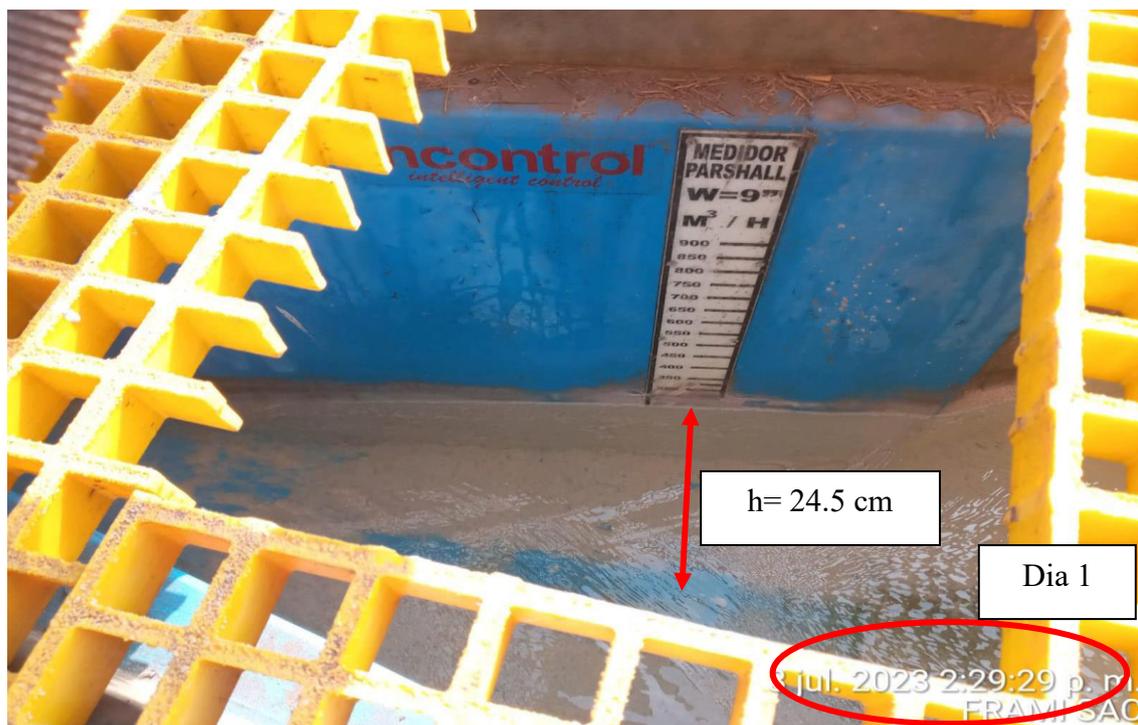
$$F_2 = 1,85$$

4.3. Determinación del caudal y del volumen final

4.3.1 Cálculo del caudal y volumen

Figura 20

Medición del tirante en el día 1



Nota. La siguiente imagen muestra el tirante medido en el día 1

El caudal en el día 1 teniendo de dato el tirante se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,535 * H_a^{1,53}$$

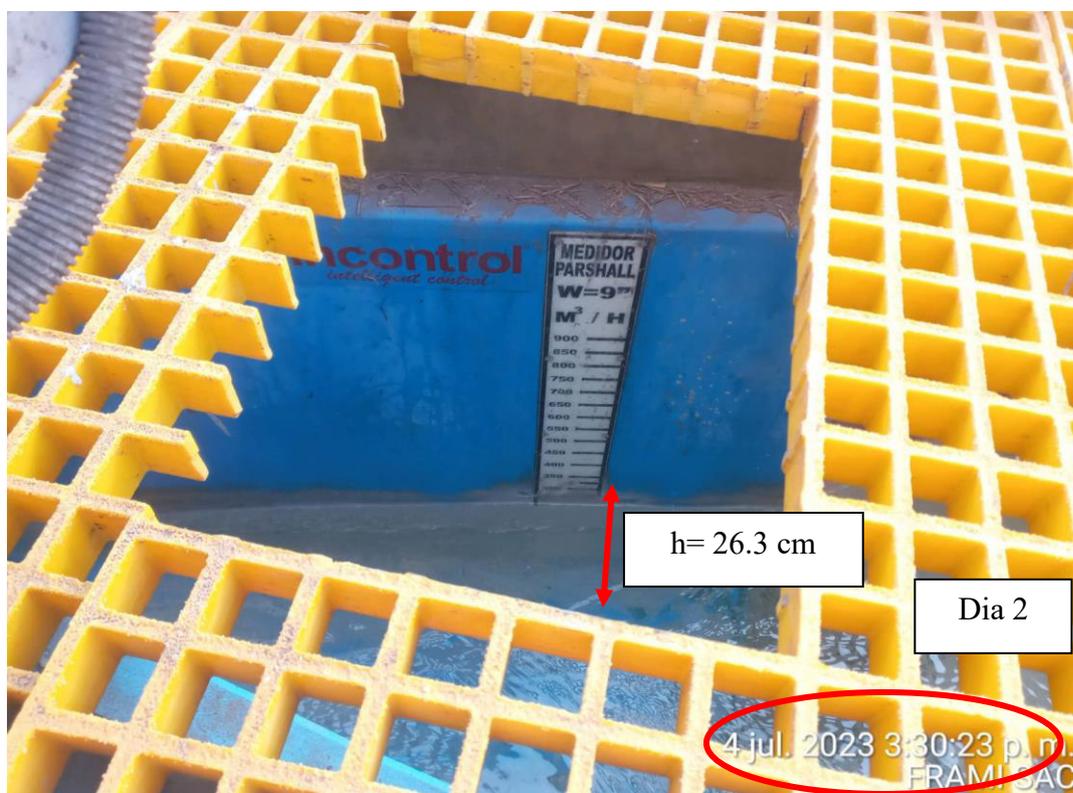
$$Q = 0,535 * 0.245^{1,53}$$

$$Q = 0.06220 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 62.20 \text{ lt/s}$$

