

COMPARACIÓN DE LOS MODELOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN FONDO EN LAS INMEDIACIONES DEL PUENTE MOTUPE

COMPARATIVE STUDY OF THE SEDIMENT TRANSPORT IN THE BACKGROUND IN THE VICINITY OF THE MOTUPE BRIDGE

Jann Franker Vasquez Idrogo¹
Ana María Guerrero Millones²
Gioconda del Socorro Sotomayor Nunura³

RESUMEN

A lo largo de la cuenca del río Motupe se encuentra ubicado el Puente Motupe con una longitud de 75 m, el principal problema si se presentara un fenómeno del Niño o un nuevo Niño Costero ante los escasos estudios de transporte de sedimentos las estructuras se van a ver bastante afectadas por los sedimentos removidos y evitando el libre cauce del río. Esta investigación tiene como objetivo: Comparar los modelos de transporte de sedimentos en fondo en las inmediaciones del puente Motupe, empleando un diseño experimental propiamente diseñado, realizando levantamiento topográfico, distribución granulométrica, estudio y análisis de los diferentes sedimentos, mediante ecuaciones de Engelund y Hanzen y Schoklistch, con las que se obtuvo el mejor ajuste para el estudio de transporte de sedimentos en fondo. Se conocieron los distintos desniveles que presenta el río Motupe a causa de los volúmenes de sedimentación que se generan, sus secciones transversales, y las distintas pendientes que se presentan a lo largo del río Motupe.

Palabras clave: sedimento, perfil de flujo, modelo hidráulico, caudal.

ABSTRACT

Along the river basin Motupe is located the Bridge Motupe with a length of 75 m, the main problem if you submit a phenomenon of child or a new child before the scarce coastal sediment transport studies the structures are going to be quite affected by the sediments removed and avoiding the free course of the river. This research aims to: Compare the models of sediment transport in fund in the vicinity of the bridge Motupe, using an experimental design properly design, making a topographic survey, particle size distribution, study and analysis of the different sediments, using equations of Engelund and hanzen and Schoklistch, with which they obtained the best setting for the study of sediment transport in the background. The different slopes of the Motupe River were known because of the sedimentation volumes that are generated, its cross sections, and the different slopes that occur along the Motupe River.

Keywords: sediment, workflow profile, hydraulic model, flow rate.

¹ Universidad Señor de Sipán. Ingeniero Civil.

² Universidad Señor de Sipán. Magíster en Ciencias con mención en Informática. <https://orcid.org/0000-002-1980-5074>

³ Universidad Señor de Sipán. Doctora en Ciencias de la Educación. Jefa de la Unidad de Investigación FIAU. Reg. CPPe-R. Lamb. N° 0194843. <https://orcid.org/0000-0001-6082-0893> Registro ORCID Id

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se describe el desarrollo del transporte de sedimentos en fondo a través de sus distintas ecuaciones de estudio, de los procesos de sedimentación y de los cambios de la composición granulométrica en fondo en el Río Motupe en el tramo del puente Motupe (1 Km).

Se realizó el presente trabajo con la finalidad de comparar el transporte de sedimentos en fondo en las inmediaciones del puente Motupe.

Este estudio de transporte de sedimentos en fondo nos permite conocer la topografía del lugar de estudio, la cantidad de partículas de sedimento que se generan en un determinado tiempo, conocer los caudales, estudiar las muestras tomadas a través de los distintos ensayos de laboratorio como pueden ser ensayos de granulometría, peso específico, contenido de humedad y una vez realizados los ensayos se procesó los datos a las distintas ecuaciones de transporte de sedimentos en fondo para así estos resultados ser comparados a través de tablas estadísticas.

Al realizar el estudio de transporte de sedimentos en fondo en el río Motupe en las inmediaciones del puente Motupe, se va obtener los resultados de las cantidades de material sedimentado en dicha zona y se tendrá en cuenta al momento en que se desee elaborar un proyecto a lo largo del río y no se sobre valorizaran dichos proyectos, además de que también se va evitar los daños a las comunidades aledañas a la zona, se evitara las pérdidas de transporte y comunicación así como también evitar la pérdida de la agricultura y la ganadería.

