

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Estudio del traslado de sedimentos de fondo y el volumen producido en las aguas del rio Huallaga, distrito - Huánuco, 2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Garay Espinoza, Clever Wilmer

ASESOR: Jacha Rojas, Johnny Prudencio

HUÁNUCO – PERÚ

2023



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Hidráulica  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

# D

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76794978

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

# H

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:00 horas del día **viernes 10 de noviembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- |  |            |
|--|------------|
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA       | PRESIDENTE |
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA     | SECRETARIO |
| ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA | VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2635-2023-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: **"ESTUDIO DEL TRASLADO DE SEDIMENTOS DE FONDO Y EL VOLUMEN PRODUCIDO EN LAS AGUAS DEL RIO HUALLAGA, DISTRITO - HUÁNUCO, 2023"**, presentado por el (la) Bachiller. **Clever Wilmer GARAY ESPINOZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 1.7 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 11:55 horas del día 10 del mes de noviembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA  
ORCID: 0000-0002-5650-3745  
Presidente



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA  
ORCID: 0000-0002-0877-5922  
Secretario



MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA  
ORCID: 0000-0002-0579-5135  
Vocal



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

### DOCUMENTO PARA TRAMITE DEL TÍTULO PROFESIONAL

Yo, ...Johnny Prudencio JACHA ROJAS..... ,  
asesor(a) del PA Ingeniería Civil..... y designado(a)  
mediante documento ..RESOLUCIÓN N° 2148-2022-D-FI-UDH..... del (los)  
estudiante(s) ..... **GARAY ESPINOZA, CLEVER WILMER**.....

....., de  
la investigación titulada:


... **ESTUDIO DE TRASLADO DE SEDIMENTOS DE FONDO Y EL VOLUMEN  
PRODUCIDO EN LAS AGUAS DEL RIO HUALLAGA, DISTRITO -HUÁNUCO, 2023**

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del .....<sup>22</sup>..... %  
verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el  
Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no  
constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de  
Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime  
conveniente.

Huánuco, 15... de ~~NOVIEMBRE~~ **NOVIEMBRE** 2023.

  
Johnny P. Jacha Rojas  
INGENIERO DE SISTEMAS  
Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio  
DNI: 40895876  
ORCID. 0000-0001-7920-1304  
Asesor

## TESIS POS SUSTENTACION

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>22%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>22%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>5%</b> PUBLICACIONES	<b>8%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>core.ac.uk</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uaaan.mx:8080</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>upc.aws.openrepository.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>www.tcontas.pt</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

  
Mg.  Johnny P. Jacha Rojas  
DNI: 40895876  
ORCID: 0000-0001-7920-1304  
Asesor

## **DEDICATORIA**

Esta investigación va dedicada primero a Dios que fue mi guía en todos estos años de mi carrera y también para el desarrollo de esta investigación, también dedico esto a mis padres que sin ellos no hubiera llegado a donde estoy ahora, que gracias a su apoyo incondicional en cada momento y su guía pude seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la guía y dejarme llegar hasta donde estoy, brindarme de una salud optima y la inteligencia necesaria con el fin de lograr todos los objetivos y metas propuestas.

Mis padres por su apoyo, ejemplo, valores, los consejos necesarios en cada parte de mi vida, la motivación incondicional y todo su amor en cada etapa que pase.

A mis maestros, mi asesor de tesis que por darme la ayuda necesaria para el desarrollo y finalización de esta investigación.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	12
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:.....	13
1.3. OBJETIVOS.....	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	13
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	14
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA:.....	14
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO .....	16
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	16
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	18
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	20
2.2. BASES TEÓRICAS .....	21
2.2.1. TEORÍAS DE SEDIMENTOS.....	21
2.2.2. MEDICIÓN DEL CAUDAL DE UN RIO .....	29



2.2.3. GRANULOMETRÍA DE LOS SEDIMENTOS / INICIO DEL MOVIMIENTO DEL MATERIAL DE FONDO.....	31
2.2.4. CUANTIFICACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS...	37
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	48
2.4. HIPÓTESIS.....	49
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	49
2.5. VARIABLES.....	49
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	49
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	50
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	50
CAPÍTULO III.....	51
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.1.1. ENFOQUE.....	51
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	51
3.1.3. DISEÑO.....	51
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	52
3.2.1. POBLACIÓN.....	52
3.2.2. MUESTRA.....	52
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 52	
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	53
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	54
CAPÍTULO IV.....	63
RESULTADOS.....	63
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	63
4.1.1. SEDIMENTOS.....	63
4.1.2. VALIDAR LA FORMULA EMPIRICA.....	67
4.2. CONSTATAción DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ....	72
CAPÍTULO V.....	74
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	74
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	78

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Notación para el transporte de sedimentos .....	22
Tabla 2 Clasificación del transporte de sedimento.....	25
Tabla 3 Nomenclatura para las ecuaciones de sedimentos .....	27
Tabla 4 Según el ASTM, rango de tamices .....	33
Tabla 5 Clasificación de Sedimentos por su tamaño .....	33
Tabla 6 Peso específico de sólidos en los suelos según su tipo de clasificación .....	34
Tabla 7 Fórmulas para los demás parámetros.....	35
Tabla 8 Fuerza Tractiva crítica para una granulometría uniforme .....	37
Tabla 9 Sistema de variables-dimensiones e indicadores.....	50
Tabla 10 Normas .....	54
Tabla 11 Caudales de aforo del rio.....	57
Tabla 12 Granulometría de sedimentos.....	64
Tabla 13 Densidad aparente .....	66
Tabla 14 Densidad relativa.....	66
Tabla 15 Gasto solido aplicando las formulas empíricas .....	67
Tabla 16 Volumen de solido aplicando las formulas empíricas en el fondo del rio .....	68
Tabla 17 Caudal derivado y volumen de solido .....	68
Tabla 18 Datos conseguidos de campo para el caudal dominante.....	68
Tabla 19 Valores del gasto solido mediante las siguientes formulas.....	71
Tabla 20 Relación entre gasto solido de fondo y el volumen de sedimentos con la fórmula de Parker .....	72
Tabla 21 Estudio de sedimentos .....	73
Tabla 22 Estudio de Caudales .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de Meteorización.....	21
Figura 2 Transporte de Sedimentos.....	22
Figura 3 Transporte total de fondo.....	23
Figura 4 Transporte total de sedimento .....	24
Figura 5 Transporte total.....	24
Figura 6 Seccion Transversal con el tubo de Pitot.....	30
Figura 7 Granulometría real de los suelos .....	32
Figura 8 Tramo de estudio 1 .....	55
Figura 9 Tramo de Estudio 2.....	55
Figura 10 Tramo de Estudio 3.....	56
Figura 11 Tramo de Estudio 4.....	56
Figura 12 Pto 1 de muestra .....	58
Figura 13 Pto 2 de la muestra.....	58
Figura 14 Pto 3 .....	59
Figura 15 Pto 4 .....	59
Figura 16 Pto 5 .....	60
Figura 17 Pto 6 .....	60
Figura 18 Pto 7 .....	61
Figura 19 Pto 8 .....	61
Figura 20 Pto 9 .....	62
Figura 21 Estudio de Granulometría .....	63
Figura 22 Grafica de sedimentos .....	65

## RESUMEN

El estudio de transporte de sedimentos tiene como finalidad la identificación de la cantidad de sedimentos que se transportaron y que se genera, esto puede ser de forma natural y/o artificial que se genera en una cuenca el río Higuera y que el transporte de sedimentos con el estudio del mismo es un fenómeno con una complejidad mayor que puede ayudar a una comprensión cuantitativa y cualitativa de los desplazamientos en un control de volumen. Por esa razón es sumamente importante conocer el nivel o grado de transporte del mismo. Esta investigación tiene como metodología la toma de datos de campo para los caudales, toma de muestras para el estudio de granulometría, de laboratorio para calcular la densidad, porosidad de las muestras obtenidas de la extracción en el lecho del campo y de gabinete al procesar todos los datos para así emplearlos correctamente para cada ecuación o método, donde estas ecuaciones variaron de acuerdo al método y al diámetro que se usó para cada una de ellas en relación a la estratigrafía. Esta investigación tiene como objetivo estimar el volumen de sedimentos y su caudal sólido de fondo del río Huallaga, para un estudio del traslado de sedimentos en la ciudad de Huánuco para luego validar la misma y corroborarla con las fórmulas empíricas de Schoklitsch, Bagnold, Parker, usando los caudales que fueron medidos el 2023 en los meses de enero a abril, después de validar dichos caudales con las fórmulas ya mencionadas se procedió a determinar el volumen generado que se dio por los sedimentos. Las conclusiones que se dio fueron las siguientes: Para el caudal sólido por la fórmula de Schoklitsch que dio un resultado de 33.29, la de Bagnold que dio un resultado de 29.24, la de Parker que dio como resultado de 15.72. Para el volumen de sedimentos promedio que fue de 87.128.

**Palabras clave:** caudal sólido, volumen de sedimentos, estratigrafía, densidad, porosidad.

## ABSTRACT

The purpose of the study of sediment transport is to identify the amount of sediment that was transported and that is generated, this can be naturally and/or artificially that is generated in a basin of the Higuera river and that the transport of sediments with the study of it is a phenomenon with a greater complexity that can help to a quantitative and qualitative understanding of the displacements in a volume control. For this reason it is extremely important to know the level or degree of transport of the same. This research has as a methodology the collection of field data for flows, sampling for the study of granulometry, laboratory to calculate the density, porosity of the samples obtained from the extraction in the bed of the field and cabinet when processing all the data in order to use them correctly for each equation or method, where these equations varied according to the method and the diameter that was used for each of them in relation to the stratigraphy. This research aims to estimate the volume of sediments and its solid bottom flow of the Huallaga river, for a study of the transfer of sediments in the city of Huánuco to later validate it and corroborate it with the empirical formulas of Schoklitsh, Bagnold, Parker, Using the flows that were measured in 2023 in the months of January to April, after validating said flows with the aforementioned formulas, the volume generated by the sediments was determined. The conclusions that were given were the following: For the solid flow by the Schoklitsch formula that gave a result of 33.29, that of Bagnold that gave a result of 29.24, that of Parker that gave as a result of 15.72. For the average sediment volume, it was 87,128.

**Keywords:** solid flow, sediment volume, stratigraphy, density, porosity.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación está constituida por 5 capítulos, en el capítulo 1 se describe y formula el objetivo de esta investigación siendo la estimación del volumen de sedimentos y su caudal sólido de fondo del río Huallaga, para un estudio del traslado de sedimentos en la ciudad de Huánuco, y de ahí parte los sub objetivos para calcular el caudal, el volumen de sedimentos y el caudal de sólidos; de la misma forma se tiene presente la justificación y limitaciones de esta investigación. En el capítulo 2 se encuentra el todo marco teórico, dentro de ello esta los antecedentes que consta de tres antecedentes internacionales tomados de los países de Bolivia y España, también se tomó 3 antecedentes nacionales, aunque para los antecedentes locales solo se logró encontrar uno; también en ese capítulo se tiene la formulación de la hipótesis de esta investigación, para el capítulo 3 se encuentra toda la parte metodológica, dando como resultado que esta investigación es de un enfoque cuantitativo, de un alcance descriptivo y de un diseño experimental, para la población y la muestra se tomó el tramo del puente Señor de Burgos determinado del río Huallaga y no probabilística respectivamente. En el capítulo 4 se encuentra los resultados de esta investigación siendo ello lo siguiente que para el caudal sólido dio un resultado de 33.29, Para el volumen de sedimentos promedio que fue de 87.128 y por último el capítulo 5 donde se muestra la discusión de dichos resultados comprándolo con el antecedente local y las conclusiones y recomendaciones que se dio finalmente al término de la investigación, en los anexos se muestra todo el panel fotográfico de este estudio.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las temporadas de más lluvia en Huánuco se da en los meses de enero, febrero y marzo, el cual el río Huallaga presenta una mayor cantidad de sedimentos siendo captado de forma conjunta con la corriente fluida y derivado a las diferentes canaletas de obtenciones que se tienen en la ciudad. Se mostró que en las captaciones ingresan sedimentos que aguas arriba fueron transportados y que provienen del cauce del río, lo que genera un problema en el desarenador, por ello es importante estimar la cantidad de volumen de sedimento que puede transportar en temporadas altas de lluvia el río Huallaga. Las fórmulas que se tiene para poder calcular ese volumen para cauces naturales son muchas y diferentes dependiendo de su aplicación, por ello para caso del río Huallaga se tiene que emplear fórmulas que se adecue conjuntamente con las características de los sedimentos y de cierta forma considerar el lecho del río Huallaga, para ellos se tiene las siguientes fórmulas que fueron buenas al aplicarlo en este estudio como: la formula de Schoklitsch, Bagnold, Parker, Klingeman y Mc Lean, Mizuyama y Shimohigashi, Bathurst Graf y Cao, teniendo un fin de determinar y como ciertamente se adecue a la medición de los sedimentos que tiene el río Huallaga en sus temporadas altas de lluvias y así nos ayudó a la estimación del volumen de sedimentos para todos los caudales distintos que se puedan presentar en el río Huallaga.

### 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo estimar el volumen de sedimentos y su caudal sólido de fondo del río Huallaga, para un estudio del traslado de sedimentos en la ciudad de Huánuco - 2023?



### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:**

- ¿Cómo estimar el caudal en las aguas del río Huallaga, Distrito - Huánuco?
- ¿Cuál es el caudal sólido de fondo transportado por el río Huallaga, mediante el uso de las fórmulas empíricas?
- ¿Cómo determinar el volumen de sedimentos, a partir del transporte de fondo en las aguas del río Huallaga, Distrito - Huánuco?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Estimar el volumen de sedimentos y su caudal sólido de fondo del río Huallaga, para un estudio del traslado de sedimentos en la ciudad de Huánuco - 2023.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar el caudal del río Huallaga
- Calcular el caudal sólido de fondo transportado en las aguas del río Huallaga, mediante el uso de las fórmulas empíricas.
- Determinar el volumen de sedimentos a partir del transporte de fondo en las aguas del río Huallaga, Distrito – Huánuco.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Para esta investigación, la cual nos permite medir una cantidad de transporte de sedimento en el fondo del río Huallaga (en el tramo del puente Señor de Burgos).