En tal sentido el volumen diario de efluente que pasa por el sistema Parshall sería:

$$V = 5373.93 \text{ m}^3/\text{día}$$

Figura 21*Medición del tirante en el día 2*

Nota. La siguiente imagen muestra el tirante medido en el día 2

El caudal en el día 2 teniendo de dato el tirante se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,535 * H_a^{1,53}$$

$$Q = 0,535 * 0.263^{1,53}$$

$$Q = 0.06932 \text{ m}^3/\text{s}$$

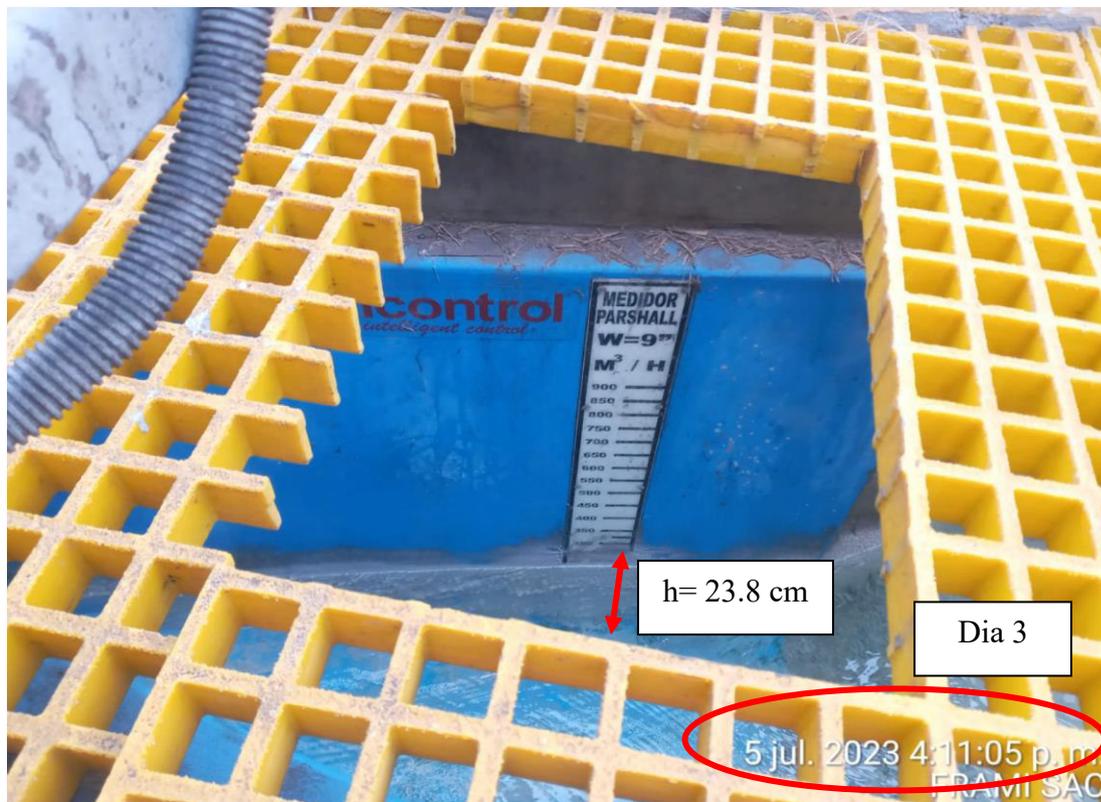
$$Q = 69.32 \text{ lt/s}$$

En tal sentido el volumen diario de efluente que pasa por el sistema Parshall sería:

$$V = 5989.63 \text{ m}^3/\text{día}$$

Figura 22

Medición del tirante en el día 3



Nota. La siguiente imagen muestra el tirante medido en el día 3.

El caudal en el día 3 teniendo de dato el tirante se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,535 * H_a^{1,53}$$