MATERIAL Y MÉTODOS

El río Motupe se encuentra ubicado en el norte del Perú es uno de los ríos que pertenece a la región Lambayeque donde a lo largo de su recorrido se ha construido una obra de ingeniería lo cual lo constituyen el Puente Motupe con una longitud de 75 metros

La metodología empleada en la presente investigación consistió en extraer muestras de sedimentos en fondo en el río Motupe en las inmediaciones del Puente Motupe, para la toma de muestra se utilizó el muestreador manual Helley - Smith obteniendo un total de 9 muestras en fondo en 3 visitas realizadas al lugar de estudio.

Una vez concluidas la toma de muestras de sedimentos en fondo se realizó los ensayos de análisis granulométrico por sedimentación, peso específico para las partículas finas y partículas gruesas, contenido de humedad. Estos ensayos realizados fueron de gran importancia porque nos permiten conocer el tipo de material que se genera en el cauce del río y sus principales características. Una vez terminados los ensayos mencionados anteriormente se realizó el levantamiento topográfico de 1 kilómetro (500 metros aguas arriba y 500 metros aguas abajo) tomando como referencia el puente Motupe, donde este estudio nos permite conocer las características geométricas de la sección del río, los diferentes desniveles que se presentan y las pendientes.



Figura 1. *Muestreador realizado por el alumno.*
Fuente: *Elaboración propia*

Con el objetivo de seleccionar la ecuación de transporte de sedimentos en fondo que presente un mejor ajuste al río Motupe en los puntos estratégicos que se tomaron las muestras, se efectuó un análisis que permitió conocer cuál es la ecuación que presenta un menor porcentaje de error, una vez conocida la fórmula que presenta un mejor ajuste con la cantidad de transporte de sedimentos en fondo cuantificado en campo se estimó el transporte total de sedimentos en kg/m.s.

Entre los métodos que se emplearon para el desarrollo de la presente investigación fueron: Engelund y Hansen, Meyer – Peter & Muller, Duboys y Straub, Schoclistch y Levi, las mencionadas anteriormente son ecuación que permiten estimar el transporte de sedimentos en fondo.

Las técnicas de recolección de datos que se usaron fueron la observación, análisis de documentos y entrevistas. El uso de la observación permitió analizar el transporte de sedimentos en fondo en el río Motupe en las inmediaciones del Puente Motupe para a través de los distintos ensayos de laboratorio los resultados se anoten y se comparen, de esta manera se estimó la cantidad de transporte de sedimentos en fondo en kg/m.s., la información teórica se tuvo en documentos de apoyo como son tesis, artículos, papers, páginas web, informes, fichas con el fin de tener claras las ideas para el desarrollo ordenado de la presente investigación. Se realizó la entrevista al ingeniero especialista en la rama de ingeniería hidráulica para tener claros los conceptos sobre el tema de investigación y de su importancia.

Entre los materiales e instrumentos empleados en el desarrollo de la presente investigación se encuentran los equipos de topografía, horno, balanza calibrada, termómetro, tamices estándar, hornilla, canastilla, fiolas, taras; y entre los instrumentos que se emplearon para recolectar datos tenemos los formatos de estudio de

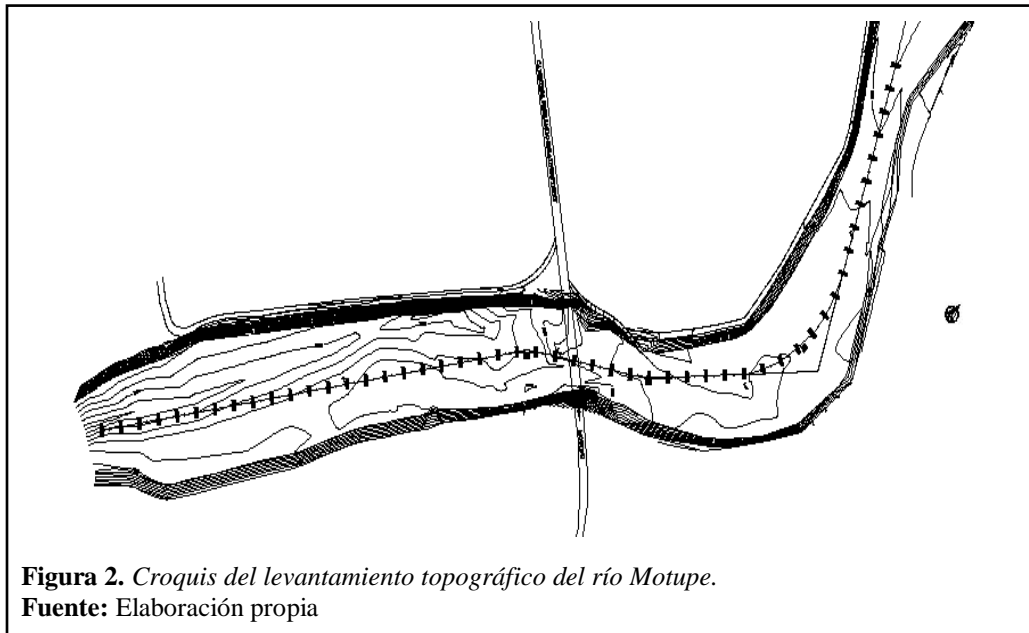
suelos brindado por el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, formatos de estudio topográfico, y los formatos para cada ecuación en fondo de transporte de sedimentos.