Para su análisis esta investigación empleo la utilización de fórmulas empíricas que permite calcular el transporte de sedimento de fondo, para ello se tomaron muestras mediante una toma de muestras manuales por su toma de sedimentos de fondo.

Para el estudio de sedimentos de las muestras en fondo del rio Huallaga se tiene que realizar los siguientes ensayos: análisis granulométrico, peso específico, densidad.

#### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Es importante desarrollar un estudio de sedimentos en las aguas del rio Huallaga para así poder mostrar si puede a llegar a sufrir algunos daños en estructuras cercanas al lugar de estudio como los puentes y en caso de viviendas que viven al margen del rio.

#### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA:**

El estudio de transporte de sedimentos es de suma importancia debido a que nos ayuda a identificar la cantidad de sedimentos que se trasportaron y que se genera, esto puede ser de forma natural y/o artificial que se genera en una cuenca la cual se tomó como referencia el rio Huallaga.

#### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las limitaciones que se tuvo en esta presente investigación es la ubicación geográfica donde se desarrollará la investigación, condiciones climáticas, caudal del rio que será un limitante importante.

#### **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Para lograr un correcto desarrollo de los objetivos de estudio se requiere de recursos económicos, administrativos, humanos y financieros; por lo cual el investigador afrontara con cada uno de ellos, para así emplear una adecuada técnica de investigación y el respectivo procesamiento en el software; así mismo contamos con el acceso a la zona de investigación para

la inspección, recolección de datos y tomas fotográficas para llevar a cabo con éxito la investigación, por lo cual se considera que esta investigación es viable.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Testa (2017) en su tesis doctoral denominada “*Caracterización Hidráulica de los procesos de crecida del Río Pilcomayo en la cuenca Baja superior*”, esta tesis tiene como objetivo principal: Cuantificar los caudales que provienen de Bolivia hacia Argentina y Paraguay y sus distribuciones naturales por medio de desbordes, que se activan durante el paso de las crecidas y uno de sus objetivos secundarios es: Cuantificar el movimiento del lecho en las estaciones de aforo durante el paso de las crecidas y Determinar los caudales que activan los desbordes utilizando diferentes metodologías que garanticen la fiabilidad de los resultados: análisis de probabilidad de excedencia. Esta tesis se enfoca en el río pilcomayo siendo un río tri nacional por que pasa por los países de bolivia, paraguay y argentina, esa tesis tiene como propocito aportar las bases tecnicas para un caracterizacion de desvordes, mediante datos tomados de las crecidas de los años 2014 y 2015 y de esa forma cunatificar los aportes liquidos y solidos que se puede presentar desde Bolivia y que ingresan a los otros países, esta tesis ayuda con la estimacion de los caudales vertidos por desbordes y caudales que continuan a la embocadura. Para el estudio de sedimentos que se realizo en dicha tesis obtaron por los estudios de granulometria y transporte solido.

Según España (2019) en su tesis para la obtencion de Ingeniero Forestal denominada “*Producción de Sedimentos de Suelo en Predios con Diferente Condición de Manejo en el Sureste del Municipio de Saltillo, Coahuila.*” Tiene como objetivo principal la comparación de la producción de sedimentos de suelo en los diferentes tramos y como objetivo específico determinar la producción de sedimentos mediante

una simulación de lluvia. Para cumplir con los objetivos del presente trabajo se realizó la selección de áreas de muestreo, donde estas tuvieran condiciones topográficas similares, una vez identificadas las áreas, se realizó un mapa de malla que representara un metro por un metro cada cuadro en cada una de las áreas seleccionadas, se continuó con la selección de los sitios por medio de una aleatorización de los sitios, obteniéndose un total de ocho sitios por cada condición de manejo. Se continuó con la realización de simulación de lluvia en cada sitio resultante de la aleatorización; durante el proceso de la simulación se tomaron muestras de agua escurrida con sedimento, en intervalos de cinco minutos y para poder cumplir con lo propuesto se realizó ensayos de volatilización del soluto, en la cual el agua se evapora y deja residuos para su pesado.

Según Peña (2022) en su tesis doctoral denominado "*Estudio Numerico y Experimental del transporte de sedimento en cauces aluviales*", esta tesis tiene como objetivo principal la muestra de un estudio que es numerico y experimental para el transporte de sediemntos en rio y canales, esta tesis consiste en desarrollar un modelo numerico que es bidimensional para flujos y sedimentos granulares, que evalua de forma no permanente la hidrodinamica y el transporte de sedimentos (que es importante para este estudio) y el modelo numérico resuelve las ecuaciones de aguas someras en el campo hidráulico, y calcula a través de conocidas fórmulas empíricas el transporte de fondo y el transporte total de sedimentos, aportando como resultado la hidrodinámica existente (calado y dos componentes de la velocidad), y las variaciones del fondo en el cauce estudiado. El modelo que se presenta no evalúa el transporte de sedimentos cohesivos como limos y arcillas, cuyo tratamiento y resolución debe realizarse de forma distinta. De la misma forma, y al igual que la mayoría de otros modelos similares, el modelo numérico que se presenta debe ejecutarse una vez para cada tamaño de grano para tener en cuenta la heterogeneidad del material del lecho, usando el metodo de Volumenes Finitos, para la valorizacion experimental se procedio a desarrollarlo en un laboratorio donde los

ensayos de transporte de fondo, transporte en suspensión y la medición para los perfiles de fondo. Por lo tanto, podemos resumir todo lo anterior indicando que este modelo y tesis nos brinda información para el desarrollo de esta tesis en la parte del transporte de sedimentos granulares en dos dimensiones y en régimen no permanente, con transporte de fondo y transporte total, requiriendo una ejecución para cada tamaño de grano.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Según Vasquez (2018) en su tesis denominada "Estudio comparativo del transporte de sedimentos en fondo en las inmediaciones del puente Motupe" la cual tiene como objetivo general la comparación de El modelo de transporte de sedimentos submarinos, como objetivo específico, estudiar los sedimentos de diferentes muestras y realizados en diferentes ensayos de laboratorio, y analizar los resultados de laboratorio de un mismo estudio mediante diferentes ecuaciones, este trabajo es la investigación a realizar y debe considerarse base de la ecuación. En una comparación de modelos para el transporte de sedimentos de fondo cerca del Puente Motupe, se utilizó un diseño de experimentos, con Engelund y Hanzen y las ecuaciones de Schoklistch para diferentes sedimentos debidamente diseñados, distribución granulométrica, estudiada y analizada, de las cuales la que mejor se ajusta al fondo investigación de transporte de sedimentos. Siendo una de las conclusiones: Diferentes pruebas de laboratorio realizadas a las muestras tomadas en campo obtuvieron diferentes contenidos de humedad, así como cambios en la gravedad específica de las muestras retenidas en la malla No. 4 y las retenidas en la malla No. 4. A través del ítem No. 4, a través de sus diferentes ecuaciones de investigación de sedimentos para determinar sus diferentes pesos para estudiarlos, lo mismo se puede decir que los materiales transportados en el sitio de investigación son grava y arena, y se obtienen los diámetros D40, D50 y D90. a través de la prueba de tamaño de partícula Estos diámetros se

utilizarán para estudiar la ecuación de transporte de sedimentos. (pág. 20)

Para Laqui (2019) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil denominado *“Estimación de la erosión y transporte potencial de sedimentos hasta el eje de la futura represa Callazas en sub-cuenca del río Callazas en la región Tacna – Perú”*, tiene como objetivos estimar la tasa potencial de erosión hídrica y el volumen del transporte de sedimentos en el lugar de estudio y como objetivos específicos: Estimating the rate of erosion with USLE at the level and con una herramienta SIG. Calcule el transporte total de sedimentos con USLE y las correspondientes ecuaciones de transporte total de sedimentos para determinar el volumen muerto. De igual forma, al compararlo con el volumen muerto en el diseño de factibilidad, luego de haber realizado los métodos necesarios y los utilizados para este caso específico, se obtuvo la siguiente conclusión : Engelud-Hansen ecuación aplicada a la subcuenca Callazas Zona 1 ya que cumple con la entrada según el United Corps of Engineers Hydrologic Center Hydraulic Reference Manual, (pág. 25) y Se cualitativamente concluye que durante la estación seca no hay transporte de sedimentos suspendidos en el fondo.

Debido a la pendiente baja, y de acuerdo con el terreno y las fotos presentadas en los datos, el color del flujo es claro, se puede ver el fondo y solo se mueve debido a la velocidad mínima del canal. (pág. 30). Lo cual es algo para tener en cuenta la realizar este trabajo de investigación.

Para Goyburo (2017) en su tesis denominada *“Monitoreo y Caracterización del transporte de sedimento durante crecidas o eventos extremos del niño en el Río Tumbes”*, teniendo como objetivo principal la caracterización de la evolución del sedimento para suspensión al fondo del río Tumbes, teniendo en cuenta de los caudales líquidos cuando se genere grandes crecidas en los eventos de El Niño, para la realización de esa tesis se usó un perfilador acústico Doppler , para el monitoreo de flujo y flujo de sólidos en suspensión y en el fondo. La base de datos

utilizada para esta investigación fue proporcionada por el Instituto Geofísico del Perú. En cuanto al transporte de sedimentos en él se ha comprobado que su variación se debe al material disponible para el lavado debido a las precipitaciones, el mayor transporte se da al inicio de la temporada de lluvias debido a la gran cantidad de material disponible y disminuye hasta el final de las lluvias. Con respecto al transporte de los sedimentos del mismo se determinó la metodología propuesta por Rennie.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Se realizó una investigación de diversas tesis en el Perú donde el lugar de estudio sea realizado en el departamento de Huánuco y solo se encontró un antecedente.

Para Huanca (2019) para optar el título de Ingeniero Civil en su tesis denominada *“Influencia Geomorfológica e Hidrodinámica del río Huallaga en la caracterización de transporte de sedimentos entre Ambo y Huanuco”*, esta tesis tiene como objetivo principal la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco, para la realización de esa tesis se hizo un estudio de campo, laboratorio y gabinete que consta de un mapeo geológico, aforos con ADCP y extracción de sedimentos colocando canastillas metálicas de los cuales se hicieron ensayos de granulometría, identificación de forma, el peso específico de las partículas y su densidad, para ver su estratigrafía con el cual se desarrolló ecuaciones variación de diámetro versus longitud.



## 2.2. BASES TEÓRICAS

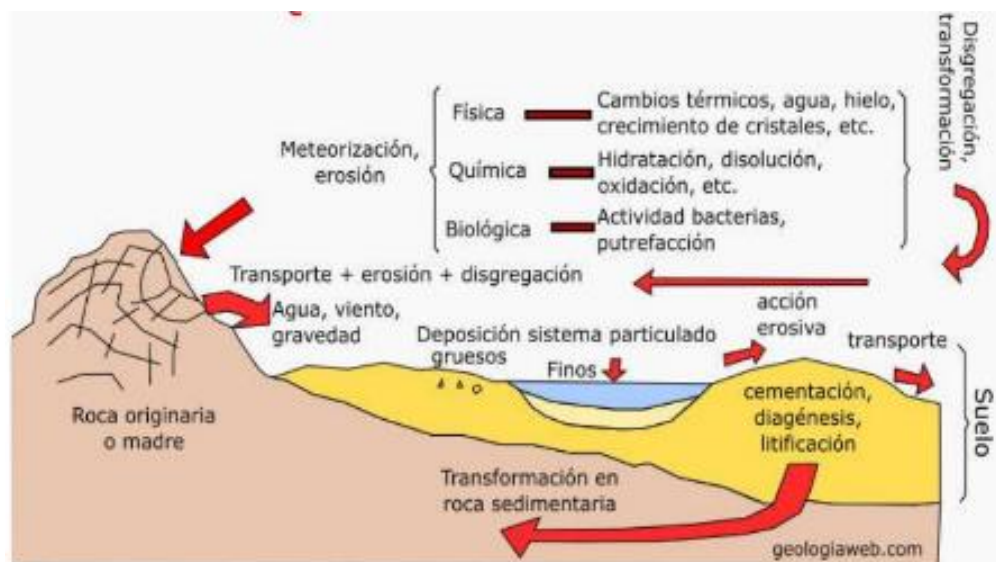
### 2.2.1. TEORÍAS DE SEDIMENTOS

#### ➤ Meteorización

Se define como un proceso en donde la descomposición de las rocas, mediante procesos ya sea mecánicos y/o químicos para así fragmentarse en partes pequeñas. Si la meteorización es mecánica eso se debe a que la expansión y contracción de las rocas, cuando gana o pierde calor continuo y así se procede con la desintegración.

**Figura 1**

*Proceso de Meteorización*



*Fuente:* (FQB, 2022)

#### ➤ Transporte de Sedimento

Según (Rocha, 1998) que conceptualiza al transporte de sedimento como ciertas partículas que permanentemente se encuentra en contacto con el fondo del río y por sí mismo rueda, dando así de esa forma un arrastre o transporte que se da en el fondo que se constituye principalmente por partículas de tamaño mayor y la velocidad que tiene una partícula generalmente es menor que la corriente del río y la que va en modo suspendido, siendo conformado por partículas finas y que se encuentra distribuida en toda la sección transversal. (pág. 81)

**Figura 2**

*Transporte de Sedimentos*



Fuente: (FQB, 2022)

**Tabla 1**

*Notación para el transporte de sedimentos*

Forma de transporte	Notacion			
	Kgf/.m	Kgf/s	m3/s.m	m3/s
	N/s.m	N/s		
Arrastre en la capa de fondo	gB	Gb	qB	QB
Transporte de fondo total	gBT	GBT	qBT	QBT
Transporte de fondo en suspensión	gBS	GBS	qBS	QBS
Transporte de lavado	Gl	Gl	qL	QL
Transporte en suspensión	gS	Gs	qS	Qs

Fuente: (Maza, 1996)

De acuerdo a la tabla anterior definimos cada parte:

*Arrastre en la capa de fondo (Gb)*

Se comprende por el material sólido que circula en proximidades cercanas al lecho de la corriente, se considera que el espesor de la capa de fondo es igual al doble del diámetro de las partículas. (Maza, 1996).