$$Q = 0,535 * 0.238^{1,53}$$

$$Q = 0.05950 \text{ m}^3/\text{s}$$

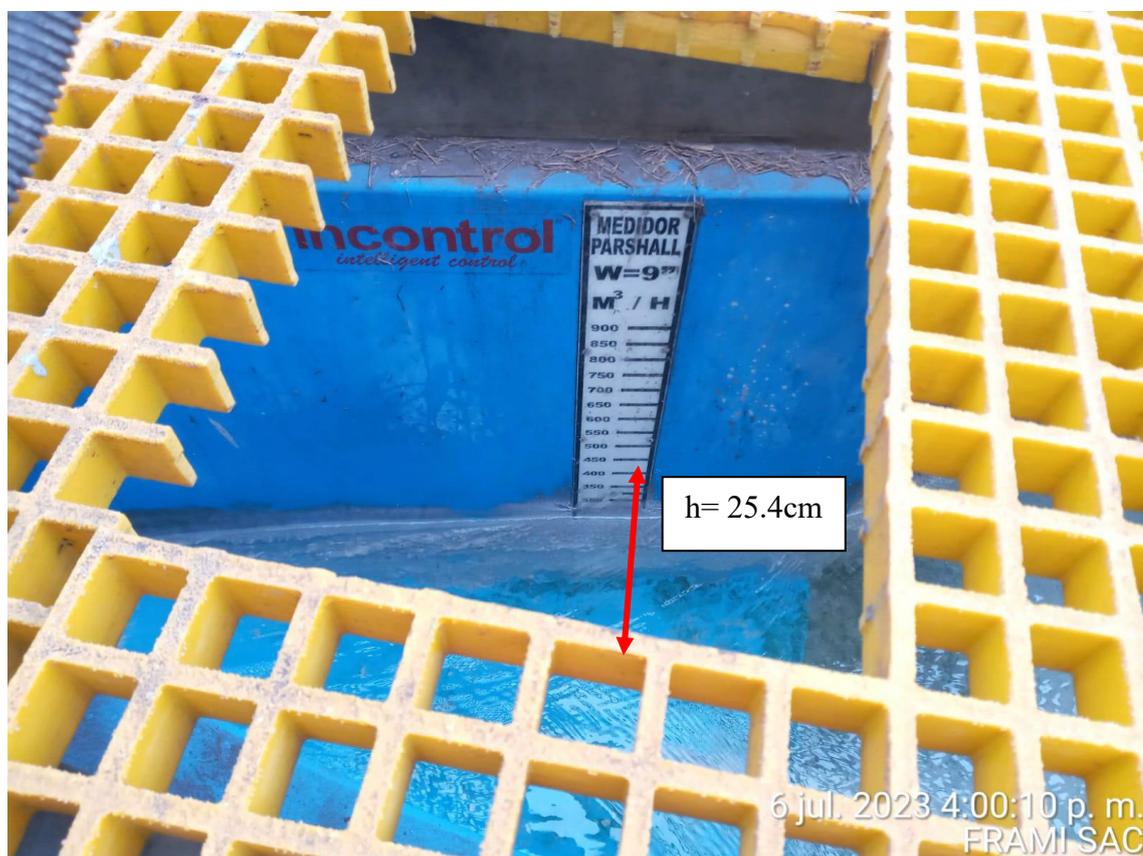
$$Q = 59.50 \text{ lt/s}$$

En tal sentido el volumen diario de efluente que pasa por el sistema Parshall sería:

$$V = 5140.79 \text{ m}^3/\text{día}$$

Figura 23

Medición del tirante en el día 4



Nota. La siguiente imagen muestra el tirante medido en el día 4. Elaboración propia.

El caudal en el día 4 teniendo de dato el tirante se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,535 * H_a^{1,53}$$

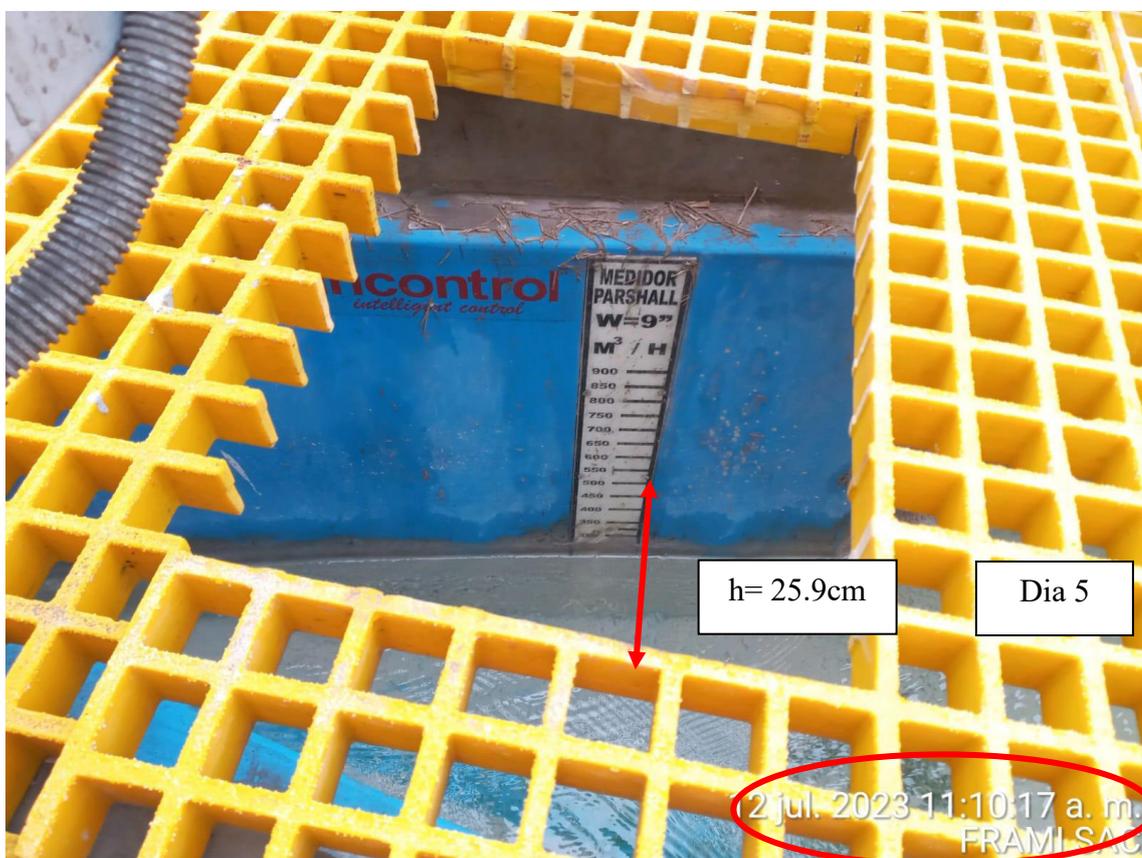
$$Q = 0,535 * 0.254^{1,53}$$

$$Q = 0.06573 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 65.73 \text{ lt/s}$$

En tal sentido el volumen diario de efluente que pasa por el sistema Parshall sería:

$$V = 5678.89 \text{ m}^3/\text{día}$$

Figura 24*Medición del tirante en el día 5*

Nota. La siguiente imagen muestra el tirante medido en el día 5. Elaboración propia.