Las bases teóricas con las que se contó son actualizadas que sirvió para recopilar la información necesaria para el desarrollo de la presente investigación, se hizo de las distintas normas técnicas, legales y ambientales para un correcto desarrollo de los distintos ensayos y la toma de muestras in situ.

RESULTADOS

Levantamiento topográfico del lugar de estudio

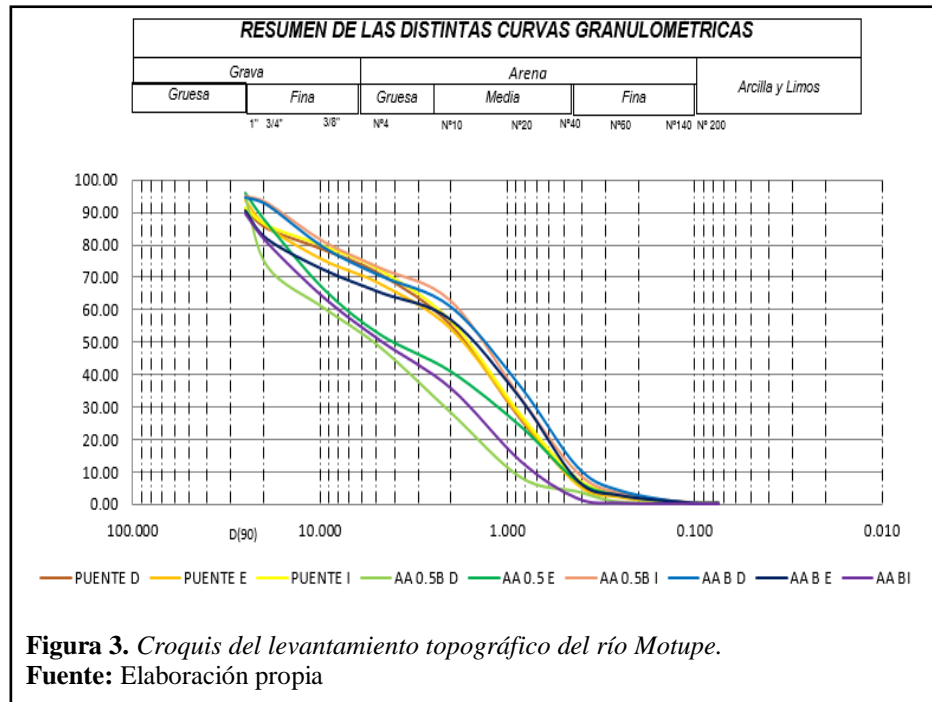
Se realizó el levantamiento topográfico del lugar con la finalidad de conocer la topografía del lugar y obtener las secciones transversales para indicar los puntos donde se van a obtener las muestras de los sedimentos en fondo. También se realiza con la finalidad de conocer las diferentes pendientes, tirante hidráulico, área de estudio, rugosidad.



El levantamiento topográfico se realizó en la cuenca del río Motupe tomando como referencia el puente Motupe en un área de 1km (500 metros aguas arriba del puente Motupe y 500 metros aguas abajo del ya mencionado anteriormente).

Distribución granulométrica

Los ensayos de la distribución granulométrica de las muestras tomadas en fondo en las inmediaciones del puente Motupe se realizaron con la finalidad de obtener y separar los diferentes tamaños o diámetros de las muestras tomadas en el lugar de estudio a través de los diferentes tamices estándar.