*Transporte de fondo en suspensión (Gbs)*

Para esta parte se forma por el material en el fondo del cauce y de cierta forma es transportado por la corriente del río que se encuentra en

suspensión, en otras palabras, dentro del líquido arriba de la capa de fondo. (Maza, 1996)

### *Transporte total de fondo (Gbt)*

Se forma por el material anda moviéndose en la corriente, eso se da interna a la capa de fondo como también en modo suspendido. Siendo así el conjunto del arrastre en capa de fondo y el transporte de fondo de suspensión. (Maza, 1996)

$$Gbt = gb + gBs$$

### **Figura 3**

*Transporte total de fondo*



Fuente: (Maza, 1996)

### *Transporte de lavado (GL)*

En el inicio se muestra en el suelo de la cuenca erosionada por gotas de la lluvia y que proviene en ciertas veces de la erosión de partículas del fondo para ciertas partículas que están transportadas en suspensión y que son menores de 0.062mm y así se considera como material de lavado. (Maza, 1996)

### *Transporte de suspensión (Gs)*

Está conformado en su totalidad de partículas que se transportan en modo suspendido y que la fórmula a su vez es la suma del fondo en suspensión y de lavado. (Maza, 1996)

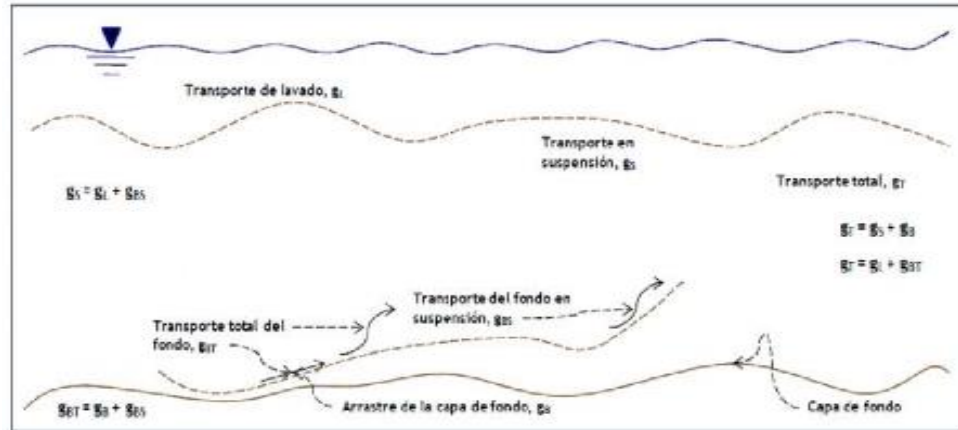
$$gs = gbs + gL$$

Transporte total (Gt)

Se conformado por las partículas que son transportadas por el río, que proceden del fondo o de lavado. (Maza, 1996)

**Figura 4**

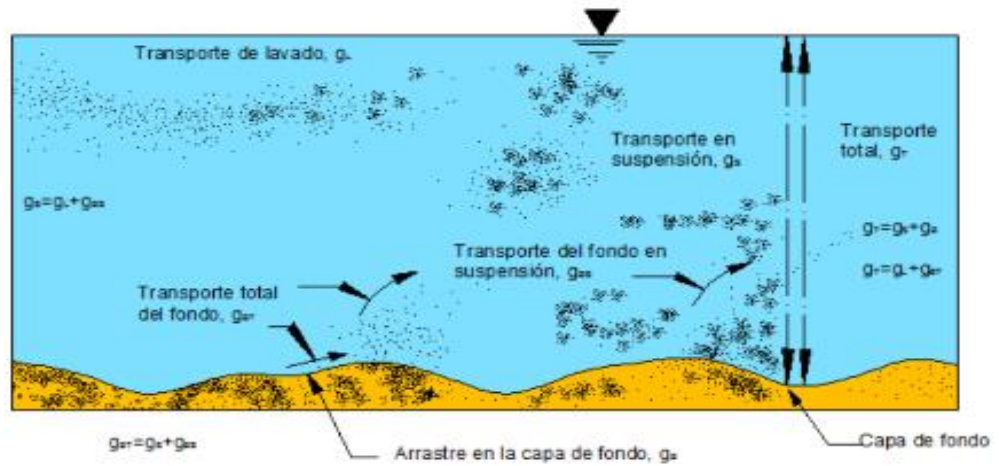
Transporte total de sedimento



Fuente: (Salmeron, 2017)

**Figura 5**

Transporte total



Fuente: (Maza, 1996)

**Tabla 2***Clasificación del transporte de sedimento*

<i>Tipo de Transporte</i>	<i>Concepto Teórico</i>	<i>Criterio de Calculo</i>	<i>Utilización</i>
<b>Transporte en la capa de fondo F, Gf, GF, qF, QF</b>	Material de fondo del cauce que rueda, salta o es arrastrado por la corriente dentro de la capa de fondo.	En función de las características hidráulicas de la corriente, la geometría del cauce y la propiedad es del sedimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rectificaciones</li> <li>• Estudios de erosión</li> </ul>
<b>Transporte de fondo en suspensión FS, gFS, GFS, qFS, QFS.</b>	Material del fondo del cauce que es transportado en suspensión debido a la velocidad y turbulencia de la corriente.	En función de las características hidráulicas de la corriente, la geometría del cauce y las propiedades del sedimento (este último parámetro puede ser reemplazado por la concentración)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivación de ríos para canales y plantas de tratamiento.</li> <li>• Bordes de protección desvíos temporales y cauces de alivio.</li> <li>• Bombeo directo de un río.</li> </ul>
<b>Transporte total de fondo FT= F +FS gFT, GFT, qFT, QFT.</b>	Material de fondo transportada por la corriente tanto dentro de la capa de fondo como en suspensión	La suma del sedimento transportado en la capa de fondo más el suspendido dentro de la corriente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de azolve en presas derivadores.</li> <li>• Estabilidad y rectificación de cauces.</li> <li>• Bordes de protección.</li> </ul>

<b>Transporte de lavado L</b>	Material generalmente fino (limo y arcillas) transportados en suspensión, el cual es originado por la superficie de la cuenca al ser erosionada por las gotas y el escurrimiento de la lluvia	A partir del muestreo, separando la porción de partículas finas no representadas en la granulometría del material de fondo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivación en los ríos hacia plantas de tratamiento.</li> <li>• Desvíos para proyectos acuícolas.</li> </ul>
<b>Transporte en suspensión S= FS + L</b>	Es constituido por material del fondo, así como por material de lavado arrastrado de la cuenca por el escurrimiento, los cuales son transportados en suspensión debido a la turbulencia de la corriente y su reducido peso.	La suma del transporte del fondo en suspensión más el de lavado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivación de ríos hacia plantas de tratamiento.</li> <li>• Desvíos temporales</li> <li>• Desvíos para acuícolas.</li> </ul>
<b>Transporte total T= FT + L T= F+ FS +L T= F + S</b>	El total del material que es transportado por el río considera las diferentes fuentes del material y las diferentes formas de transporte.	La suma del transporte total de fondo más el transporte del lavado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de azolve en presas derivadores.</li> <li>• Estabilidad y rectificación de cauces.</li> </ul> <p>Bordes de protección.</p>

Fuente: (Apacla, 1967)

Para poder calcular el transporte de sedimentos que se da en el fondo del cauce, hay varias ecuaciones que se debe tener en cuenta y que son propuestas por diferentes autores por ello es bueno saber las siguientes nomenclaturas.

**Tabla 3**

*Nomenclatura para las ecuaciones de sedimentos*

<b>Nomenclatura</b>	
$\tau$	Esfuerzo cortante critico en el fondo kg-f/m <sup>2</sup>
$\tau_0$	Esfuerzo cortante que el flujo ejercen en el fondo en kg-f/m <sup>2</sup>
$V_c$	Velocidad media en m/s
$\tau_{*c}$	Numero adimensional de shields para condición crítica se obtiene la relación propuesta por maza.
$W$	Velocidad de calidad de la partícula
$D^*$	Numero o parámetro adimensional de la partícula
$R$	Numero de Reynolds
$R^*$	Numero de Reynolds asociado a $V^*c$ , b, adimensional. Se utiliza en el método de Shields.
$Z_i$	Variable aleatoria estándar que tiene distribución normal, media igual a cero y desviación estándar a uno (Z es negativo $p < 0.5$ o 50% y positivo $p > 0.5$ o 50%)
$qc$	Gasto unitario critico m <sup>2</sup> /s
$dc$	Tirante critico m
$n'$	Rugosidad debida a las partículas en un fondo plano
$\phi$	Coefficiente de corrección propuesto por Rubey, para determinar la velocidad de caída
$n$	Coefficiente de rugosidad de Manning.
$u$	Parámetro adimensional denominado factor de ríos.
$G^+$	Parámetro adimensional
$X$	Tamaño característico del conjunto de partículas del fondo
$S'o$	Espesor de la subcapa viscosa

$x$	Factor que tiene en cuenta la condición hidráulica del fondo
$\Psi$	Parámetro de intensidad de corte por unidad de ancho
$C_{BT}$	Concentración del material del fondo que es transportado por el flujo ppm
$\phi_{EBT}$	Intensidad de transporte de Einstein
$C_f$	Coefficiente de ajuste
$F_g$	Numero de Froude en las partículas
$F_{gc}$	Numero de Froude critico de las partículas
$C$	Coefficiente de rugosidad de Chezzty
$\alpha$	Angulo que forma el fondo con la horizontal
$\phi$	Angulo de reposo del material sumergido en grados
$W_s$	Velocidad de caída de las partículas en suspensión m/s
$\alpha$	Distancia conocida, se ha elegido el espesor de la capa de fondo
$C\alpha$	Concentración conocida, fue elegido la que existe en la capa de fondo
$\beta$	Coefficiente de Van Rijn
$\Delta$	Densidad relativa de las partículas dentro del agua
$\Psi$	Intensidad de flujo
$CL$	Coefficiente de sustentación
$K1, K2, K3$	Factor de corrección
$R'$	Radio hidráulico asociado a las partículas
$R''$	Radio hidráulico asociado a las ondulaciones del fondo
$C_{bt}$	Concentración en peso medida por el gasto liquido kgf/m <sup>3</sup>
$K1F * c_{zy}$	Son función del parámetro de la partícula $D^*$
$m$	Son función del parámetro de la partícula $D^*$
$C_o$	Coefficiente adimensional de Chezzty
$\phi_E$	Parámetro adimensional por Einstein
$as$	Espesor teórico que se requiere para transportar la misma cantidad del material en suspensión
$V_o$	Velocidad de referencia

Fuente: (Apacla,



## 2.2.2. MEDICIÓN DEL CAUDAL DE UN RIO

Para el flujo del río, tiene que tener en cuenta que la medición se realiza con la metodología del tubo de pitot, dado que brinda una buena precisión, fácil empleo y costo bajo. Este método se emplea para medir velocidad de canales y de corrientes pequeñas y naturales. El tubo de pitot sirve también en la medición de la corriente a distintas profundidades, lo que ayuda a identificar la velocidad media del flujo en el tramo que se encuentre y al multiplicarlo por el área nos brinda el caudal de corriente. En conclusión, se considera como un medidor de forma directa de caudal y se usa para conductos libres como de cierta forma a presión. (Hinojosa, 2006)

Para la obtención del caudal si se tiene una sección no regular:

Se tiene que considerar que la velocidad medida tiene que realizarse a 20% ( $V_{0.2hi}$ ) y 80% ( $V_{0.8hi}$ ) de la profundidad desde la parte superficial dando así  $V_i$  siendo promedio en las dos. Como se muestra en la siguiente fórmula

$$V_i = \frac{V_{0.2hi} + V_{0.8hi}}{2}$$

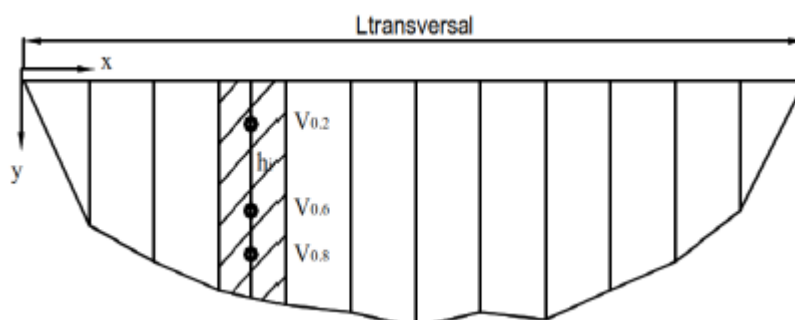
Para el caudal  $Q_i$  corresponde al área respectivo de influencia  $A_i$  (área que corresponde al promedio de las velocidades) siendo:

$$Q_i = \sum V_i A_i$$

Si en caso se presenta una sección pequeña siendo menor de 0.6m solo se mide la velocidad a una profundidad de 0.6 y dicha velocidad se considera como la velocidad media. (Hinojosa, 2006)

**Figura 6**

*Sección Transversal con el tubo de Pitot*



*Fuente:* (Hinojosa, 2006)

Para los datos del área transversal y la velocidad, es más fácil identificar su coef. de rugosidad de Manning, con la fórmula mostrada.