El caudal en el día 5 teniendo de dato el tirante se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,535 * H_a^{1,53}$$

$$Q = 0,535 * 0.259^{1,53}$$

$$Q = 0.06772 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 67.72 \text{ lt/s}$$

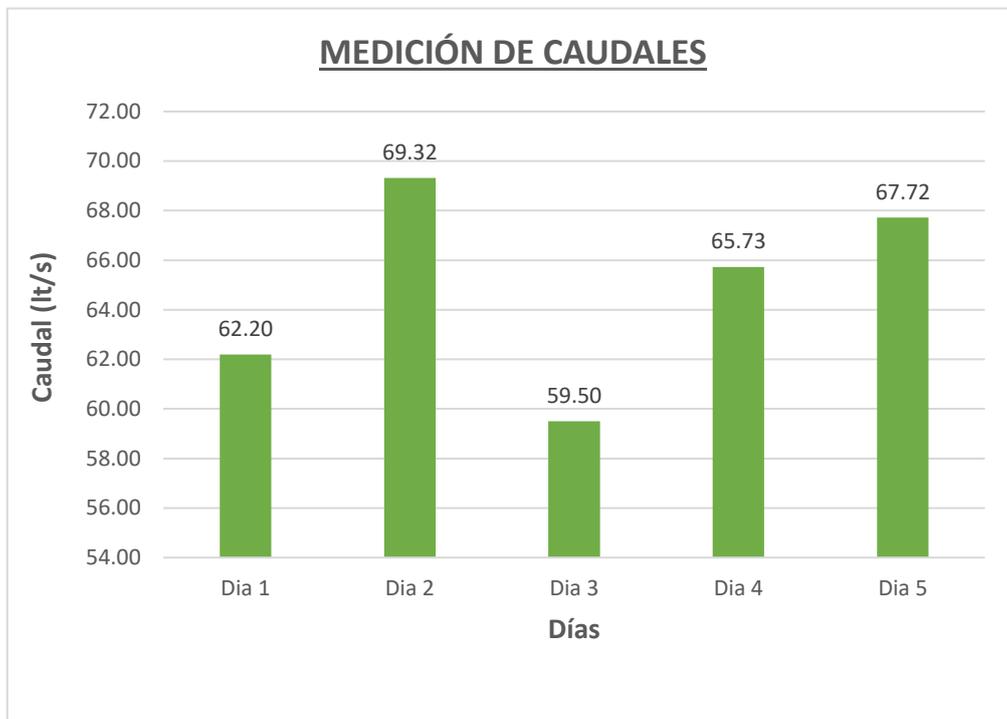
En tal sentido el volumen diario de efluente que pasa por el sistema Parshall sería:

$$V = 5850.81 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.3.2 Resumen de cálculos

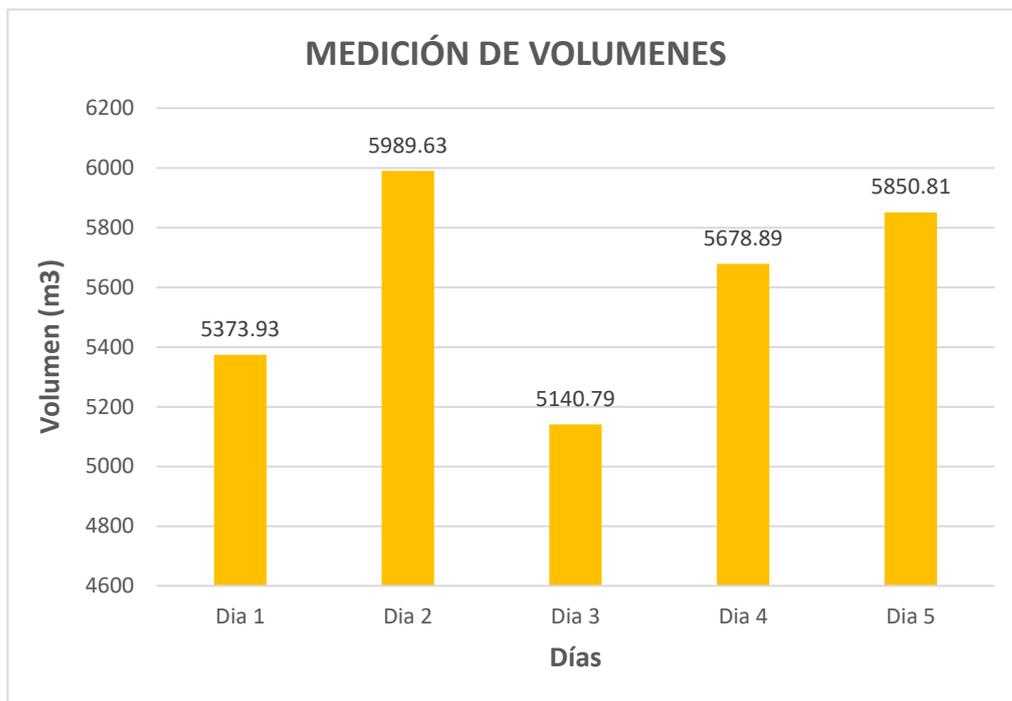
Figura 25

Medición de caudales



Nota. El siguiente gráfico muestra los valores del caudal medidos durante 5 días.