Los ensayos de granulometría se realizaron con la finalidad de obtener los diferentes diámetros de las partículas de sedimentos y seleccionar los diámetros que se van utilizar en sus distintas ecuaciones de estudio, entre los diámetros obtenidos tenemos. (Ver tabla 1, 2, 3)

Tabla 1
 Identificación de los distintos diámetros en el puente

MUESTRAS EN EL PUENTE	DÍAMETRO D	FECHA DE EXTRACCIÓN 15/03/17	DÍAMETRO MEDIO
PUENTE LADO DERECHO	D40	1.2	9
	D50	1.8	
	D90	24	
EJE DEL PUENTE	D40	1.25	8.35
	D50	1.8	
	D90	22	
PUENTE LADO IZQUIERDO	D40	1.2	9.3
	D50	1.7	
	D90	25	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2*Identificación de los distintos diámetros a una distancia $D=0.5B$ de la longitud del puente*

MUESTRAS A UNA $D=0.5B$ DE LA LONGITUD DEL PUENTE	DÍAMETRO D	FECHA DE EXTRACCIÓN 19/03/17	DÍAMETRO MEDIO
AGUAS ARRIBA 0.5B LADO DERECHO	D40	3.5	10.37
	D50	4.6	
	D90	23	
AGUAS ARRIBA 0.5B EJE	D40	2	9
	D50	4	
	D90	21	
AGUAS ARRIBA 0.5B LADO IZQUIERDO	D40	1.1	4.47
	D50	1.4	
	D90	10.9	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3***Identificación de los distintos diámetros a una distancia $D= B$ de la longitud del puente*

MUESTRAS A UNA $D= B$ DE LA LONGITUD DEL PUENTE	DÍAMETRO D	FECHA DE EXTRACCIÓN 31/03/17	DÍAMETRO MEDIO
AGUAS ARRIBA B LADO DERECHO	D40	0.95	4.42
	D50	1.5	
	D90	10.8	
AGUAS ARRIBA B EJE	D40	1.1	9.27
	D50	1.7	
	D90	25	
AGUAS ARRIBA B LADO IZQUIERDO	D40	2.8	10.77
	D50	4.5	
	D90	25	

Fuente: Elaboración propia

Estudiar las diferentes muestras de sedimentos en fondo tomadas en campo a través de los diferentes ensayos de laboratorio

Las distintas muestras de sedimentos en fondo se estudiaron en el laboratorio de la Universidad Señor de Sipán entre las muestras se obtuvo: el peso de material seco, contenido de humedad, peso específico, peso sumergido.

Valores de peso específico en g/cm^3 , para las muestras de sedimentos extraídas en fondo que pasan la malla N°4 (ver tabla 4, 5, 6).

Tabla 4

Valores de peso específico en g/cm^3 para las muestras de sedimento en fondo extraídas en el puente Motupe que pasan la malla N°4.

Muestras en el puente Motupe	Peso específico	Fecha 15/03/2017
Puente lado derecho	γ_s	2.183
Eje del puente	γ_s	2.724
Puente lado izquierdo	γ_s	2.499

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Valores de peso específico en g/cm^3 para las muestras de sedimento en fondo extraídas a una distancia $D=0.5B$ de la longitud del puente Motupe que pasan la malla N°4.

Muestras a una distancia $D=0.5B$ de la longitud del puente Motupe	Peso específico	Fecha 19/03/2017
Aguas arriba 0.5B lado derecho	γ_s	2.769
Aguas arriba 0.5B eje	γ_s	2.811
Aguas arriba 0.5B lado izquierdo	γ_s	2.709

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Valores de peso específico en g/cm^3 para las muestras de sedimento en fondo extraídas a una distancia $D= B$ de la longitud del puente Motupe que pasan la malla N°4.

Muestras a una distancia $D= B$ de la longitud del puente Motupe	Peso específico	Fecha 31/03/2017
Aguas arriba B lado derecho	γ_s	2.827
Aguas arriba B eje	γ_s	2.523
Aguas arriba B lado izquierdo	γ_s	2.695

Fuente: Elaboración propia

Valores de peso específico en g/cm^3 , para las muestras de sedimento extraídas en fondo retenidos en la malla N°4 (ver tabla 7, 8, 9).

Tabla 7

Valores de peso específico en g/cm^3 para las muestras de sedimento en fondo extraídas en el puente Motupe retenidas en la malla N°4.