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

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

Donde:

$V$  = Velocidad media, en m/s.

$R_h$  = Radio hidráulico de la sección, en m.

$P_m$  = Perímetro mojado de la sección transversal, en m.

$A$  = Área de la sección transversal, en m<sup>2</sup>.

$A_m$  = ancho medio de la sección transversal, en m.

$S$  = Pendiente longitudinal del fondo del cauce, en m/m.

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning.

Para el caudal dominante, que se define como una descarga dominante o formativa de más de un río y son estudiados, con una característica que no son recurrentes en común. Si se llega aunar un

conjunto de 232 datos, se obtiene la formula de regreción siguiente y asi calcular el caudal dominate (Apaclla N. R., 2014)

$$Q = 4,0 A_f^{1.21} S^{0.28}$$

Donde:

Q = Caudal dominante, en pies<sup>3</sup>/s.

A<sub>f</sub> = Área correspondiente al cauce con caudal dominante, en pies<sup>2</sup>.

S = Pendiente de la superficie de agua, en pie/pie.

### 2.2.3. GRANULOMETRÍA DE LOS SEDIMENTOS / INICIO DEL MOVIMIENTO DEL MATERIAL DE FONDO

Para los ríos que están formados por partículas de distintos tamaños y que generalmente se caracteriza con el peso cuando se inicia con el estudio de transporte de sedimento. Pero por ello se observó que los ríos que son tipo montañas contiene un peso específico con una diferencia menor entres las dimensiones de sus partículas y eso se debe a que se caracteriza por una toma de mayor relevancia para el dm de cada partícula como representar el grano del vol. de cada partícula. (Silva, 2014).

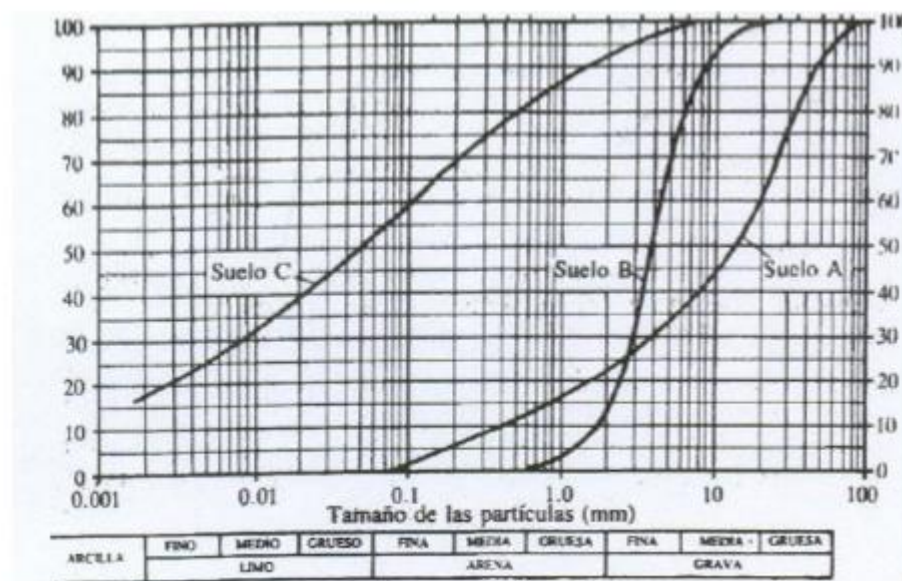
#### ***Análisis Granulométrico***

Se define como un proceso que ayuda a determinar la proporción de los granos de suelo en su participación y la relación de su tamaño en lo que se considera como gradado del suelo.

Estos resultan unos datos que se obtiene de ese análisis nos ayuda a graficar la curva de granulometría. En la cual los límites de tamaño de esas partículas nos muestran un criterio para una clasificación descriptiva de la misma.

**Figura 7**

*Granulometría real de los suelos*



*Fuente:* (Hoyos, 2000)

- La curva A, nos indica un suelo bien gradado y de grano grueso.
- La curva B, nos indica un suelo mal gradado, poco uniforme (curva parada sin extensión).
- La curva C, nos indica un suelo arcilloso o limoso (fino).

### ***Método de análisis granulométrico por tamizado***

Este método se realiza una dispersión de partículas que se enfoca únicamente en una distinción de tamaños. Para el tamizado se vierte los sólidos sobre un tamiz, y al dejarlos entrar de pequeñas partículas y no deja pasar a las de tamaños superiores. Ese tamiz ayuda a fraccionar en dos grupos de una separación de muestra.

Esas fracciones se le denomina con fracción de un tamaño sin especificar debido que no se sabe un límite inferior o superior del tamaño de las partículas que contiene y por ende no se tiene conocimiento el tamaño real. (Hoyos, 2000)

**Tabla 4**

Según el ASTM, rango de tamices

Designación	Abertura ( $\phi$ )	Designación	Abertura ( $\phi$ )
3"	75 mm	Nº 16	1180 $\mu$
2"	50 mm	Nº 20	850 $\mu$
1 ½"	37,5 mm	Nº 30	600 $\mu$
1"	25 mm	Nº 40	425 $\mu$
¾"	19 mm	Nº 50	300 $\mu$
3/8"	9,5 mm	Nº 60	250 $\mu$
Nº 4	4,75 mm	Nº 100	150 $\mu$
Nº 8	2,36 mm	Nº 140	106 $\mu$
Nº 10	2 mm	Nº 200	75 $\mu$

Fuente: (Hoyos, 2000)

**Tabla 5**

Clasificación de Sedimentos por su tamaño

Nombre	Tamaño	Tamizado
<b>Canto rodado</b>		
• Muy grande	• 4 m – 2m	
• Grande	• 2m – 1m	
• Mediano	• 1m – 0.5 mm	
• Pequeño	• 0.5 m – 0.25 m	
<b>Guijarro</b>		
• Grande	• 286 mm – 128 mm	
• Pequeño	• 128 mm – 64 mm	
<b>Grava</b>		
• Muy gruesa	• 64 mm – 32 mm	
• Gruesa	• 32 mm – 16 mm	
• Mediana	• 16 mm – 8 mm	Pasa el tamiz 3" y retenido por el tamiz N°4
• Fina	• 8 mm – 4 mm	
• Muy fina	• 4mm – 2mm	
<b>Arena</b>		
• Muy gruesa	• 2 mm – 1mm	
• Gruesa	• 1mm – ½ mm	Pasa el tamiz N° 4 y retenido por el tamiz N°200
• Mediana	• ½ mm – ¼ mm	
• Fina	• ¼ mm – 1/8 mm	
<b>Limo</b>	1/16 mm- 1/256mm	Para el tamiz N°200
<b>Arcilla</b>	1/256 mm -1/4096 mm	Pasa el tamiz N°200

Fuente: (Hoyos, 2000)

### **Peso específico de los sedimentos**

Es la relación que tiene el peso en aire y volumen que son para las partículas sólidas, el peso en aire de un volumen está en agua destilada a una temperatura de 4°C.

El valor del peso específico de los sólidos de un suelo expresado por un valor abstracto; Además de que se utiliza con fines de clasificación, está involucrado en la mayoría de los cálculos mecánicos.

La densidad de los suelos generalmente varía entre los valores

**Tabla 6**

*Peso específico de sólidos en los suelos según su tipo de clasificación*

Tipo de suelo	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )
Cenizas volcánicas	2,20 a 2,50
Suelos orgánicos	2,50 a 2,65
Arenas y gravas	2,65 a 2,67
Limos inorgánicos	2,67 a 2,72
Arcillas poco plásticas	2,72 a 2,78
Arcillas plásticas	2,78 a 2,84
Arcillas expansivas	2,84 a 2,88
Suelos con abundante hierro	3,00

*Fuente:* (Hoyos, 2000)

Después de realizado el análisis granulométrico se puede hallar los siguientes parámetros que también son importantes tales son:

### **Coefficiente de uniformidad**

Es un coeficiente de graduación y se expresa de esta forma:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Si el  $Cu > 4$  a  $6$ , indicará que el suelo es bien graduado.

Donde:

$D_{60}$  = Diámetro de la curva granulométrica tal que el 60% de las partículas son menores que él, en m.

$D_{10}$  = Diámetro de la curva granulométrica tal que el 10% de las partículas son menores que él, en m.

Para la uniformidad del suelo lo que expresa mediante el coeficiente de uniformidad, siendo así la relación de  $d_{60}$  y  $d_{10}$ , y el  $d_{60}$  es el tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo en peso y  $d_{10}$  el valor referente al 10%. Un suelo con un coeficiente de uniformidad menor a 2 se le denomina con uniforme.

**Tabla 7**

*Fórmulas para los demás parámetros*

---

**Densidad aparente de los sedimentos ( $\rho_a$ )**

$$\rho_a = \frac{P_s}{V_0}$$

$P_s$  = Peso seco de la muestra extraída en campo, en kg.

$V_0$  = Volumen que la muestra ocupaba en campo, en  $m^3$ .

---

**Densidad relativa o peso específico de sedimentos ( $\rho_r = \gamma_s$ )**

$$\rho_r = \gamma_s = \frac{W_s}{V_f - V_i}$$

$\rho_r$  = Densidad relativa, adimensional.

$\gamma_s$  = Peso específico de sedimentos, en  $kg/m^3$ .

$W_s$  = Peso seco de la muestra, en kg.

$V_i$  = Volumen del agua (inicial), en  $m^3$ .

$V_f$  = Volumen del agua más la muestra (final), en  $m^3$ .

---

---

### Porosidad ( $\eta$ )

$$\eta = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$$

$\rho_a$  = Densidad aparente de la muestra, en  $\text{kg/m}^3$ .

$\rho_r$  = Densidad relativa de la muestra, en  $\text{kg/m}^3$ .

---

### Densidad relativa de la partícula dentro del agua ( $\Delta$ )

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

$\gamma_s$  = Peso específico de las partículas, en  $\text{kg/m}^3$ .

$\gamma$  = Peso específico del agua, en  $\text{kg/m}^3$ . En problemas de ingeniería se considera que  $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

---

### Rugosidad del cauce debido a las partículas en un fondo plano ( $n'$ )

Para evaluar la rugosidad debida a las partículas  $n'$  en un fondo plano, Meyer- Peter y Müller sugieren utilizar la siguiente fórmula:

$$n' = \frac{D_{90}^{1/6}}{26}$$

$D_{90}$  = Diámetro de la curva granulométrica tal que el 90% de las partículas son menores que él, en m.

Las unidades de  $n'$  son  $\text{s/m}^{1/3}$  peso es menor

---

Fuente: (Hoyos, 2000)



### **Fuerza tractiva crítica**

La fuerza que ejerce la corriente sobre el fondo por unidad de área se denomina fuerza tractiva  $T_0$ . El movimiento de las partículas constituyentes del lecho empieza cuando la fuerza tractiva es mayor que la fuerza tractiva crítica  $(T_0)_c$ . se denomina fuerza tractiva crítica a la fuerza mínima necesaria para poner en movimiento las partículas constituyentes del lecho.

En caso que se tengan partículas que fueran de granulometría uniforme se puede presentar 3 condicionales; siendo una de ellas para la porción de la curva determinada de granulometría (Rocha A. , 1998)

**Tabla 8**

*Fuerza Tractiva crítica para una granulometría uniforme*

Condición	Transporte Sólido		
	Fondo	Suspensión	Total
$\tau_0 < (\tau_0)_c$	0	0	0
$(\tau_0)_c < \tau_0 < (\tau_0)'_c$	$T_F$	0	$T_F$
$\tau_0 > (\tau_0)_c$	0	0	$T_S$

*Fuente:* (Hoyos, 2000)

#### **2.2.4. CUANTIFICACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**

Evaluar todas las distintas variedades de transporte de sedimentos se necesita revisar el procedimiento como los metodos y toda la información en relacion que se tiene, como características y/o propiedades mecánicas de los sedimentos, e ingeniería fluvial, también como únicamente información hidrológica para calcular el gasto.

Según los tipos de transporte, existe un gran número de métodos de evaluación, que se han clasificado en cuatro. (Apacla N. R., 2014)

El transporte de sedimentos por unidad de tiempo y de ancho (transporte unitario) para su cuantificación puede expresarse en peso o en volumen

- En peso:  $g_x = \text{kgf/s/m}$
- En volumen:  $q_x = \text{m}^3/\text{s/m}$

El subíndice x indica la existencia de diferentes tipos de transporte. Cuando se expresa en volumen, el valor calculado no considera espacios entre las partículas de sedimento, por lo que puede relacionarse  $g_x$  con  $q_x$  a partir de la expresión siguiente:

$$G_x = \gamma_s Q_x$$

Para el material que se transporta y se guarda durante en un periodo de tiempo t y el volumen se da por la siguiente formula:

$$V = \frac{q_x B \Delta t}{1 - \eta} = \frac{g_x B \Delta t}{\gamma_s (1 - \eta)}$$

O bien:

$$V = \frac{Q_x \Delta t}{1 - \eta} = \frac{G_x \Delta t}{\gamma_s (1 - \eta)}$$

Referente a la relación del origen que se tiene del material con su mecanismo del transporte, se tiene consideración distintos variedades del movimiento de sedimentos, así de tal manera se muestra en la tabla de clasificación de la misma.

El clasificar de la forma dicha anteriormente genera una agrupación conveniente de métodos, criterios y fórmulas.

### Formula de Schoklitsch (1962)

Schoklitsch dictaminó la fórmula basada en información de canales de aforo y en campo los datos. Inicialmente, esta fórmula se utilizó a arroyos que tienen grava en el lecho. Según Bathurst et al. (1987), Schoklitsch propuso una fórmula basada en estudios de canales de aforo y datos de la fórmula de Schoklitsch nos predice de forma razonable y correcta el caudal de fondo en naturales corrientes con entrada de sedimentos;

Ellos también especificaron, para corrientes que no son disponibles o se encuentran bajos en sedimentos, se debe aplicar la fórmula para la clase de partículas con similar tamaño transportadas por la corriente.