En promedio se tiene un caudal de $Q = 64.89 \text{ lt/s}$

Figura 26*Medición de volúmenes*

Nota. El siguiente gráfico muestra los valores del volumen medidos durante 5 días.

En promedio se tiene un volumen diario de $V = 5606.81 \text{ m}^3$

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. En la presente tesis basada en el proyecto de diseño y construcción del sistema Parshall ubicada en Lima-Callao, aceptamos la hipótesis general en la cual establece que el diseño del sistema Parshall permitirá calcular el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.
2. Los trabajos de campo consistían en la inspección visual y la ejecución del sistema de canalización de efluentes hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, a su vez el sistema Parshall construido tuvo una dimensión un ancho de garganta de 9”, el cual tiene una capacidad de medir un caudal máximo de 250 lt/s y su estructura está construida en base a concreto armado.
3. Aponte (2019) en su investigación titulada “Diseño y construcción de una canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la universidad Santo Tomas sede central” obtiene como resultado el diseño y la construcción de una canaleta Parshall que funcione como una herramienta para los procesos pedagógicos. Para este caso se diseñó y construyó un canal de ancho de garganta de 2 pulgadas hecho a base de material acrílico, sin embargo, este diseño se limita solo a ese ancho de garganta ya que para canaletas cuyo ancho de garganta mayor a 2 pulgadas requieren de mayor suministro de agua para su prueba, lo que perjudicaría su funcionamiento en espacios académicos con recursos limitados.
4. Cedeño (2020) en su investigación titulada “Análisis de un canal Parshall mediante un modelo hidráulico de laboratorio” obtiene como resultado el diseño de un canal Parshall y la calibración para el cálculo de los parámetros hidráulicos con dimensiones que no están dentro del cuadro de la Tabla2 y a su vez estableció una fórmula para el cálculo

del caudal que es igual a $Q = 27.108 * H_0^{0,5634}$ y cuyo margen de error no supera el 5% cuyo valor es aceptable.

5. Lizarraga y Mendez (2022), en su investigación titulada “Dimensionamiento de un canal hidráulico para mejorar el riego de las zonas agrícolas del distrito de Lurín – Lima” obtiene como resultado las nuevas dimensiones del canal para mejorar el riego en dichas zonas. Pudo calcular el nuevo caudal que será necesario para abastecer de agua a los cultivos de esa zona, pasando de un caudal de 0.114 m³/s a 1.103 m³/s. Dicho parámetros de dimensionamiento concuerda con los valores establecidos en la Tabla 4.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que la selección del ancho de garganta del sistema Parshall es de 9 pulgadas, el cual tiene una capacidad para medir un caudal máximo de 251.9 lt/s.
- Se concluye que los parámetros hidráulicos finales del sistema Parshall corresponden a una longitud de las paredes de la sección convergente de 88cm, ancho de salida de 38.40cm, ancho de entrada de la sección convergente de 57.40cm, longitud de las paredes de la sección divergente de 61cm, longitud de garganta de 30.50cm, longitud de la sección divergente de 45.70cm y los cálculos hidráulicos correspondientes al tirante, velocidad del caudal y energía.
- Se concluye que de acuerdo a los cinco días de medición en campo el caudal y volumen final del sistema Parshall promedio fueron de 64.89 lt/s y 5606.81 m³ respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda contar un caudal inicial a fin de realizar el diseño del sistema Parshall el cual permita elegir un ancho de garganta adecuado para medir el caudal final.
- Para que el sistema Parshall cumpla con su propósito de poder medir el caudal final de las aguas residuales se recomienda llevar un buen control de las medidas establecidas de los parámetros hidráulicos (sección convergente, sección de garganta, sección divergente, etc.) durante el proceso constructivo. Un proceso constructivo incorrecto podría variar los parámetros de diseño ya establecidos.
- Se recomienda respetar las fórmulas que están dentro de la Tabla 3 para el cálculo del caudal ya que para cada tamaño del ancho de garganta existe una formula correspondiente que va a medir el caudal que pasa a través del sistema Parshall.
- Para alargar la vida útil del sistema Parshall se recomienda usar diseños de concreto que sean impermeables o concretos con alta resistencia para aumentar la impermeabilidad. Para el diseño del sistema Parshall de esta presente tesis por el que van a transcurrir aguas residuales de procesos químicos, se recomienda para este caso revestir todas las paredes con una resina epóxica el cual las va a proteger del daño o desgaste mecánico volviéndolas aún más impermeables.

VIII. REFERENCIAS

- Aponte, C. (2019). *Diseño y construcción de una canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás Sede Central*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás, Colombia].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30431/2020carlosaponte.pdf>
- Barnet, S., Arbonés, M., Pérez, S. y Guerra, M. (2017). Construcción del registro de observación para el análisis del movimiento fundamentado en la teoría de Laban. *Pensar en movimiento*, 15(2), 1-21.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/pem/v15n2/1409-0724-pem-15-02-e2733.pdf>
- Barriga, M., Churata, A. y Tinoco, O. (2018). Optimización del rendimiento de la extracción de aceite de semillas de *Vitis vinifera* con CO₂ supercrítico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(2), 217-227.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n2/a06v84n2.pdf>
- Cadena, P., Rendón, R., Aguilar, J. y Sangerman, D. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1603-1617.
<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263153520009.pdf>
- Castellanos, H., Collazos, C., Farfan, J. y Meléndez, F. (2017). Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable. *Información Tecnológica*, 28(6), 103-114.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600012>
- Cedeño, S. (2020). *Análisis de un canal Parshall mediante un modelo hidráulico de laboratorio*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2268/1/CEDE%C3%91O%20RODRIGUEZ%20SHARON.pdf>