Muestras en el puente Motupe	Peso específico	Fecha 15/03/2017
Puente lado derecho	γ_s	2.692
Eje del puente	γ_s	2.689
Puente lado izquierdo	γ_s	2.687

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Valores de peso específico en g/cm^3 para las muestras de sedimento en fondo extraídas a una distancia $D=0.5B$ de la longitud del puente Motupe retenidas en la malla N°4.

Muestras a una distancia $D=0.5B$ de la longitud del puente Motupe	Peso específico	Fecha 19/03/2017
Aguas arriba 0.5B lado derecho	γ_s	2.733
Aguas arriba 0.5B eje	γ_s	2.715
Aguas arriba 0.5B lado izquierdo	γ_s	2.713

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Valores de peso específico en g/cm^3 para las muestras de sedimento en fondo extraídas a una distancia $D= B$ de la longitud del puente Motupe retenidas en la malla N°4.

Muestras a una distancia $D= B$ de la longitud del puente Motupe	Peso específico	Fecha 31/03/2017
Aguas arriba B lado derecho	γ_s	2.711
Aguas arriba B eje	γ_s	2.697
Aguas arriba B lado izquierdo	γ_s	2.744

Fuente: Elaboración propia

Analizar los resultados de laboratorio a través de las distintas ecuaciones de laboratorio

Los resultados obtenidos a través de los distintos ensayos de laboratorio se adecuaron a las distintas ecuaciones para el estudio de transporte de sedimentos en fondo, en donde los resultados obtenidos se muestran en la tabla número 10.

Tabla 10
Parámetros hidráulicos

Fechas	Punto	d (m)	A (m ²)	P (m)	Rh=A/P	T (m)	BM=A/d	"n"	Q (m ³ /s)	V (m/s)	q=Q/B	S (‰)
15/03/2017	L.D PUENTE	1.7	125.45	72.67	1.73	71.78	73.79	0.005595	50.00	0.40	0.68	4.49
	E. PUENTE	1.95	125.45	72.67	1.73	71.78	64.33	0.005595	50.01	0.40	0.78	4.49
	L.I PUENTE	2.50	125.45	72.67	1.73	71.78	50.18	0.005595	50.10	0.40	1.00	4.49
19/03/2017	0.5B AA L.D	2.65	204.98	87.25	2.35	86.01	77.35	0.018814	45.00	0.22	0.58	4.49
	0.5B AA E	2.75	204.98	87.25	2.35	86.01	74.54	0.018814	45.00	0.22	0.60	4.49
	0.5B AA L.I	2.74	204.98	87.25	2.35	86.01	74.81	0.018814	45.00	0.22	0.60	4.49
31/03/2017	B AA L.D	3.32	260.82	92.95	2.81	91.6	78.56	0.030133	51.00	0.20	0.65	4.49
	B AA E	3.2	260.82	92.95	2.81	91.6	81.51	0.030133	51.00	0.20	0.63	4.49
	B AA L.I	3.05	260.82	92.95	2.81	91.6	85.51	0.030133	51.00	0.20	0.60	4.49

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Resultados de las distintas ecuaciones en fondo del transporte de sedimentos.

Fecha de extracción	Ubicación	Cuantificado en campo (kg/m.s)	Ecuaciones empíricas (kg/m.s)				
			Engelund y Hansen	Schoklistch	Meyer – Meter y Müller	Dubois y Straub	Levi
15/03/2017	Lado derecho del puente	1.48	1.7339	0.5096	-4.4441	8.8963	0.0300
	Eje del puente	2.12	1.8237	0.5847	-3.7970	8.8963	0.0357
	Lado izquierdo del puente	2.50	2.9572	0.7510	-4.7182	9.2859	0.0298
19/03/2017	0.5 B Aguas arriba lado derecho	1.61	0.3398	0.4376	-7.4167	5.9900	0.0045
	0.5 B Aguas arriba eje	1.70	0.4096	0.4541	-4.9457	6.6519	0.0046
	0.5 B Aguas arriba lado izquierdo	1.63	1.1886	0.4524	-5.7751	14.6183	0.0044
31/03/2017	B Aguas arriba lado derecho	1.83	1.1460	0.4883	-5.8844	16.5795	0.0029
	B Aguas arriba eje	1.58	1.0244	0.4706	-4.7246	15.0939	0.0027
	B Aguas arriba lado izquierdo	1.61	0.3456	0.4486	-8.0370	7.2733	0.0029

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico del presente proyecto de investigación se comparó con las curvas de nivel del Google Earth, llegando a concluir que tienen una similitud de 60% por lo que las curvas de nivel en el Google Earth presentan un margen de error respecto a las alturas del terreno, cotas y no tienen datos actualizados.