Esto no está involucrado explícitamente la fuerza hidráulica la profundidad de la corriente, según Bagnold, la no inclusión de estas variables genera ciertas desventajas en el uso o empleo de la misma, particularmente para canales poco profundos. (Bravo, 2004)

La ecuación de Schoklitsch es de la siguiente manera:

$$\tau_{*c} = \frac{d_c S}{\Delta D}$$

Para  $D \geq 0,006 \text{ m}$

$$G_x = 2500 A_m S^{\frac{1}{3}} (q S^{\frac{7}{6}} - 0,2 \Delta^{\frac{5}{3}} D^{\frac{3}{2}})$$

$$d_c = 0,076 \frac{\Delta D}{S}$$

Y para  $0,0001\text{m} \leq D \leq 0,003\text{m}$

$$G_x = 2500A_m S^{\frac{1}{3}}(qS^{\frac{7}{6}} - 19,05 \tau_{*c}^{\frac{5}{3}}\Delta^{\frac{5}{3}}D^{\frac{3}{2}})$$

$$d_c = 0,000285 \frac{\Delta D^{1/3}}{S}$$

Donde:

$G_x$  = Transporte total de sedimentos en peso, en kg/s.

$A_m$  = Ancho medio de la sección, en m.

$\tau_{*c}$  = Parámetro adimensional de Shields.

$d_c$  = Tirante crítico para el inicio de arrastre, en m.

$S$  = Pendiente del fondo del canal, en m/m.

$\Delta$  = Densidad relativa de la partícula dentro del agua, adimensional.

$D$  = Diámetro de la partícula, para esta fórmula se usa  $D=D_{40}$ , en m.

$q$  = Caudal unitario de agua  $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ .

Para las asunciones que fundamenta esta ecuación se tiene:

- Para el dato crítico de gasto unitario debe exceder previamente a que se dé por iniciado la circulación de sedimento que se tiene.
- Tiene que existir una circulación o movimiento del lecho total que no esta consolidado en el cauce y que a su vez estén en condiciones críticas excedidas.
- Para el tirante y esfuerzo hidráulico que tienen una no relación de forma directa con su arrastre de fondo y eso se debe a que la condición crítica solo es excedida en un tramo del canal.

- No se tiene un tamaño correcto de una muestra para que sea necesario explicar la diferencia entre tamaños de la partícula de sedimento y de su arrastre.
- No influye las maneras que se muestra en el fondo del cauce cuando este en tránsito de movimiento.
- No es importante en el proceso, la fuerza de ascenso.

#### Formula de Bagnold (1980)

La fórmula de Bagnold pone en relación el gasto de energía, dando una definición de potencia de flujo, usando tasa de trabajo, demostrada por la tasa de movimiento de sedimentos.

Se tiene una formula que se emplea a corrientes con una distribución bi-modal uni-modal, en otras palabras, la partícula en si tamaño existen una o dos clases de frecuencia máxima. (Bravo, 2004)

Esta dada por la siguiente formula:

$$G_x = \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma} i_{br} A_m \left[ \frac{(\omega - \omega_c)}{(\omega - \omega_c)_r} \right]^{3/2} \left[ \frac{d}{d_r} \right]^{-2/3} \left[ \frac{D_{50}}{D_r} \right]^{-1/2}$$

Donde:

$G_x$  = Transporte total de sedimentos en peso, en kg/s.

$\gamma_s$  = Peso específico del sedimento seco, en kg/m<sup>3</sup>.

$\gamma$  = Peso específico de la fase líquida, en kg/m<sup>3</sup>.

$i_{br}$  = Proporción del peso del sedimento del cauce de la fracción  $i$ , en kgf/m/s.

$A_m$  = Ancho medio de la sección, en m.

$\omega, \omega_c$  = Potencia unitaria del caudal y del umbral unitario de  $\omega$ , en kgf/m/s.

$d, d_r$  = Tirante de la corriente y valor de referencia para  $d$ , en m.

$D_{50}$  = Diámetro del 50% del material sólido, en m.

$D_r$  = Valor de referencia del diámetro de partícula, en m.

Para el subíndice  $r$  que muestra los valores de referencia que Bagnold mostro del estudio de Williams.

$$(\omega - \omega_c)_r = 0,5 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1} ;$$

$$i_{br} = 0,1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1} ;$$

$$d_r = 0,1 \text{ m};$$

$$D_r = 0,0011 \text{ m}$$

Siendo la potencia de caudal por unidad de área:

$$\omega = \gamma d S V$$

Siendo el umbral para la potencia unitaria:

$$\omega_c = 290 D_{50}^{3/2} \log \left[ \frac{12d}{D_{50}} \right]$$

La formula de Bagnold es dependiente de muchas consideraciones:

- La potencia de la corriente que esta disponible al impulsar la energía cinética de los sedimentos, que esta permanente de forma similar a lo largo del canal.
- El transporte es una función de forma inverso de la corriente y el de partículas en su tamaño.

- El umbral de potencia de flujo se define mediante un esfuerzo cortante crítico adimensional.
- La distribución granulométrica se describe por la moda.
- Las partículas en su transporte no se limita al fondo del canal
- La potencia de la corriente que fue ejerciendo en la superficie del fondo del canal controla la velocidad de arrastre y no el flujo ejercido sobre las partículas sedimentarias.
- Las condiciones de flujo no crean dunas u alguna formas en el fondo del canal.

Formula de Parker, Klingeman y Mc Lean (1982)

La ecuación de Parker, Klingeman y Mc Lean (1982) es una de las ecuaciones que están muy pocas desarrolladas mediante la realización en arroyos naturales en el lecho basado únicamente en el campo en los respectivos datos.

Esta fórmula asume que todas las partículas se mueven simultáneamente cuando se excede una perturbación crítica o una condición del lecho del canal.

Está definida por:

$$G_x = 1400 \left( \frac{W^* g^{1/2} (dS)^{3/2}}{2,65} \right)$$

Donde:

$G_x$  = Transporte total de sedimentos en peso, en kg/m/s.

$g$  = Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>.

$d$  = Tirante medio de la sección, en m.

$S$  = Pendiente de fondo del cauce, en m/m.

Para  $\phi_{50} < 0,95$

$$W^* = 0,0025\phi_{50}^{14,2}$$

Para  $0,95 < \phi_{50} < 1,65$

$$W^* = 0,0025 e^{[14,2(\phi_{50}-1)-9,28(\phi_{50}-1)^2]}$$

Para  $\phi_{50} > 1,65$

$$W^* = 11,2 \left[ 1 - \frac{0,822}{\phi_{50}} \right]^{4,5}$$

$$\phi_{50} = \frac{\tau_{50}^*}{0,0876}$$

$$\tau_{50}^* = \frac{0,606R_hS}{D_{50sub}}$$

Siendo:



$\phi_{50}$  = Esfuerzo hidráulico normalizado para el tamaño de partícula  $D_{50sub}$ ;

$\tau_{50}^*$  = Esfuerzo hidráulico adimensional para  $D_{50sub}$ .

$D_{50sub}$  = Mediana de la distribución de tamaño de partículas de la sub-superficie del lecho del cauce (L).

Entre las afirmaciones o consideraciones de la ecuación de Parker, Klingeman y Mc Lean, figuran:

- Toda partícula ya sea fina o gruesa en un canal tienen aproximadamente la misma movilidad al comienzo de su transporte, que en el proceso se transporta para sí mismo su esfuerzo de forma cortante.

- La distribución en el tamaño de las partículas se mantiene constante cuando se genera aumentos en el flujo de corriente.

- En caso se tenga una amplia gama de gastos, se presenta un pavimento con granulares gruesos en sus materiales.

- Para una tasa de flujo en la red de arrastre de fondo es una función del tamaño medio de las partículas del lecho subterráneo.

- La tensión crítica de Shields no se muestra un parámetro adecuado para la condición de umbral del colapso en un lecho de grava.

- Capacidad de la corriente, según la media y el máximo tamaño de las partículas que permite transportar, no tiene sentido en un contexto de arrastre casi similar de las partículas.

Formula de Mizuyama y Shimohigashi

Se sabe que los resultados que se muestran son buenos para cauces en las montañas, y así se halla el caudal sólido (Briceño, 2017). Por medio de las experiencias que se tiene encauses con una pendiente

mayor se propone que cuando se tenga un fluido sin la concentración se pueda usar de forma significativa para los fines de suspensión.

$$G_x = 20A_m \frac{S^2}{\Delta^2} \frac{q}{\sqrt{g\Delta D_{50}^3}}$$

En donde:

$G_x$  = Transporte total de sedimentos en peso, en kg/s.

$S$  = Pendiente de fondo del cauce en m/m.

$\Delta$  = Densidad relativa de la partícula dentro del agua, adimensional.

$q$  = Caudal unitario de agua m<sup>3</sup>/s/m.

$g$  = Aceleración de la gravedad 9,81 kg/s<sup>2</sup>.

$D_{50}$  = Diámetro del 50% del material sólido, en m.

$A_m$  = Ancho medio de la sección, en m.

Formula de Bathurst, Graf y Cao (1987)

Esta fórmula usa la relación que se tiene entre la pendiente y caudal del mismo. Con la condición que el cálculo para la capacidad se base en la siguiente ecuación y así calcular el transporte de fondo: (Lopez, 2004)

$$G_x = 2.5 S^{3/2} \gamma (q - q_c) A_m$$

En donde:

$G_x$  = Transporte total de sedimentos en peso, en kg/s.

$S$  = Pendiente de fondo del cauce en m/m.

$\gamma$  = Peso específico de la fase líquida, en kg/m<sup>3</sup>.

$q_c$  = Caudal crítico unitario en m<sup>3</sup>/s/m.

$q$  = Caudal unitario en m<sup>3</sup>/s/m.

$A_m$  = Ancho medio de la sección, en m.

El caudal crítico uni. Se calcula para ciertos sedimentos donde se considera una granulometría de formar uniforme y que a la vez contenga una pendiente de ¼% hasta 20%.

$$q_c = 0.15 S^{-1.12} \sqrt{g D_{50}^3}$$

En donde:

$g$  = Aceleración de la gravedad 9,81 kg/s<sup>2</sup>.

$D_{50}$  = Diámetro del 50% del material sólido.

Se probó que si  $D_{50}$  se considera como el  $D$  de capa en la superficie se logra generar un valor considerado como  $q_c$ , ese valor se logra registrar con mayor dato al señalado inicialmente y que mientras se pueda emplear en la capa inicial se logra calcular de forma ligera.

Para pendientes entre 0,25 y 10% se recomienda:

$$q_c = 0.21 S^{-1.12} \sqrt{g D_{16}^3}$$

Donde  $D_{16}$  corresponde a la capa superficial de sedimento.

$D_{16}$  = Diámetro del 16% del material sólido.

El caudal sólido unitario, está dado por:

$$q_x = \frac{2,5S^{\frac{3}{2}}}{\frac{\gamma_s}{\gamma}} (q - q_c)$$

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Aforo:** Medida de la cantidad de agua transportada por un curso en el tiempo de una unidad. (Apacla, 1967)

**Rugosidad:** El grupo que no tiene regularidad de la parte inferior del lecho del río, en comparación con la parte que ideal en lo liso, representada por la forma y tamaño que se da de las muestras que forman el perímetro mojado y generan un efecto en el piso. (Apacla N. R., 2014)

**Fuerza tractiva crítica:** Es el que proviene del agua del fondo del canal y empezando el desplazamiento de las sólidas partículas a esta hondura. La fuerza de tracción en riesgo ocurre a la misma profundidad debajo del lecho del río. (García, 1987)

**Sedimentos:** son partículas provenientes de las rocas o suelos que se hayan en la cuenca y que son transportadas después por la escorrentía. (Apacla, 1967)

**Tamaño de partícula:** se llama graduación también, se da como referencia a las relaciones entre sí por segundo de un suelo distribuidas en

rangos específicos de dimensión de grano. Empleando para clasificar los suelos como de ingeniería o agrícolas, porque la dimensión de las misma afecta la velocidad a la que el agua u otro fluido se desplaza mediante el suelo. (García, 1987)

**Caudal dominante:** Es el flujo al omnicanal el que tiene el mismo efecto de modelado, calculando la geometría hidráulica del río.. (Hinojosa, 2006)

**Transporte de sedimentos:** Transferir material erosionado de un espacio a otro para la precipitación. El transporte de ello ocurre después de que el material ha sido erosionado o arrancado de raíz, y antes de la deposición o deposición. Consiste en traducciones materiales inspiradas en el agua. (Apaclla, 1967)

**Gasto sólido:** El número de partículas que pasan a través de una sección transversal dada por unidad de tiempo, medido en peso o volumen. Las unidades comúnmente utilizadas para el flujo de sólidos son: N/s, kg/día, t/mes, m<sup>3</sup>/año, etc. El flujo sólido también se puede expresar por unidad de ancho, llamado flujo sólido unitario. (García, 1987)

**Volumen de sedimentos:** La cuantificación de partículas sólidas (en metros cúbicos) desplazadas por un río durante un período específico de tiempo, y la cantidad de partículas sólidas depositadas en ciertas partes del río (curva) después de una crecida máxima. (García, 1987)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La estimación del volumen de sedimentos y su caudal solido de fondo del rio Huallaga, permite realizar un estudio del traslado de sedimentos

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Estudio de Traslado de sedimentos

## Indicadores

- Granulometría
- Densidad
- Peso específico

### 2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

La caracterización del Río Huallaga, en la ciudad de Huánuco

## Indicadores

- Caudal
- nivel de agua
- velocidad de agua

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 9**

*Sistema de variables-dimensiones e indicadores*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. dependiente Estudio de traslado de sedimentos.	Análisis granulométrico  Peso del material	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Peso específico</li></ul>	Cuantitativa.	Discreta
V. independientes La caracterización del Río Huallaga	Caudal del Río	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caudal</li><li>• Nivel de agua</li><li>• Velocidad de agua</li></ul>	Cuantitativa.	Discreta.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Se sabe que la investigación cuantitativa ayuda con el análisis y recabación de los datos numéricos que están conjuntamente relacionada con las variables determinadas, estas variables ya fueron establecidas anteriormente. Este enfoque usa la recolección de datos y así corroborar la hipótesis con una medición numéricas y un análisis estadístico. (Hernandez, 2014)

Según lo dicho anteriormente para el estudio de esta investigación se muestra que reúne unas características de un estudio cuantitativo. Dado que se aplicó a los diversos conocimientos adquiridos y mediante fórmulas empíricas y así se realizó el desarrollo de la investigación.