- Cuenca, L. (2019). *Cálculo de la longitud mínima de aproximación para la canaleta Parshall, a través de la comparación del comportamiento hidráulico entre un modelo numérico y un modelo físico*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia, Colombia].
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/a80df737-5f0f-4bda-93b6-8bef913e61e4/content>
- Dai Pra, M., Dos Santos, P., Teixeira, E. y Giulian, M. (2016). Evaluación de Fluctuaciones de Presión en Salto Hidráulico por Disociación de Esfuerzo. *RBRH*, 21(1).
<https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p222-231>
- De Azevedo, J. y Guillermo Acosta A. *Manual de Hidráulica*. 8ª ed. Brasil
<https://dokumen.tips/documents/manual-de-hidraulica-azevedo-netto-pdf.html?page=3>
- De la Cruz, S., Mendoza, C., Arteaga, F., Toledo, C., Llatas, F. y Zumarán, J. (2022). Diseño de canaleta Parshall. *Minerva*, 3(7), 51-77. <https://doi.org/10.47460/minerva.v3i7.53>
- Ghanem, A., Carmona, J., Rodríguez, P. y Muños, A. (2015). Evaluación del sistema UASB-Laguna parcialmente aireada en la planta de tratamiento el Maguey, Puerto La Cruz, Venezuela. *Saber*, 27(1), 110-119.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000100014
- Gómez, G. (2017). Medición de descargas parciales en transformadores de potencia bajo los estándares internacionales IEC e IEEE. *Tecnología en Marcha*, 31(1), 70-80.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-70.pdf>
- González, I., Guillen, R. y García, O. (2016). Influencia de la inserción de hélices cilíndricas sobre el número de Reynolds crítico de un flujo en un espacio anular. *Tecnología Química*, 36(2), 154-165.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-61852016000200004

- González, Y., Gómez, P. y Matos, A. (2018). Diagnóstico ambiental preliminar y oportunidades de prevención de la contaminación en la empresa de productos Cárnicos de Holguín. Cuba. *Tecnología Química*, 38(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000100014
- Gualpa, M., Célleri, R. y Crespo, P. (2022). Efecto del coeficiente teórico de descarga de vertederos sobre la medición de caudales en pequeños ríos Andinos. La Granja, *Revista de Ciencias de la Vida*, 36(2), 75-87. <https://doi.org/10.17163/lgr.n36.2022.06>
- Herbas, B. y Rocha, E. (2018). Metodología científica para la realización de investigaciones de mercado e investigaciones sociales cuantitativas. *Revista Perspectiva*, (42), 123-160. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332018000200006&lng=es&nrm=iso
- Juliño, M., Ocaña, F. y Concha, J. (2021). Contaminación ambiental y su influencia en la salud. *RenaCiente*, 2(1). <https://doi.org/10.46498/renacipb.v2i1.1566>
- Lizarraga, V. y Méndez, E. (2022) *Dimensionamiento de un canal hidráulico para mejorar el riego de las zonas agrícolas de Lurín – Lima*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5917>
- López, L., Villavicencio, J., aponte, K., Fajardo, J. y López, C. (2019). Análisis de la contaminación ambiental producida por el plasma frío de baja presión en la limpieza de láminas metálicas. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (22), 17-24. <https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.02>
- Lux, M. (2010). *Medidores de flujo en canales abiertos*. [Tesis de graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala]. https://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3165_C.pdf

- OEFA (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Primera edición.
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Palacios, I. y Moreno, D. (2022). Contaminación ambiental. *Recimundo Revista Científica Mundo de la Investigación y el conocimiento*, 6(2), 93-103.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.93-103](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103)
- Pedroza, E. y Ángel, J. (2012). Variaciones en la calibración de un aforador Parshall. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(3), 35-51.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n3/v3n3a3.pdf>
- Ramos, R., Viña, M. y Gutiérrez, F. (2021). Investigación aplicada en tiempos de COVID-19. *Revista de la OFIL*, 30(2), 93. <https://dx.doi.org/10.4321/s1699-714x2020000200003>
- Rodríguez, J., Gómez, M., Arellano, A., Romero, C. y Córdova, F. (2018). Estimación de coeficientes de descarga en orificios circulantes de pared delgada, en modelos físicos. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 20-32.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v15n2/1794-4449-rlsi-15-02-20.pdf>
- Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Toapaxi, J., Sila, R. y Torres, C. (2022). Modelación Numérica Tridimensional del Medidor de Caudal Palmer-Bowlus Aplicando el Programa FLOW-3D. *Revista Politécnica*, 49(1), 43-52. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n1.04>

IX. ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

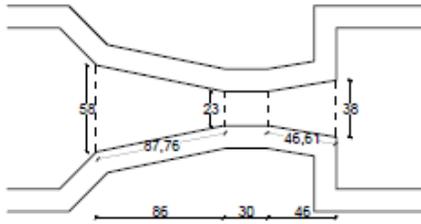
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: Descriptivo</p> <p>Diseño: No experimental</p> <p>Unidad analítica: Se abordará el diseño y construcción de un canal Parshall para la medición del caudal residual generado de los procesos de producción y comercialización de químicos básicos establecidos dentro de la organización objeto de estudio.</p>
¿Cómo será el diseño del sistema Parshall para calcular el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos?	Diseñar el sistema Parshall para calcular el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.	El diseño del sistema Parshall permitirá calcular el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.	V. Independiente = Diseño del sistema Parshall	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
¿Cuáles son los criterios para la selección del ancho de garganta del sistema Parshall para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos?	Seleccionar el ancho de garganta del sistema Parshall para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.	La correcta selección del ancho de garganta del sistema Parshall servirá para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.		
¿Cuáles son los parámetros hidráulicos del sistema Parshall para determinar el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos?	Determinar los parámetros hidráulicos del sistema Parshall a fin de conocer el caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos	Los parámetros hidráulicos del sistema Parshall servirán para conocer el caudal final de las aguas residuales generado por las empresas productoras de insumos químicos básicos.	V. Dependiente = Determinación del caudal final	
¿Cómo se realizará el cálculo del caudal y volumen final promedio para cinco días de medición de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos?	Calcular el caudal y volumen final promedio para cinco días de medición de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.	El cálculo del caudal y volumen diario permitirán conocer los niveles promedio con relación a cinco días de medición de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos.		