El estudio topográfico también se comparó con un levantamiento realizado con GPS el cual también presentaba margen de error en cuanto a las alturas del terreno, cotas, y ubicación de puntos, llegando a concluir que el levantamiento topográfico realizado con GPS presenta una similitud de 70%.

Se optó por trabajar con el levantamiento topográfico realizado con estación total porque a través de ese equipo se obtuvieron datos más exactos y precisos para la obtención de topografía del terreno, pendientes, áreas, volúmenes.

Análisis granulométrico

El análisis granulométrico que se realizó en la presente investigación permite determinar el tipo de material transportado en la cuenca del río Motupe, donde a diferencia de otras investigaciones los ríos transportan

limos y arcillas; y en la presente investigación se realizaron los ensayos según las normas ASTM NTP para lograr identificar cual es el tipo de material transportando en la cuenca del río Motupe, logrando identificar que a lo largo del cauce del río Motupe se transportan gravas y arenas.

Ensayos de laboratorio

Los distintos ensayos de laboratorio que se realizaron a las muestras tomadas de sedimentos en fondo extraídas en campo permite obtener las diferentes características del material como su peso húmedo que viene hacer el peso obtenido en campo, su peso seco que es el peso después de secarse al horno en un tiempo de 24 horas y así obtener su contenido de humedad. También se realizó el ensayo de peso específico para agregado fino a través de fiolas y para agregado grueso a través de una canastilla. Y una vez realizados los ensayos a todas las muestras se obtuvieron resultados precisos para cada muestra, donde los resultados que se obtuvieron se usaron en las ecuaciones de estudio de transporte de sedimentos.

Análisis de resultados

Los distintos ensayos realizados a las muestras obtenidas en campo se realizaron con la finalidad de obtener los resultados de su densidad, peso específico, granulometría, topografía; y así estos resultados se analizaron a través de sus distintas ecuaciones del transporte de sedimentos como son la ecuación de Engelund y Hanzen, ecuación de Schoklitsch, ecuación de Meyer – Meter y Muller, ecuación de Duboys y Straub y la ecuación de Levi.

Para las muestras obtenidas en el puente del río Motupe tanto en el lado derecho, en el eje y en el lado izquierdo del mencionado anteriormente se llegó a identificar que la ecuación de mejor reajuste con el transporte de sedimentos cuantificado en campo fue la ecuación de Hengelund y Hanzen.

En las muestra tomadas a una distancia de 0.5B aguas arriba tomando como referencia el río Motupe tanto en el eje y en el lado derecho se llegó a estimar que la ecuación de mejor reajuste con el transporte de sedimentos cuantificado en campo fue la ecuación de Schoklistch y a la distancia de 0.5B aguas arriba en el lado izquierdo la ecuación de mejor reajuste fue Engelund y Hanzen.

En las muestras obtenidas a una distancia B aguas arriba tomando como referencia el río Motupe se identificó que la ecuación de mejor reajuste con el transporte de sedimentos cuantificado en campo en el eje y en el lado derecho fue la de Engelund y Hanzen; y en el lado izquierdo la ecuación de mejor reajuste con el transporte de sedimentos cuantificado en campo fue la ecuación de Schoklistch.

CONCLUSIONES

Se obtuvo las características del río Motupe en las inmediaciones del puente Motupe gracias al levantamiento topográfico realizado en dicho lugar con el fin de conocer todas sus características geométricas, es decir gracias al estudio topográfico conocimos los distintos desniveles que presenta el río Motupe a causa de los

volúmenes de sedimentación que se generan, sus secciones transversales, y las distintas pendientes que se presentan a lo largo del río Motupe.

El ensayo de granulometría realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, mediante los ensayos realizados se pudo conocer los distintos tamaños de partículas de sedimento de las muestras tomadas que se generan en el río Motupe, llegando a la conclusión de que los materiales transportados en el lugar de estudio son gravas y arenas, y a través del ensayo de granulometría se logró obtener los diámetros D40, D50 Y D90 que son los diámetros que se van utilizar para el estudio de las ecuaciones de transporte de sedimentos.