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

El alcance o nivel de este estudio de investigación es descriptivo, porque según Hernández que define esta investigación como responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. Y este estudio describió las características y detalles que se encuentre e identifico la influencia de otros factores para así determinar la sedimentación del rio y calcular su volumen como el caudal.

##### **3.1.3. DISEÑO**

En el presente trabajo de investigación el diseño que se utilizó es experimental, según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 129) El término experimento tiene al menos dos acepciones, una general y otra

particular. La general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población se tomó en el tramo del puente Señor de Burgos del río Huallaga

### **3.2.2. MUESTRA**

La muestra es No probabilística y al criterio del investigador, la cual fue tomada por secciones de un tramo del río Huallaga en la ciudad de Huánuco, dichas muestras serán analizadas después de su toma para su estudio de granulometría.

## **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para el desarrollo de este tema de investigación se consideran libros, tesis, disertaciones, páginas web, artículos de investigación, informes, documentos; el objetivo es brindar un concepto más claro para el desarrollo de dicha investigación.

- se usó un muestreador para recolectar muestras de sedimento del fondo, bolsas de plástico y para indicar el número de muestra.
- Una forma fácil de poder seleccionar o recolectar la muestra es que se sumerja un recipiente en el río en corriente y que en dicho punto se encuentre la muestra bien mezclada, para que luego dicha muestra se pueda filtrar todo el contenido de agua, secarlo y para luego pesarlo respectivamente. Generando así una medida para la concentración del mismo y luego cuando se combine con el caudal tener una descarga de los sedimento en una porción de relación.

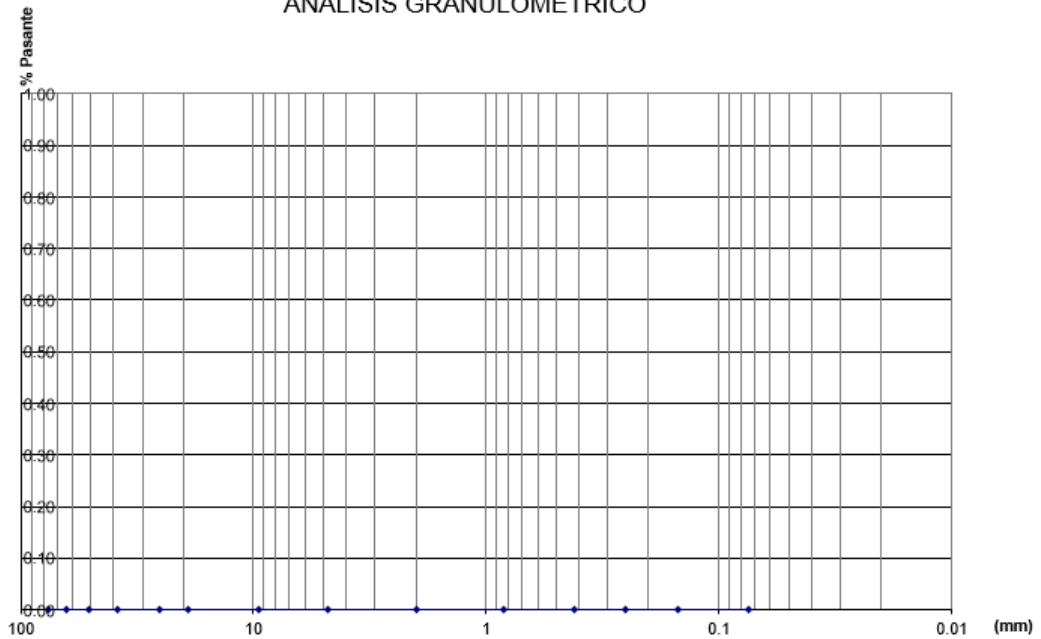


### 3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se empleó los programas de Microsoft Word, Microsoft Excel, cada programa con su respectiva tarea para realizar el procesamiento de datos.

		Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	A Peso Retenido gr, REAL	B % Pasante	% Mas Grueso	% Mas Fino	PESO TOTAL DE LA MUESTRA (P.T.M.) <input type="text"/> gr.	
TAMIZADO USANDO EL P.T.M.	PIEDRA O CANTOS	4							
		3							
	GRAVA	GRUESA	2 1/2						
			2						
			1 1/2						
		FINA	1						
			3/4						
			1/2						
			3/8						
		1/4							
	Nº 4								
TAMIZADO CON FRACCIÓN MENOR Q P.T.M.	ARENA	GRUESA	Nº 8						
			Nº 10						
		MEDIA	Nº 16						
			Nº 20						
			Nº 30						
			Nº 40						
		FINA	Nº 50						
			Nº 60						
			Nº 80						
			Nº 100						
			Nº 200						
			P Nº 200						

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



### 3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para llevar a cabo esta investigación se inspeccionaron las especificaciones y manuales que nos ayudaron a realizar la investigación, así como las diferentes especificaciones técnicas para la investigación y análisis por diferentes pruebas de laboratorio como determinación del tamaño de partícula, prueba de gravedad específica, gravedad específica sumergida, densidad. Cuando ya se haya desarrollado todos los ensayos, los resultados se procesan a través de diferentes ecuaciones para estimar y calcular la cantidad de transporte de sedimentos que se produce en un periodo de tiempo determinado. En tanto la guía para el análisis de documentos se utilizan diferentes normas técnicas, en particular se hace referencia a las normas técnicas peruanas.

**Tabla 10**

*Normas*

<b>Normativa</b>	<b>Descripción</b>
<b>ANA</b>	Autoridad nacional del agua
<b>ASTM C128</b>	Densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino
<b>ASTM C127</b>	Densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso
<b>ASTM C136</b>	Densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso y fino
<b>LEY N° 29338</b>	Ley de recursos hídricos

Para el procedimiento y desarrollo de este estudio se procedió con la visita a campo de la zona a estudiar, para así tener el conocimiento de las características generales y así poder elegir el tramo donde realizar todo el estudio del río Huallaga.

Luego se procede a tomar fotos del tramo de estudio y así identificar las zonas que cuentan con una acumulación de los sedimentos y así considerar como un lugar posible para la toma de muestras del mismo.

**Figura 8**

*Tramo de estudio 1*



**Figura 9**

*Tramo de Estudio 2*



**Figura 10**

*Tramo de Estudio 3*



**Figura 11**

*Tramo de Estudio 4*



Para los caudales de río se tomó las velocidades del agua en los meses de enero hasta abril del 2023.

**Tabla 11**

*Caudales de aforo del río*

FECHA	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidad media (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
06/01/2023	3.92	0.71	3.01
13/01/2023	4.66	0.85	3.60
20/01/2023	6.87	0.95	5.7
27/01/2023	3.48	0.56	2.5
03/02/2023	8.65	2.68	3.4
10/02/2023	5.69	1.69	2.6
17/02/2023	5.90	0.95	4.6
24/02/2023	3.40	1.58	2.8
03//03/2023	6.04	2.9	5.1
10/03/2023	3.6	1.95	2.4
17/03/2023	4.09	0.56	3.12
24/03/2023	5.15	1.95	2.61
31/03/2023	8.10	0.9	7.9
07/04/2023	15..8	2.8	13.4
14/04/2023	6.9	1.4	5.2
21/04/2023	3.8	1.9	2.9
28/04/2023	2.9	2.6	1.84

Área promedio: 5.82 m<sup>2</sup>

Para el muestreo de los sedimentos se tomó a lo largo del río Huallaga con una longitud de 250 m y en el tramo que se seleccionó.

De acuerdo a ello se tomó 9 puntos donde se sacó la muestra y se sacó 123.4 kg de muestra para así realizar el estudio respectivo de suelos.

**Figura 12**

*Pto 1 de muestra*



**Figura 13**

*Pto 2 de la muestra*



**Figura 14**

*Pto 3*



**Figura 15**

*Pto 4*



**Figura 16**

*Pto 5*



**Figura 17**

*Pto 6*





**Figura 18**

*Pto 7*



**Figura 19**

*Pto 8*



**Figura 20**

*Pto 9*



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. SEDIMENTOS

Después de extraer la muestra se procede a tamizarlo por el método ASTM E-11, el cual debe pasar el tamiz de 2.5" hasta el tamiz N°200, el tamizado fue realizado con la prueba en seco y se obtuvo los siguientes resultados:

**Figura 21**

*Estudio de Granulometría*



**Tabla 12***Granulometría de sedimentos*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido del material (g)	Porcentaje del peso retenido del material (%)	Porcentaje del peso retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3"	75	0	0	0	100
2.5"	63	192	0.11	0.11	99.88
2"	50	1913	1.14	1.25	98.75
1.5"	38.1	3261	1.94	3.19	96.81
1"	25	8618	5.13	8.33	91.67
¾"	19	6660	3.97	12.29	87.71
½"	12.7	10528	6.27	18.56	81.44
3/8"	9	9913	5.9	24.46	75.54
¼"	6.35	17255	10.27	34.74	65.26
N°4	4.75	6544	3.9	38.63	61.37
N°8	2.36	18472	11	49.63	50.37
N°20	0.85	26462.45	15.76	65.39	34.61
N°30	0.6	17433	10.38	75.77	24.24
N°40	0.43	15165.5	9.03	84.79	15.21
N°60	0.25	12571.5	7.49	92.28	7.72
N°100	0.15	8803.5	5.24	97.52	2.48
N°200	0.08	2763	1.65	99.17	0.83
Cazoleta	.....	1400	0.83	100	0
<b>Total (g)=</b>			123446.36		

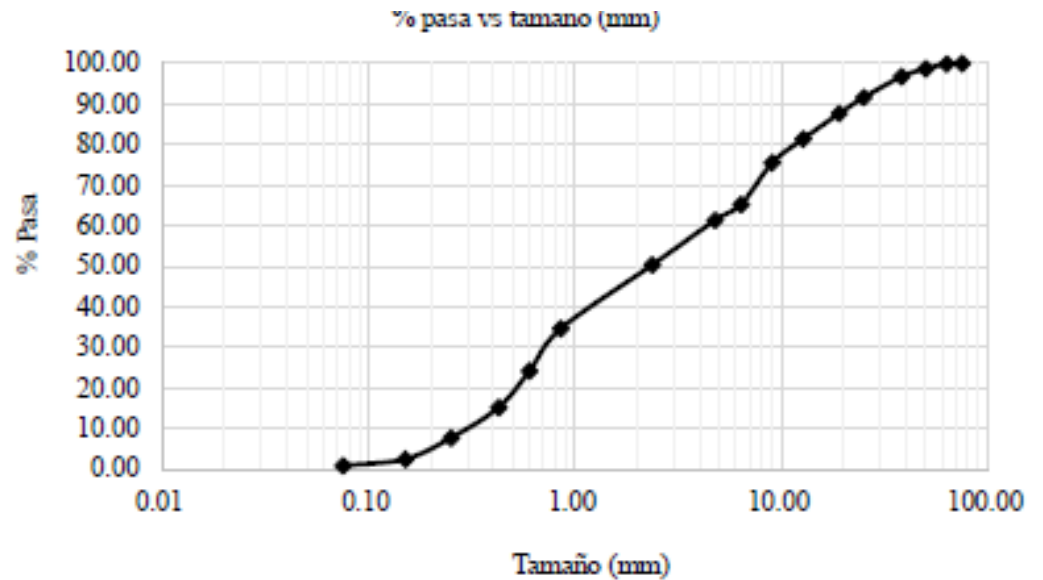
Interpretación: Primeramente, nos fijamos en el tamiz N°200 y con ello conoceremos el porcentaje de muestra fina (como arcilla y/o limos) según la tabla se tiene un porcentaje de 0.83% (porcentaje que pasa por ese tamiz), luego nos ponemos a identificar la fracción de gravas para ello se identifica el tamiz N°8 siendo el 50.37%. en otras palabras, se identifica que la muestra tiene grava más del 50 % y cuenta con una parte fina de 0.83%.

Luego se procede a realizar la curva de granulometría, para así mostrar las partículas sólidas que se da en el transporte del río Huallaga,

donde las distribuciones son de solidos gradados o de grano grueso, contando el coeficiente de uniformidad de 14.78.

**Figura 22**

*Grafica de sedimentos*



Del gráfico en la cual indica los sedimentos bien gradados se obtiene los siguientes datos:

$$D_{15.8} = 0.0005 \text{ m}$$

$$D_{17} = 0.0005 \text{ m}$$

$$D_{30} = 0.0008 \text{ m}$$

$$D_{35} = 0.0010 \text{ m}$$

$$D_{40} = 0.0013 \text{ m}$$

$$D_{50} = 0.0024 \text{ m}$$

$$D_{60} = 0.0044 \text{ m}$$

$$D_{84} = 0.0152 \text{ m}$$

$$D_{84.2} = 0.0153 \text{ m}$$

$$D_{90} = 0.0224 \text{ m}$$

$$D_m = 0.0068 \text{ m}$$

Para determinar la densidad relativa, como la densidad aparente y el peso específico se procede a realizar los siguiente:

- Densidad aparente

Para la densidad aparente se obtuvo teniendo en cuenta la porosidad y humedad de cada muestra que se obtuvo del lecho del río.