ANEXO B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

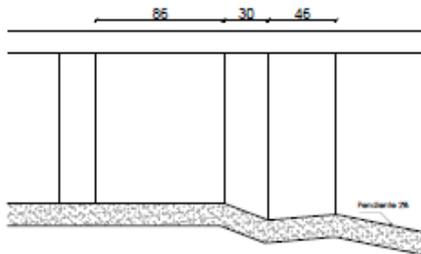
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
		Dimensiones	Indicadores
V. Independiente = Diseño del sistema Parshall	El aforador o canal Parshall es una estructura hidráulica para medir el volumen de agua en canales abiertos, como ríos, canales de riego, zanjas de drenaje y desagües de aguas residuales, y se divide en cuatro partes principales: transición de entrada, sección de convergencia, sección de la garganta y la sección de divergencia (Aponte, 2019).	- Sección del sistema Parshall	<ul style="list-style-type: none"> - Sección convergente - Sección de garganta - Sección divergente
V. Dependiente = Determinación del caudal final	El caudal se calcula de dividir el volumen de agua del recipiente entre el tiempo que se necesita en llenar dicho recipiente, dicho caudal es expresado en lt/s (Lux,2010).	- Volumen	- litros

ANEXO C: PLANO EN PLANTA Y CORTE DEL SISTEMA PARSHALL

PLANTA



CORTE



DIMENSIONES DEL CANAL PARSHALL				
PARAMETROS	DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR ESTANDAR	VALOR ASUMIDO
ANCHO DE GARGANTA	W	cm	22.90	23.00
LONGITUD DE LAS PAREDES DE LA SECCION CONVERGENTE	A	cm	88.00	87.76
LONGITUD DE LA SECCION CONVERGENTE	B	cm	86.40	86.00
ANCHO DE LA SALIDA	C	cm	38.40	38.00
ANCHO DE LA ENTRADA DE LA SECCION CONVERGENTE	D	cm	57.40	58.00
LONGITUD DE LAS PAREDES DE LA SECCION DIVERGENTE	E	cm	61.00	46.61
LONGITUD DE LA GARGANTA	F	cm	30.50	30.00
LONGITUD DE LA SECCION DIVERGENTE	G	cm	45.70	46.00
PROFUNDIDAD DE LA CUBETA	N	cm	11.40	11.40
DIFERENCIA DE ELEVACION ENTRE LA SALIDA Y LA CRESTA	K	cm	7.60	7.60

DIBUJO: FUENTE PROPIA	TEMA: DISEÑO DEL SISTEMA PARSHALL PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADO POR EMPRESAS PRODUCTORAS DE INSUMOS QUÍMICOS BÁSICOS, LIMA, 2023	PLANO: SECCIÓN DEL CANAL PARSHALL	SCP-01
UBICACIÓN: DISTRITO DEL CALLAO			

ANEXO D: FICHA PARA VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN 1



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: VASQUEZ ARANDA, ANIBER OMAR

1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNFU

1.3. Especialidad del validador: GESTIÓN AMBIENTAL

1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Recolección de Datos

1.5. Título de la investigación: *"Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023"*

1.6. Autor del instrumento: Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. Organización	Existe una organización lógica.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				X	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				X	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

VARIABLE INDEPENDIENTE: "Diseño del Sistema Parshall"

DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Ancho de garganta	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de las paredes de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Ancho de salida de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Ancho de entrada de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de las paredes de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la garganta	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			

VARIABLE DEPENDIENTE: "Determinación del caudal final"

DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Caudal (litros/segundo)	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 2			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %.

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima 05 de Octubre del 2023



Firma del experto informante.

DNI. N° 81948761 Teléfono N° 990077269

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS 1

- ✓ Título De La Investigación: "Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023".
- ✓ Nombre Del investigador: Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta
- ✓ Institución a la cual pertenece: Universidad Nacional Federico Villarreal – Facultad de Ing. Civil
- ✓ Etapa De Recolección De Datos: Etapa I
- ✓ Datos de medición de las variables del sistema Parshall

Fecha	Variables de medición							
	Ancho de garganta (cm)	Longitud de las paredes de la sección convergente (cm)	Longitud de la sección convergente (cm)	Ancho de salida de la sección divergente (cm)	Ancho de entrada de la sección convergente (cm)	Longitud de las paredes de la sección divergente (cm)	Longitud de la garganta (cm)	Longitud de la sección divergente (cm)


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS
Alex Miguel Espinoza Villacorta
AHUBER UMAR ALBUQUEQUE ARANDA
 CIP N° 22307
 INGENIERO GEOGRAFO

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS 2

- ✓ Título De La Investigación: "Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023".
- ✓ Nombre Del investigador: Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta
- ✓ Institución a la cual pertenece: Universidad Nacional Federico Villarreal – Facultad de Ing. Civil
- ✓ Etapa De Recolección De Datos: Etapa II
- ✓ Datos de medición de los tirantes del caudal durante 5 días.