Los distintos ensayos de laboratorio que se realizaron a las muestras extraídas en campo se obtuvo los distintos contenidos de humedad, la variación de sus pesos específicos tanto para las muestras que son retenidas en la malla número 4 y a las muestras que pasan la malla número 4, con la finalidad de obtener sus diferentes pesos para estudiarlos a través de sus distintas ecuaciones de estudio de sedimentos.

Las muestras realizadas permiten obtener datos exactos sobre las diferentes características de la muestra obtenida en campo y así una vez obtenidos los resultados permite adecuar los resultados a las distintas ecuaciones que se utilizaron para estudiar el transporte de sedimentos en fondo en las inmediaciones del puente Motupe. Donde se llegó a la conclusión que las ecuaciones que presentaron mejor reajuste a la muestra de transporte de sedimentos cuantificado en campo es la ecuación de Engelund y Hanzen y Schoklistch.

Se llegó a determinar los diferentes perfiles de flujo en las inmediaciones del puente Motupe para caudales de 50 m³/s, 45 m³/s y 51 m³/s; y el puente no se vería afectado bajo esas condiciones.

REFERENCIAS

Andrés Fabián Latacunga Chiluzza . (2014).

Boletín Vías Unal Manizales. (n.d.). Numeración de tamicos Sistema U.S Estándar.

EL Universo. (2013). Sedimentación, mareas y basura agravan inundaciones en la urbe - MAR. 11, 2013 - Comunidad - Noticias de Guayaquil | El Universo. Retrieved July 4, 2017, from <http://www.eluniverso.com/2013/03/11/1/1445/sedimentacion-mareas-basura-agravan-inundaciones-urbe.html>

Enríquez-beck, J. (2016). PIURA Juan Enríquez-Beck.

Flores, M. G., & Álvarez, J. A. M. (1987). *“Introduction to River Engineering”*, División de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería UNAM.

Flores, M. G., & Álvarez, J. A. M. (1996). *Transporte de Sedimentos*. Instituto de Ingeniería UNAM. México.

Flores, M. G., & Álvarez, J. A. M. (1998). *Origen y Propiedades de los Sedimentos*.

- Forsberg, B. (2013). La Represa Inambari – Transporte de Sedimentos, 4, 1–9.
- Gobierno Regional de Lambayeque. (2016). REDOBLAN ACCIONES CONJUNTAS ANTE FALTA DE AGUA EN TINAJONES. Retrieved June 11, 2017, from <http://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/21359?pass=MTA1Nw==>
- Janet Brígida, Q. O. (2015). “ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN Y FONDO Y COMPARACIÓN CON FÓRMULAS EMPIRICAS EN LOS RÍOS PUYANGO-TUMBES Y ZARUMILLA.”
- Paul Fernando, U. M. (2016). Control de Calidad de Agua y Análisis de Sedimentos en la Microcuenca del Río Tabacay.
- Posada, L. (n.d.). Ángulo de reposo de una partícula.
- Radio UNR. (2015). Radio Universidad | 103.3 | Programación | Tecnología y Medios | Sistema acústico para medir el transporte de sedimento en ríos. Retrieved June 10, 2017, from <http://www.radio.unr.edu.ar/nota/227/Sistema-acustico-para-medir-el-transporte-de-sedimento-en-rios>
- RCN Radio. (2017). Erosión produce 340 millones de toneladas de sedimentos en los ríos de Colombia - RCN Radio. Retrieved July 4, 2017, from <http://www.rcnradio.com/nacional/erosion-produce-340-millones-toneladas-sedimentos-los-rios-colombia/>
- Río, E. (2013). Problemas que afectan la Navegabilidad en el Río Guayas, 4–7.
- Rpp. (2013). Agua para la agricultura corre riesgo por capacidad de represas. Retrieved June 10, 2017, from <http://rpp.pe/economia/economia/agua-para-la-agricultura-corre-riesgo-por-capacidad-de-represas-noticia-649567>
- Tatiana Constanza, G. C. (2014). *Modelación del transporte de sedimentos en ríos. ejemplos de aplicación por el método de diferencias finitas en excel y matlab.*
- Vianca Zeña. (2015). Tumbes: Puente Francos a punto de colapsar | Diario Correo. Retrieved June 10, 2017, from <http://diariocorreo.pe/edicion/tumbes/tumbes-puente-francos-a-punto-de-colapsar-576070/>