**Tabla 13**

*Densidad aparente*

Muestra	Peso in situ	Volumen in situ (m3)	Peso seco (kg)	Densidad aparente (kg/m3)	Densidad aparente promedio (kg/m3)
M1	5.25	0.00240	3.70	1610.75	
M2	4.55	0.00230	3.25	1380.53	1507.273
M3	3.45	0.00200	3.10	1530.54	

- Densidad Relativa

**Tabla 14**

*Densidad relativa*

Muestra	Peso de la muestra seca (kgf)	Volumen inicial (m3)	Volumen final (m3)	Peso específico (kgf/m3)	Peso específico promedio (kgf/m3)
M1	0.42	0.0004	0.0006	2480.35	
M2	0.48	0.0004	0.0006	2608.05	2562.8
M3	0.46	0.0004	0.0006	2600	

Después se aplica la fórmula para obtener la densidad relativa de la grava y de la arena gruesa:

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

$$\Delta = \frac{2562.8 - 1000}{1000} = 1.5628$$

- Porosidad

Aplicando la siguiente formula y con los datos obtenidos anteriormente se calcula la porosidad de la siguiente manera:

$$n = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$$

$$n = 1 - \frac{1507.273}{2562.8} = 0.4118$$

#### 4.1.2. VALIDAR LA FORMULA EMPIRICA

Con el fin de realizar la comparación de lo que se midió del caudal y los sólidos se tiene que hallar las mediciones en el cauce y así estimar el gasto solido del fondo, con el volumen generado, para ello se usa la gran variedad de fórmulas empíricas que se tiene:

**Tabla 15**

*Gasto solido aplicando las formulas empíricas*

Año 2023	Caudal aforado (m3/s)	Schoklitsch	Bagnold	Parker, klingeman y Mc lean	Mizuyama y Shimohigashi	Bathurst, Graf y Cao
Marzo	3.78	33.29	29.24	15.72	37.01	36.32
Abril	4.45	38.51	35.13	17.03	42.42	41.68

**Tabla 16***Volumen de solido aplicando las formulas empíricas en el fondo del rio*

<b>Año 2023</b>	<b>Tiempo de Concentración de la cuenca</b>	<b>Caudal aforado (m3/s)</b>	<b>Schoklit sch</b>	<b>Bagnold</b>	<b>Parker, klingeman y Neale</b>	<b>Mizuyama y Shimohigashi</b>	<b>Bathurst, Graf y Cao</b>
<b>Marzo</b>	12024	3.78	263.49	231.33	104.24	264.64	267.46
<b>Abril</b>	12024	4.45	302.82	275.79	114.86	309.95	301.94

Luego se procedió a aforar el caudal derivado y así estimar la proporción que se tiene del volumen y que se llega a acumular en dicho tramo.

**Tabla 17***Caudal derivado y volumen de solido*

<b>2023</b>	<b>Caudal aforado</b>	<b>Volumen de solidos</b>
<b>Marzo</b>	1.1	1.02
<b>Abril</b>	1.14	1.03

Después de todo el procedimiento se procede a presentar los resultados obtenidos del estudio:

Del caudal dominante se procede a evaluar los datos obtenidos del campo:

**Tabla 18***Datos conseguidos de campo para el caudal dominante*

<b>Caudal (m3/s)</b>	<b>Perímetro Mojado (m)</b>	<b>Ancho Medio (m)</b>	<b>Radio Hidráulico (m)</b>	<b>Coficiente de rugosidad de manning "n"</b>	<b>Tirante Medio (m)</b>
3.78	10.24	10.26	0.34	0.1	0.27



- **Formula de Schoklitsch**

Para ello determinamos el tirante crítico para así comenzar el inicio de arrastre.

$$D = D_{40} = 0.0013m$$

Aplicando la fórmula que se muestra a continuación se calculara el diámetro crítico.

$$d_c = 0.000285 * \frac{\Delta D^{1/3}}{S}$$

$$d_c = 0.000285 * \frac{(1.56)0.0013^{1/3}}{0.0234}$$

$$d_c = 0.00207$$

Se procede a calcular el parámetro adimensional de Shields:

$$S = \frac{0.0234 \frac{m}{m}}{m}$$

$$\tau_{*c} = \frac{(0.00207)(0.0234)}{(1.64)(0.0013)}$$

$$\tau_{*c} = 0.0227$$

Después de obtenido el diámetro crítico, el parámetro se procede a usar la siguiente fórmula para así obtener el gasto:

$$G_x = 2500A_m S^{1/3} (qS^{7/6} - 0.2\Delta^{5/3}D^{3/2})$$

$$G_x = 2500(10.26)(0.0234)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{3.78}{10.26} (0.0234)^{\frac{7}{6}} - 0.2(1.56)^{\frac{5}{3}}(0.0013)^{\frac{3}{2}} \right)$$

$$G_x = 2500(10.26)(0.286)(0.00458) = 33.598 \text{ kg/s}$$

- **Formula de Bagnold**

Por el empleo de esta fórmula se debe tener en cuenta que los datos de referencia.

$$i_{br} = 0.1kgm^{-1}s^{-1}$$

$$(\omega - \omega_c)_r = 0.1kgm^{-1}s^{-1}$$

$$d_r = 0.1m$$

$$D_r = 0.0011m$$

Luego se procede a determinar la potencia del caudal mediante la siguiente formula:

$$\omega = \gamma dsV$$

$$\omega = 1000(0.27)(0.0234)(0.92)$$

$$\omega = 5.812$$

De la misma forma se saca el umbral de la potencia unitaria con la siguiente formula.

$$\omega_c = 290D_{50}^{3/2} \log \left[ \frac{12d}{D_{50}} \right]$$

$$\omega_c = 290(0.0024)^{3/2} \log \left[ \frac{12(0.27)}{0.0024} \right]$$

$$\omega_c = 0.1067$$

Luego se procede a calcular la descarga total del arrastre de fondo.

$$G_x = \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma} i_{br} A_m \left[ \frac{(\omega - \omega_c)}{(\omega - \omega_c)_r} \right]^{3/2} \left[ \frac{d}{d_r} \right]^{-2/3} \left[ \frac{D_{50}}{D_r} \right]^{-1/2}$$

$$G_x = 32.5$$

- **Método de Parker, Klingeman y Mc Lean**

$$G_x = 1400 \left( \frac{W^* g^{\frac{1}{2}} (dS)^{\frac{3}{2}}}{2.65} \right) = 33.07$$

$$W^* = 11.2 \left[ 1 - \frac{0.822}{\phi_{50}} \right]^{4.5} = 11.2 \left[ 1 - \frac{0.822}{29.5} \right]^{4.5} = 9.86$$

$$\phi_{50} = \frac{\tau_{50}^*}{0.0876} = \frac{2.59}{0.0876} = 29.5$$

$$\tau_{50}^* = \frac{0.606 R_h S}{D_{50sub}} = \frac{0.606 * 0.44 * 0.0234}{0.0024} = 2.59$$

**Tabla 19**

Valores del gasto sólido mediante las siguientes fórmulas

<b>Caudal</b>	<b>Schoklitsch</b>	<b>Bagnold</b>	<b>Parker, Klingeman y Mc Lean</b>
<b>1.39</b>	12.59	8.62	5.73
<b>1.68</b>	14.33	8.64	5.8
<b>1.78</b>	14.92	10.07	6.41
<b>1.83</b>	16.48	11.01	6.23
<b>2.1</b>	16.9	12.06	6.18
<b>2.13</b>	21.08	16.24	7.78
<b>2.56</b>	22.35	18.02	8.69
<b>2.78</b>	24.87	18.23	9.09
<b>2.82</b>	32.03	22.37	9.15
<b>3.26</b>	33.58	26.06	11.09
<b>3.79</b>	40.52	31.33	14.28
<b>4.63</b>	42.03	37.73	13.08
<b>4.81</b>	42.89	41.43	13.15
<b>9.12</b>	80.7	84.08	25.58
<b>9.74</b>	86.03	93.04	25.36

Luego se procede a calcular el volumen de sedimentos del río

$$L = 20.1$$

$$S = 0.0234 \frac{m}{m}$$

$$t_c = 3.14 \text{ horas}$$

Con el dato anterior y los datos de la tabla se procede a calcular el gasto solido de fondo en relación al volumen de fondo.

**Tabla 20**

*Relación entre gasto solido de fondo y el volumen de sedimentos con la fórmula de Parker*

<b>Caudal</b>	<b>Parker, Klingeman y Mc Lean</b>	<b>Volumen de Solidos de fondo (m3)</b>
1.39	5.73	49.68
1.68	5.8	55.68
1.78	6.41	56.24
1.83	6.23	64.17
2.1	6.18	62.54
2.13	7.78	70.15
2.56	8.69	74.01
2.78	9.09	82.10
2.82	9.15	83.01
3.26	11.09	78.56
3.79	14.28	82.15
4.63	13.08	99.47
4.81	13.15	124.2
9.12	25.58	114.48
9.74	25.36	210.48

## 4.2. CONSTATACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Siendo la hipótesis planteada la siguiente:

La estimación del volumen de sedimentos y su caudal solido de fondo del rio Huallaga, permite realizar un estudio del traslado de sedimentos.

De acuerdo a lo mostrado en los resultados al estimar el volumen de sedimentos y el caudal del solido que se tiene en rio Huallaga en su fondo, esas dos partes se complementan para el estudio de traslado de sedimentos, siendo los resultados que se obtuvo del volumen de sedimentos lo siguiente:

**Tabla 21**

*Estudio de sedimentos*

<b>coeficiente de uniformidad</b>	14.78
<b>Granulometría</b>	Revisar tabla 12
<b>Porosidad</b>	0.4118
<b>Peso Específico prom.</b>	2562.8
<b>Densidad Aparente</b>	1507.273
<b>Densidad Relativa</b>	1.5628

**Tabla 22**

*Estudio de Caudales*

<b>Formula de Schoklitsch</b>	$G_x = 33.598$
<b>Formula de Bagnold</b>	$G_x = 32.5$
<b>Método de Parker, Klingemanvy Mc Lean</b>	$G_x = 33.07$

Según lo mostrado en las tablas anteriores se puede ver que el estudio realizado por partes al final es un estudio de traslado de sedimentos, probando así la hipótesis.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Caudal del río

Para el caudal aforado del río que puede mostrar si existe o no transporte de sedimentos en el fondo es de  $Q = 3.78$  y de  $4.45 \text{ m}^3/\text{s}$  y muestra que desde ese caudal puede darse un transporte de sedimentos mayor, y que luego afectara dicha morfología que se tienen en el cauce, pero para Huanca (2019) en su investigación obtuvo un  $Q =$  de  $3.98$  y de  $6.32 \text{ m}^3/\text{s}$ . esta diferencia que se muestra puede ser que los años de estudio de cada investigación son distintos esta investigación es del año 2023 y la de Huanca es del 2019 siendo 4 años de diferencia lo que genera el cambio de morfología como la intensidad del río, además que los meses que se tomo la muestra son distintos siendo este estudio entre los meses de marzo y abril, pero el de Huanca entre los meses de setiembre y diciembre.

- Gasto sólido que transporta

La tabla 19, muestra los datos que obtuvieron para el gasto sólido de fondo ( $\text{kg}/\text{s}$ ) del río, para los meses de marzo y abril, usando las fórmulas y estimando valores relacionados entre ellos, todas estas ecuaciones fueron sacadas mediante formulas empíricas.

En la investigación de Salmeron (2017), se mostro que un cuadro similar donde los datos fueron diferentes variando entre  $6.75$  y  $29.85$  esto se debe al cambio de las muestras que se tomaron y los años de diferencia de una investigación y otra que es el incremento de las lluvias.

- Volumen de sedimentos que transporta

Para el volumen de fondo de sedimentos ( $\text{m}^3$ ) se muestra en la tabla 20 pero los datos de la investigación de Salmeron (2017) y de Huanca (2019) tienen una diferencia de 28 entre 90 respectivamente eso se debe a que las muestras que se tomaron fueron de diferentes cantidades además que los

años entre esas investigaciones son de 4 años y de 6 años, además que los lugares de la toma de muestras son distintos diferentes puntos de muestra.

## CONCLUSIONES

Se concluye que el caudal que se obtuvo y estimó del río Huallaga fueron 15 caudales identificados en los dos meses siendo estos caudales los siguientes: 1.39, 1.68, 1.78, 1.83, 2.1, 2.13, 2.56, 2.78, 2.82, 3.26, 3.79, 4.63, 4.81, 9.12, 9.74; después de obtenerse los caudales se procedió a sacar el caudal sólido mediante el método de Parker, Klingeman y Mc Lean dando como resultado: 5.73, 5.8, 6.41, 6.23, 6.18, 7.78, 8.69, 9.09, 9.15, 11.09, 14.28, 13.08, 13.15, 25.58, 25.36; finalmente se procedió a obtener el volumen de sedimentos dan como resultados: 49.68, 55.68, 56.24, 64.17, 62.54, 70.15, 74.01, 82.10, 83.01, 78.56, 82.15, 99.47, 124.2, 114.48, 210.48.

El caudal del río del Huallaga, fueron realizados desde el 06/01/2023 hasta el 28/04/2023 realizándose cada semana teniendo una cantidad de 17 datos donde el área fue de: 3.92, 4.66, 6.87, 3.48, 8.65, 5.69, 5.9, 3.4, 6.04, 3.6, 4.09, 5.15, 8.10, 15.8, 6.9, 3.8, 2.9; con una velocidad media(m/s) de: 0.71, 0.85, 0.95, 0.56, 2.68, 1.69, 0.95, 1.58, 2.9, 1.95, 0.56, 1.95, 0.9, 2.8, 1.4, 1.9, 2.6. con esos dos datos se puede sacar el caudal(m<sup>3</sup>/s) mediante una fórmula donde el área y la velocidad están en relación dando como resultado lo siguiente: 3.01, 3.60, 5.7, 2.5, 3.4, 2.6, 4.6, 2.8, 5.1, 2.4, 3.12, 2.61, 7.9, 13.4, 5.2, 2.9, 1.84.