Días de medición	Fecha	Variables de medición		
		Altura de tirante (cm)	Caudal (lt/s)	Volumen (m3/día)
Día 1				
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS
Alex Miguel Espinoza Villacorta
AHUBER UMAR ALBUQUEQUE ARANDA
 CIP N° 22307
 INGENIERO GEOGRAFO

ANEXO E: FICHA PARA VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN 2



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: RIQUE PÉREZ GUSTAVO JEREMÍAS

1.2. Cargo e institución donde labora: ING. CIVIL

1.3. Especialidad del validador: ING. CIVIL

1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Recolección de Datos

1.5. Título de la investigación: "Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023"

1.6. Autor del instrumento: Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. Organización	Existe una organización lógica.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				X	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				X	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

VARIABLE INDEPENDIENTE: "Diseño del Sistema Parshall"

DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Ancho de garganta	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de las paredes de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Ancho de salida de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Ancho de entrada de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de las paredes de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la garganta	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			

VARIABLE DEPENDIENTE: "Determinación del caudal final"

DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Caudal (litros/segundo)	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 2			

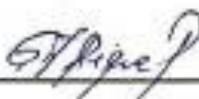
IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %.

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima 05 de octubre del 2023



Firma del experto informante.

DNI. N° 21728307 Teléfono N° 959182584

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS 1

- ✓ **Título De La Investigación:** "Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023".
- ✓ **Nombre Del investigador:** Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta
- ✓ **Institución a la cual pertenece:** Universidad Nacional Federico Villarreal – Facultad de Ing. Civil
- ✓ **Etapas De Recolección De Datos:** Etapa I
- ✓ **Datos de medición de las variables del sistema Parshall**

Fecha	Variables de medición							
	Ancho de garganta (cm)	Longitud de las paredes de la sección convergente (cm)	Longitud de la sección convergente (cm)	Ancho de salida de la sección divergente (cm)	Ancho de entrada de la sección convergente (cm)	Longitud de las paredes de la sección divergente (cm)	Longitud de la garganta (cm)	Longitud de la sección divergente (cm)



 GUSTAVO JEREMIAS
 RIQUE PEREZ
 ING CIVIL
 CIP 138318

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS 2

- ✓ **Título De La Investigación:** "Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023".
- ✓ **Nombre Del investigador:** Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta
- ✓ **Institución a la cual pertenece:** Universidad Nacional Federico Villarreal – Facultad de Ing. Civil
- ✓ **Etapas De Recolección De Datos:** Etapa II
- ✓ **Datos de medición de los tirantes del caudal durante 5 días.**

Días de medición	Fecha	Variables de medición		
		Altura de tirante (cm)	Caudal (lt/s)	Volumen (m3/día)
Día 1				
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				



 GUSTAVO JEREMIAS
 RIQUE PEREZ
 ING CIVIL
 CIP 138318

ANEXO F: FICHA PARA VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN 3



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: CONTEERAS SOTIL HUGO

1.2. Cargo e institución donde labora: ING. CIVIL

1.3. Especialidad del validador: ING CIVIL

1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Recolección de Datos

1.5. Título de la investigación: *"Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023"*

1.6. Autor del instrumento: Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. Organización	Existe una organización lógica.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				X	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				X	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

VARIABLE INDEPENDIENTE: "Diseño del Sistema Parshall"

DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Ancho de garganta	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de las paredes de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Ancho de salida de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Ancho de entrada de la sección convergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de las paredes de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la garganta	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			
Longitud de la sección divergente	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 1			

VARIABLE DEPENDIENTE: "Determinación del caudal final"

DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Caudal (litros/segundo)	Flexómetro-Observación visual			
	Ficha de recolección de datos 2			

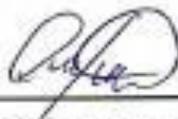
IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima05..... de octubre...del 2023



Firma del experto informante.

DNI N° _____ Teléfono N° _____

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS 1

- ✓ **Título De La Investigación:** "Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023".
- ✓ **Nombre Del investigador:** Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta
- ✓ **Institución a la cual pertenece:** Universidad Nacional Federico Villarreal – Facultad de Ing. Civil
- ✓ **Etapas De Recolección De Datos:** Etapa I
- ✓ **Datos de medición de las variables del sistema Parshall**

Fecha	Variables de medición							
	Ancho de garganta (cm)	Longitud de las paredes de la sección convergente (cm)	Longitud de la sección convergente (cm)	Ancho de salida de la sección divergente (cm)	Ancho de entrada de la sección convergente (cm)	Longitud de las paredes de la sección divergente (cm)	Longitud de la garganta (cm)	Longitud de la sección divergente (cm)


HUGO CONTRERAS SOTIL
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 3272

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS 2

- ✓ **Título De La Investigación:** "Diseño del sistema Parshall para la determinación del caudal final de las aguas residuales generado por empresas productoras de insumos químicos básicos, Lima, 2023".
- ✓ **Nombre Del investigador:** Bachiller Alex Miguel Espinoza Villacorta
- ✓ **Institución a la cual pertenece:** Universidad Nacional Federico Villarreal – Facultad de Ing. Civil
- ✓ **Etapas De Recolección De Datos:** Etapa II
- ✓ **Datos de medición de los tirantes del caudal durante 5 días.**

Días de medición	Fecha	Variables de medición		
		Altura de tirante (cm)	Caudal (lt/s)	Volumen (m3/día)
Día 1				
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				


HUGO CONTRERAS SOTIL
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 3272