El caudal de sólido transportado se procedió a sacar mediante el uso de fórmulas empíricas donde de un caudal aforado como se muestra en la tabla 15 se puede sacar los caudales de gasto sólido usando las fórmulas respectivas para cada método, como la fórmula de Schoklitsch que dio un resultado de 33.29, la de Bagnold que dio un resultado de 29.24, la de Parker que dio como resultado de 15.72, todas esas diferencias se dio por el uso distinto de la fórmula y los datos que se necesitan para emplear cada una de ellas, la fórmula de Schoklitsch usa D<sub>40</sub> (sacado del estudio de sedimentos/granulometría), un parámetro adimensional de Shields, para la fórmula de Bagnold se usa ciertos valores que se muestra en el resultado que son datos inmodificables que cada que se use esa fórmula siempre serán los mismos valores, lo que si cambia es la potencia unitaria y de caudal que es



mediante fórmula que una vez calculada y que cumpla con el requisito se procede a usar la fórmula para el caudal de gasto, pero en el método de Parker se usa el D50 y dos parámetros más que se saca mediante sub formulas del método de Parker y por último la fórmula para el gasto sólido. Se estiman todos valores son cercanos entre sí, todas estas ecuaciones se obtienen empíricamente, y aunque se basan en diferentes métodos, estas ecuaciones tienen principios generales comunes, que son: el patrón de circulación de agua y sedimento correspondiente al régimen continuo y uniforme ;transporte disponible La disponibilidad de sedimentos tiene que tener una menor o igual en la capacidad de transporte de las corrientes naturales, relación unifical para la tasa de desplazamiento de sedimentos analizada en cada fórmula específica y los parámetros hidráulicos y sedimentológicos.

Para el volumen de sedimentos se tuvo que realizar un estudio de sedimentos de las tres muestras tomadas, donde los resultados que nos dio dicha muestra fue la granulometría de la tabla 12, el coeficiente de uniformidad que fue de 14.78, la porosidad de 0.4118, el peso específico promedio de 2562.8, la densidad aparente y relativa de 1507.273 y 1.5628 respectivamente. Con todos esos datos y el tiempo de concentración se pudo obtener el volumen de sedimentos que se muestra en la tabla 20, donde el volumen promedio fue de 87.128.

## RECOMENDACIONES

Para el uso correcto de la formulas empíricas que fueron aplicadas se recomienda que se debe usar otras fórmulas con criterios similares entre ellas, y con rangos de aplicación de la fórmula de Parker, Klingeman y Mc Lean. Es la única fórmula aplicada en este estudio que se desarrolló mediante ciertas mediciones realizadas en arroyos naturales con lechos de grava, por lo que creemos que son recomendados para predecir corrientes de fondo sólido en los ríos.

Es de gran importancia realizar investigaciones sobre el transporte de sedimentos con un tamaño de partícula sólida superior a 3". además que las muestras tomadas deben ser guardadas y almacenadas en lugares estériles para el correcto uso de las mismas en el estudio de granulometría, tener en cuenta también que las muestras que se tomaron fueron de los meses dichos, si se realizara de nuevo el estudio es probable que tenga un cambio como también los tramos de estudios son de decisión propia del tesista.

Se debe saber que esta metodología que se empleó fueron claras y que todos estos procedimientos tienen que seguir de forma clara el uso correcto de cada formula, también en la parte de la recopilación como la evaluación de cada sedimento, es fundamental tener presente el criterio y experiencia del evaluador, puesto que dependiendo de del criterio de cada persona puede variar las propiedades.

Se debe de informarse con diversas bibliografías con la finalidad de establecer un criterio único para la toma de datos en campo para emplear los datos en las fórmulas de manera adecuada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apacla. (1967). *Hidraulica Fluvial*.
- Apacla, N. R. (2014). *Hidraulica Fluvial*.
- Bravo, E. M. (2004). *Transporte de sedimentos en corriente naturales: Revision tecnica de ecuaciones empiricas de prediccion del arrastre de sedimentos de fondo*.
- Briceño, B. E. (2017). *Evaluación de la capacidad hidráulica para la evacuación de caudales y sedimentos del drenaje transversal de carreteras*.
- España, F. L. (2019). *Producción de Sedimentos de Suelo en Predios con Diferente Condición de Manejo en el Sureste del Municipio de Saltillo, Coahuila*. Saltillo, Coahuila, México.
- FQB. (28 de 10 de 2022). *Meteorizacion: Fisica, Quimicaa y Biologica*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/rocas-sedimentarias/meteorizacion/>
- García, E. (1987). *Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de arte*. Lambayeque. Obtenido de *Construmática*: <https://www.construmatica.com/>
- Goyburo, P. A. (2017). *Monitoreo y Caracterizacion del transporte de sedimento durante crecidas o eventos extremos de el niño en el Rio Tumbes*. Lima - Perú.
- Hernandez, R. F. (2014). *Metodologia de la Investigacion* . Mexico.
- Hinojosa, R. (2006). *Obras Hidraulicas*. Cochabamba.
- Hoyos, S. M. (2000). *Mecanica de Suelos I*. Cajamarca.
- Huanca, H. S. (2019). *Influencia Geomorfológica e Hidrodinámica del rio Huallga en la caracterización de transporte de sedimentos entre Ambo y Huanuco* . Huanuco-Perú.
- Laqui, C. F. (2019). *Estimación de la erosión y transporte potencial de sedimentos hasta el eje de la futura represa Callazas en sub-cuenca del río Callazas en la región Tacna-Perú*. Lima - Perú.
- Lopez, A. R. (2004). *Problemas resueltos de ingeniería hidráulica forestal*.
- Maza, J. G. (1996). *Transporte de Sedimentos*.

- Peña, G. E. (28 de 10 de 2022). *1libray*. Obtenido de <https://1library.co/document/yr33w68y-tituloestudio-numeric-experimental-transporte-sedimentos-cauces-aluviales.html>
- Rocha, A. (1998). *Introduccion a la Hidraulica Fluvial*.
- Rocha, F. A. (1998). *Introduccion a la hidraulica fluvial*. lima.
- Salmeron. (2017). *Simulacion fisica y numerica del deposito de sedimentos a la entrada de un embalse*.
- Silva, M. J. (2014). *Movilidad del sedimento de fondo y el material leñoso en dos cuencas del sur de chile*. Valdivia - Chile.
- Testa, T. A. (2017). *Caracterizacion Hidraulica de los Procesos de Crecida de Rio Picomayo en la cuenca Baja Superior*. cordoba.
- Vasquez, I. J. (2018). *Estudio comparativo del transporte de sedimentos en fondo en las inmediaciones del puente motupe*. Pimentel - Perú.

#### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Garay Espinoza, C. (2024). *Estudio del traslado de sedimentos de fondo y el volumen producido en las aguas del rio Huallaga, distrito - Huánuco, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
Problema General: ¿Cómo estimar el volumen de sedimentos y su caudal solido de fondo del rio Huallaga, para un estudio del traslado de sedimentos?	Objetivo General Estimar el volumen de sedimentos y su caudal solido de fondo del rio Huallaga, para un estudio del traslado de sedimentos	Hipótesis General H1: La estimación del volumen de sedimentos y su caudal solido de fondo del rio Huallaga, permite realizar un estudio del traslado de sedimentos
Problemas Específicos: ¿Cómo estimara el caudal del rio Huallaga? ¿Mediante las formulas empíricas, cual es el caudal solido de fondo transportado por el rio Huallaga? ¿A partir del transporte de fondo del rio Huallaga como determinar el volumen de sedimentos?	Objetivos Específicos Estimar el caudal del rio Huallaga Mediante las formulas empíricas, calcular caudal solido de fondo transportado por el rio Huallaga A partir del transporte de fondo del rio Huallaga determinar el volumen de sedimentos . .	. . .
ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
<b>Enfoque:</b> Cuantitativa <b>Alcance o nivel:</b> Explicativo <b>Diseño:</b> Experimental	<b>Población:</b> el tramo del puente señor de burgos determinado del rio Huallaga <b>Muestra:</b> No probabilística	Variable dependiente . Estudio de Traslado de sedimentos Variable independiente . Rio Huallaga

## ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN



**ANEXO 3**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



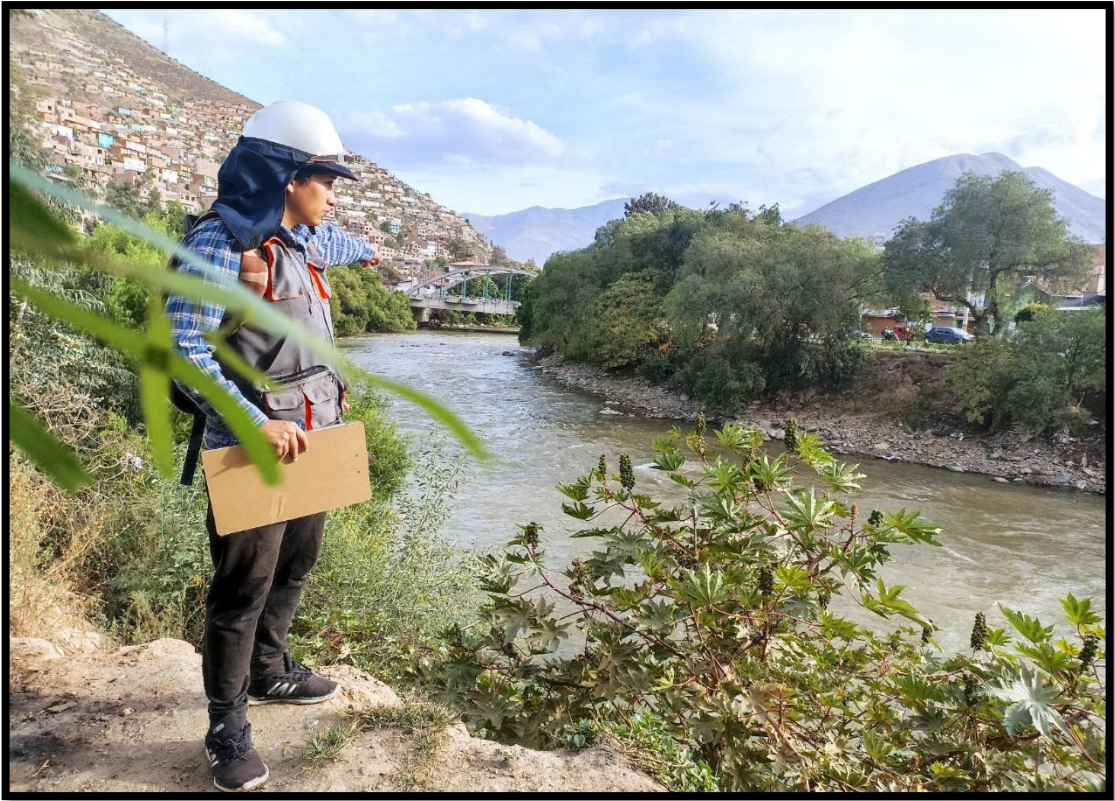




























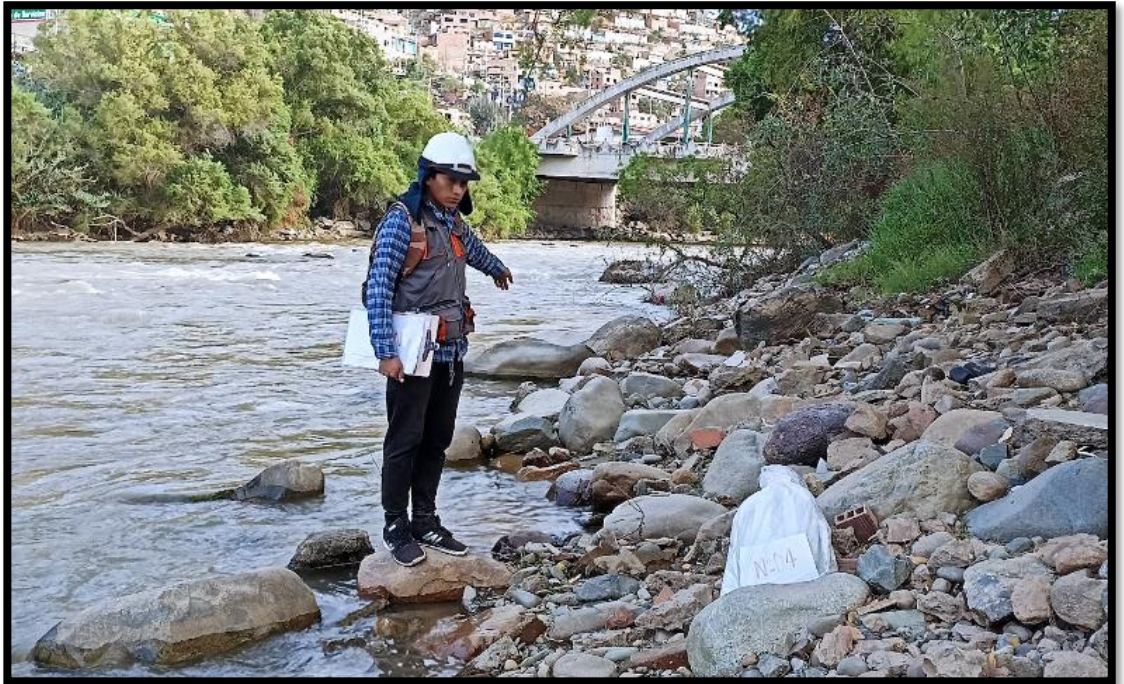




## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Recolección De Las Muestras:













Prueba De Las Muestras:





