



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
TESIS**

**Modelamiento Hidrodinámico del Flujo y Transporte de  
Sedimentos para la Evaluación del Riesgo de Erosión del  
Pilar del Puente Reque**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

**Bach. Angeles Vasquez Jesus David**

**<https://orcid.org/0009-0009-4446-4396>**

**Asesor:**

**Mg. Sánchez Díaz Elver**

**<https://orcid.org/0000-0001-9499-1252>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2023**

**MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE  
SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR  
DEL PUENTE REQUE**

**Aprobación del jurado**

---

ING.VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

ING.SALINAS VASQUEZ NESTOR PAUL

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MAG.SÁNCHEZ DÍAZ ELVER

**Vocal del Jurado de Tesis**



Universidad  
Señor de Sipán


## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Ángeles Vásquez Jesús David	47285994	
-----------------------------	----------	---

Pimentel, 17 de marzo del 2023.

## **Dedicatoria**

*Con mucho amor y orgullo a mis hijos Bryan y mateo, a mi madre María Elizabet Vasques de Ángeles a mi padre José del Carmen Ángeles Pisfil, a mis hermanos Rosa Beatriz, Erika del Pilar, Jessica del Milagro y José Ronal quienes confiaron en mí, para poder lograr mi sueño de ser ingeniero civil.*



## **Agradecimiento**

*A Dios*

*“El presente trabajo investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por ser nuestra fuente de inspiración, nuestra fuerza cuando sentíamos que no podríamos lograrlo y lo que nos mantuvo unidos hasta el final”.*

*Agradezco a la casa de estudios “Universidad Señor de Sipán” y a mis docentes por darnos las armas para desenvolvemos como ingenieros civiles y poder aplicar las buenas prácticas ingenieril.*

*Agradezco a nuestro asesor de tesis el ingeniero Mag. SÁNCHEZ DÍAZ ELVER por brindarnos sus conocimientos, experiencias como investigador en la realización de este proyecto de investigación.*

## Índice

Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de tablas, figuras y formulas.....	vii
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	23
1.3. Hipótesis.....	23
1.4. Objetivos.....	23
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	24
II. MATERIALES Y METODO .....	43
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	43
2.2. Variables, Operacionalización.....	43
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	46
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	46
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	48
2.6. Criterios éticos .....	50
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	51
3.1. Resultados.....	51
3.2. Discusión .....	89
IV. Conclusiones y recomendaciones.....	91
4.1. Conclusiones .....	91
4.2. Recomendaciones .....	92
REFERENCIAS .....	93
ANEXOS .....	93

## Índice de tablas, figuras y formulas

### Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente. ....	44
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente. ....	45
Tabla 3 Georreferenciación de calicatas en estudio.....	53
Tabla 4 Clasificación SUCS Y AASHTO .....	57
Tabla 5 Grafica Contenido de Humedad.....	58
Tabla 6 Valores del ensayo corte directo .....	58
Tabla 7 Valores de porcentaje de sal.....	59
Tabla 8 Parámetros Morfológicos de la Cuenca. ....	60
Tabla 9 Registro histórico de la estación meteorológica ordinaria Reque (1965-2021) .	62
Tabla 10 Resumen de precipitaciones máximas.....	63
Tabla 11 Distribuciones de mejor ajuste por los diferentes métodos estadísticos .....	65
Tabla 12 Análisis de frecuencias para el método de Log normal 3 parámetros.....	65
Tabla 13 Normalización de datos UNI-SENAMHI .....	66
Tabla 14 Caudales.....	68

## Índice de Figuras

Figura 1 Componentes del esfuerzo viscoso en un volumen de control.....	24
Figura 2 Entrada y salida de masa de flujo en un volumen de control.....	25
Figura 3 Fuerzas superficiales que actúan en una partícula de fluido .....	26
Figura 4 Curva granulométrica.....	28
Figura 5 Fuerzas que actúan en un cauce.....	29
Figura 6 Diagrama de Shields.....	30
Figura 7 Perfil de velocidad en la erosión general y erosión local .....	31
Figura 8 Evolución temporal de la erosión local .....	32
Figura 9 Representación de la Hidro morfodinámica de un foso con erosión local alrededor de un pilar de un puente .....	33
Figura 10 Downflow del flujo alrededor de pilares de puentes .....	34
Figura 11 Foso de socavación alrededor de un pilar.....	36
Figura 12 Distribución y alineación de pilares y estribos en relación con el flujo del cauce37	
Figura 13 Izquierda: Vuelco del pilar. Derecha: Hundimiento debido a la erosión .....	38
Figura 14 Izquierda: Erosión local, vista de planta. Derecha: Líneas de flujo en un estribo 38	
Figura 15 Estudio de erosión en pilas mediante CCHE3D .....	42
Figura 16 Organigrama Flujo de Trabajo .....	50
Figura 17 Imagen satelital del Puente Reque .....	51
Figura 18 Tramo Aguas Abajo .....	51
Figura 19 Plano Planta - Topografía del rio Reque Aguas Arriba 1+000km .....	52
Figura 20 Plano Planta - Topografía del rio Reque Aguas Abajo 1+000 km.....	52
Figura 21 Localización de las 05 SPT en estudio.....	53
Figura 22 Extracción de Muestras .....	54
Figura 23 Realización de ensayos en el Laboratorio.....	54
Figura 24 Curva granulométrica.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 25 Grafica Limite Liquido .....	56
Figura 26 Grafica Limite Plástico .....	56
Figura 27 Grafica Índice de Plasticidad.....	57
Figura 28 Delimitación de la Microcuenca.....	59
Figura 29 Estación meteorológica ordinaria Reque.....	61
Figura 30 Curvas IDF .....	64
Figura 31 Hietograma normalizado (mm/h).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 32 Intensidad normalizada (mm/h).....	67
Figura 33 Modelo digital de elevación de la progresiva 0+000.00 a 2+000.00 del rio Reque 68	
Figura 34 Software HEC-RAS – RAS MAPPER .....	69
Figura 35 Coeficientes de Manning de cada una de las secciones transversales .....	69
Figura 36 Series de flujo .....	70

Figura 37 Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 1 .	70
Figura 38 Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 2 .	71
Figura 39 Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 4 .	71
Figura 40 Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 5 .	72
Figura 41 Perfil longitudinal del fondo del rio Reque antes de la simulación vs después de la simulación de transporte de sedimentos .....	72
Figura 42 Modelamiento del transporte de sedimentos.....	73
Figura 43 Valores de la masa acumulada en toneladas en cada sección .....	74
Figura 44 Gráfica del transporte de sedimentos- masa acumulada vs distancia. ....	74
Figura 45 Estación 1892, perfil de sedimentación de la sección .....	75
Figura 46 Estación 1656, perfil de sedimentación de la sección .....	75
Figura 47 Estación 612, perfil de sedimentación de la sección .....	76
Figura 48 Estación 545, perfil de sedimentación de la sección .....	76
Figura 49 Perfil de velocidades del rio Reque.....	77
Figura 50 Editor de datos geométricos Geometry Data- Bridge Design Editor-Hec Ras	78
Figura 51 Resultados de las condiciones geométricas del puente Reque-Hec ras .....	78
Figura 52 Geometría del puente Reque-vista 2d.....	79
Figura 53 Geometría del puente Reque-vista 3d.....	80
Figura 54 Visualización de profundidades del rio Reque- Ras Mapper, para un caudal de 490 m3/s.....	80
Figura 55 Visualización de velocidades del rio Reque - Ras Mapper, para un caudal de 490 m3/s.	81
Figura 56 Visualización de profundidades del rio Reque- Ras Mapper, para un caudal de 150 m3/s.....	81
Figura 57 Visualización de velocidades del rio Reque - Ras Mapper, para un caudal de 150 m3/s.	82
Figura 58 Variaciones de velocidades para un t=100 años y t=500 años.....	82
Figura 59 Gráfico de la sección transversal 1100, en el rio Reque .....	83
Figura 60 Gráfico de la sección transversal 1068, en el rio Reque .....	84
Figura 61 Gráfico de la sección transversal 1036, en el rio Reque .....	84
Figura 62 Gráfico de la sección transversal 984, en el rio Reque .....	85
Figura 63 Gráfico de la sección transversal 954- Puente Reque aguas arriba, en el rio Reque	85
Figura 64 Gráfico de la sección transversal 954-Puente Reque aguas abajo, en el rio Reque	86
Figura 65 Sección transversal del puente Reque y perfil de socavación.....	86
Figura 66 Resultados de la socavación por contracción en el puente Reque.....	87
Figura 67 Resultados de la socavación en los pilares del puente Reque .....	88
Figura 68 Resultados de la socavación en los estribos del puente Reque.¡Error! Marcador no definido.	

## Índice de Formulas

Ecuación 1.Conservación de masa.....	25
Ecuación 2.Velocidad de sedimentación.....	28
Ecuación 3.Tensión de Corte.....	29
Ecuación 4.Saint Venant.....	39
Ecuación 5.Ecuación de Meyer-Peter y Müller para el cálculo de la carga de fondo.....	40
Ecuación 6.Ecuación de Meyer-Peter y Müller para el cálculo del Esfuerzo de Corte...	40

## Resumen

La presente investigación tuvo por objetivo general realizar el modelamiento hidrodinámico del flujo y transporte de sedimentos para poder determinar el riesgo de erosión del pilar del puente Reque. Para ello se utilizó la siguiente metodología: El tipo de investigación es cualitativa-tecnológica con un diseño no experimental debido a que los cálculos se realizaron a través de un ordenador, usando programas y softwares especiales como Hec-Ras, HidroEsta, ArcGIS, AutoCAD civil 3d. La técnica utilizada es la observación directa y el instrumento es la recolección de datos. La población estuvo conformada por todos los puentes situados sobre el cauce del río Reque, comprendidos entre los distritos de Chiclayo y Reque, la muestra fue el puente del río Reque, situado en el distrito de Reque, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Finalmente, se concluyó en función del modelamiento hidrodinámico del flujo y transporte de sedimentos realizados que, el puente Reque en las condiciones topográficas, hidrológicas y de suelo determinadas en la presente investigación, presentaría una socavación por contracción no uniforme de 1.74 m en el lecho del río y de 1.35 m en el margen derecho. Tanto en el pilar derecho como en el pilar izquierdo se determinó una erosión de 3.29 m, con respecto a la erosión en el estribo del margen derecho se calculó 3.38 m, y en el estribo del margen izquierdo una erosión de 2.21 m, determinando así el riesgo de erosión del puente Reque.

**Palabras clave:** Hidrología, Hidrodinámica, ríos, topografía, puente.

## **Abstract**

The present investigation, had as general objective to carry out the hydrodynamic modeling of the Flow and transport of sediments to be able to determine the risk of erosion of the pillar of the Reque bridge, the following methodology was obtained: the type of investigation is qualitative-technological with a non experimental design because the calculations were made through a computer using special programs and software such as Hec-Ras, HidroEsta, ArcGIS, AutoCAD Civil 3d. The technique used is direct observation and the instrument is data collection. The population was made up of all the bridge located on the Reque riverbed, included between the districts of Chiclayo and Reque, the sample was the Reque River bridge, located in the Reque district, Chiclayo Province, Lambayeque departamento.

I conclude based on the hydrodynamic modeling of the Flow and transport of sediments carried out, that the Reque bridge in the topographic, hydrological and soil conditions determined in the present investigation, would present a scour due to non-uniform contraction of 1.74 m in the river bed and of 1.35 m on the right margin. Both in the right pillar and in the left pillar, an erosion of 3.29 m was determined, with respect to erosion in the abutment of the right margin, 3.38 m was calculated, and in the abutment of the left margin an erosion of 2.21 m, thus determining the risk of erosion of the Reque Bridge.

**Keywords:** Hydrology, hydrodynamics, rivers, topography, bridge



## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

La experiencia en obras hidráulicas en diferentes países muestra como principal causa de fallas en puentes a los problemas hidráulicos generados por erosiones locales en pilares y estribos, lo que provoca la degradación de la estructura de manera progresiva. El transporte de sedimentos en los ríos, las fuertes precipitaciones y las deformaciones presentes en el lecho del río forman la base para la presencia de erosión localizada en los puentes, lo que conlleva a la falla del mismo [1].

En países en como México, República Dominicana, Cuba y Colombia, entre otros, han experimentado la caída de puentes en los últimos años a causa de las crecidas de ríos, y problemas de erosión en sus estructuras y socavación en los cimientos; esto debido a la variabilidad climática en los últimos años, pues este constituye actualmente, una variable fundamental en el cálculo de la ingeniería, al variar el clima, las precipitaciones varían y con ello las crecidas de los ríos de forma abrupta, y en algunos casos en diferentes épocas a las estimadas en los modelamientos matemáticos de diseño [2].

Por otra parte, debido a la fuerza de impacto de los cauces se originan fenómenos hidráulicos tales como la erosión, transporte de sedimentos y la socavación, los cuales provocan efectos negativos en estructuras existentes, algunos autores se enfocan en determinar una metodología que defina los problemas debido al arrastre de sólidos en una confluencia, y los efectos negativos en un plazo variable, para ello introducen una herramienta, "El Modelamiento" [3].

El modelamiento constituye una herramienta de gran significancia en la actualidad, pues mediante él se puede estimar, evaluar e identificar variables, parámetros y/o problemáticas que estén sujetos a obras de en la cual se aproveche el recurso hídrico. Estos modelos tienen como base y fundamento los principios hidrodinámicos (Morfología, transporte de sedimentos), hidráulicos (Ecuaciones de la hidráulica) e hidrológicos

(Fenómenos y variables hidrometeorológicas), los cuales son plasmados a través de modelos numéricos.

Una de las razones más importantes para realizar modelos hidrodinámicos de flujos y sedimentos es que el comportamiento de los flujos bajo una amplia gama de condiciones que ocurren en la naturaleza es tan complejo que rara vez es capturado por técnicas analíticas. La dinámica de fluidos computacional proporciona una buena representación del comportamiento del flujo basada en la teoría hidráulica y técnicas experimentales [4].

Con el fin de estudiar la dinámica del transporte de sedimentos, los modelamientos incluyen una serie de fórmulas empíricas de la hidráulica, basadas en mecánica de fluidos, ecuación de transporte de Engelund-Hansen, entre otras. Algunos modelos proponen dos enfoques complementarios, uno función del caudal, geometría y pendiente (Modelo de cauce aluvial), y otro en función a la densidad, caudal y convergencia (Modelo de ladera) [5].

La principal problemática de puentes en el Perú es que se prioriza el cálculo y diseño estructural, en vez del hidráulico. Debido a esto, los principales problemas que se suscitan en los cimientos y pilares de puentes son la socavación y erosión, debido al incremento del flujo y la turbulencia, así como el arrastre de sedimentos; es por ello que es de vital importancia para la hidráulica de puentes, garantizar la menor perturbación posible en el escurrimiento fluvial, mitigación de las corrientes vorticosas, así como garantizar la perdurabilidad de un puente en el tiempo [6].

Con el fin de estimar efectos de los fenómenos hidráulicos a corto y largo plazo, se ha considerado la implementación de modelos matemáticos que permiten estimar, y simular fenómenos físicos, hidráulicos e hidrológicos en distintas situaciones, con el fin de poder observar y prever las consideraciones técnicas de diseño de puentes, tales como periodos de crecidas y dinámica del transporte de sedimentos, la erosión, turbulencia y ancho de posible desborde del río cuando la crecida es considerable y pueda poder incluso en peligro a los estribos [7].

Uno de los programas de modelamiento más usados en el área de la hidráulica es el HEC – RAS. Este programa permite modelar hidrológica e hidráulicamente en 1 y 2 dimensiones, basándose en información geográfica, meteorológica e hidro morfológica de la cuenca del río en estudio, esto con el fin de simular y modelar distintas variables hidráulicas que puedan servir en el diseño previo de estructuras hidráulicas o de prevención [8].

La erosión constituye una consecuencia natural de la disposición de meandros en un río, debido a que por efecto Coriolis, los caudales generan contacto con las riberas y lechos, generando desprendimiento de partículas o sedimentos, y socavación. Algunos ingenieros, obvian esta situación al momento del diseño hidráulico de puentes, lo que conlleva a una mala estimación de los efectos de las variables hidráulicas a corto, mediano y largo plazo [9].

Los daños en la estructura de los puentes generan diferentes problemas no solo económicos o sociales, sino que pueden llegar a ocasionar muertes. Esto debido a que los diseños están enfocados principalmente en la estructura sin tomar mayor importancia a los fenómenos ambientales que se presentan en el transcurso del río. Estimando la profundidad de socavación de pilares y estribos, es posible determinar con precisión las dimensiones de los elementos estructurales que componen el puente, asegurando así la vida útil de la estructura [10].

Los estudios hidrológicos e hidráulicos para el diseño de diferentes puentes permiten una estimación precisa de los caudales utilizados en el diseño, cálculos de planicies de inundación y aspectos climáticos, topográficos y físicos en condiciones específicas de corriente. Permite la profundidad de socavación generada. Esto ha llevado a la implementación de diversas soluciones técnicas para proteger pilas y estribos, evitando así daños por socavación en los puentes [11].

El modelamiento hidrodinámico hoy en día, constituye una de las herramientas modernas más versátiles para la estimación de efectos hidráulicos a corto, mediano y largo plazo; junto con ello, el diseño a escala de prototipos, permiten estimar efectos de fenómenos

naturales en situaciones determinadas bajo ciertas condiciones de frontera o de contorno, con el propósito de estimar protocolos y planes de contingencia [12].

La modelación hidráulica e hidrodinámica, por otro lado, tiene como objetivo verificar las ecuaciones empíricas que surgen de los enfoques del problema en estudio. Al considerar la intervención de múltiples variables como tamaño de partículas, velocidad de caída de partículas, concentración de sedimentos. Esto produce modelos que pueden predecir los efectos de fenómenos como la erosión, la socavación y el transporte de sedimentos [13].

El fenómeno “El Niño” en las últimas décadas, ha causado enormes y considerables efectos en la mayoría de las estructuras hidráulicas a nivel nacional, ya sean puentes, reservorios, incluso en vías de acceso y carreteras. Lambayeque, ha sufrido un enorme impacto en lo que es infraestructura de puentes, pues en el último fenómeno considerable ocurrido en el año 1998, trajo consigo el colapso del puente Reque (Puente que une los distritos de La Victoria y Reque) y daños a las zonas aledañas a la rivera del río, originando inundaciones que perjudicaron a los agricultores de la zona [14].

En la actualidad, el Puente Reque ha sido reparado reiteradas veces, desde sus cimientos hasta su estructura aérea. En el año 1998, debido al fenómeno del niño, el caudal del río Reque aumentó de manera inmensurable, provocando el colapso del puente Reque, esto generó grandes pérdidas económicas al estado peruano y el aislamiento temporal de los distritos colindantes [15].

Por la necesidad e importancia de tener comunicados los diferentes distritos que une el puente Reque, se construyó un puente provisional sobre los estribos del puente colapsado, incluyendo un pilar adicional que descansa sobre pilotes, de una zapata de forma circular. A partir del año 2000 se realizaron diferentes estudios a cargo de Provias que permitieron convertir el puente provisional en el puente definitivo gracias a la ampliación y los reforzamientos que se realizaron [15].

La investigación de [16], titulada “Procesos de transporte de sedimentos en un cauce aluvial con modelación hidráulica bidimensional”, tuvo como objetivo modelar numéricamente

el flujo y la dinámica de sedimentos para analizar el cambio morfológico que se produce en un tramo del río Ésera. La metodología fue representar el modelo de transportes de sedimentos en el software Iber tomando empleando el modelo de libre distribución. Se obtuvo como resultados que, el transporte de sedimentos depende principalmente de las condiciones de caudal que se presentan en el río Ésera y de la morfología del río, determinándose que los depósitos de sedimentos se presentan inmediatamente después del primer meandro aguas abajo después de la simulación con el caudal máximo de diseño.

[17], en su investigación denominada “Estudio de transporte de sedimentos en el cauce de un río (Cuenca Manglaralto) en la comuna Manglaralto, Cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena”, tuvo como objetivo usar el modelo hidrodinámico unidimensional Hec-Ras para calcular el volumen de transporte de sedimentos en el cauce. La metodología fue el modelamiento del transporte de sedimentos en el software Hec-Ras 5.0.3 con caudales representativos a periodos de retorno de 5, 10 y 100 años. Los resultados obtenidos indican que ocurren más sedimentos a un período de recurrencia de 5 años y más formación de socavación a tiempos de recurrencia de 10 y 100 años, lo que sugiere que el transporte de sedimentos está directamente relacionado con el flujo del caudal.

[18] en su investigación titulada “Simulación Hidrodinámica Tridimensional con Procesos de Transporte de Sedimentos en un Cauce Natural”, Córdoba – Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. Tuvo como objetivo el estudio tridimensional de las formas de fondo. La metodología empleada fue el modelo tridimensional, el cual sirvió como herramienta empleada en una superficie libre. Los resultados finales permitieron establecer la variación espacio – temporal de la morfología del río, así como saber el valor de la resistencia y erosión en los límites de la frontera. Se concluyó que el valor de la densidad en términos de espacio y tiempo como factor de predicción en sistemas de dinámicas de sedimentos.

[19], en su investigación denominada “Modelamiento numérico tridimensional de socavación inducida por olas alrededor de pilotes en una disposición de lado a lado”. Tuvo como objetivo modelar el proceso de erosión alrededor de pilotes resolviendo las ecuaciones

hidrodinámicas de Navier – Stokes. La metodología usada fue el modelamiento tridimensional de socavación inducida. Los resultados obtenidos fueron la solución de las ecuaciones hidrodinámicas de Reynolds y Navier-Stokes aplicadas a la hidrodinámica de las olas que se encuentran en turbulencia. La superficie libre se capturó con el método del conjunto de niveles, el campo simuló el proceso de socavación. Se concluyó que, para un cálculo más realista, se considera el esfuerzo cortante crítico del lecho modificado como uno inclinado junto al algoritmo de deslizamiento de arena.

[3], en su investigación denominada, “Dinámica de flujo, del campo salino y de los sedimentos finos en el Río de la Plata”, Tuvo como objetivo la implementación de diversos modelos predictivos de erosión. La metodología usada fue el FVM en variables de salinidad. Los resultados obtenidos corresponden a la correlación de los modelos tridimensionales, en la zona interna, media y externa del río de la Plata. Se concluyó que el modelo tridimensional es importante en la caracterización hidrodinámica de campos salinos, transporte de partículas en suspensión y corriente de flujos en el río.

[20], en su investigación denominada “Modelado numérico avanzado del transporte de sedimentos en ríos con lecho de grava”. Tuvo como objetivo desarrollar un modelo utilizando un concepto multicapa para simular cambios morfológicos y distribución granulométrica. Así mismo, se empleó la metodología de modelamiento elementos discretos, para modelar procesos de infiltración y confirmar los efectos del tamaño relativo del sedimento fino a la grava, en la profundidad de infiltración. Los resultados obtenidos mostraron que este modelo simula los procesos de infiltración de partículas de sedimentos en el lecho de grava. Se concluyó que, el modelamiento del fenómeno del transporte de sedimentos es fundamental para el manejo del río y la eco hidráulica.

[21], en su investigación denominada “Evaluación de la capacidad de transporte de sedimentos en el río Tinaco, Municipio Tinaco del Estado Cojedes”, tuvo como objetivo, analizar y estimar la capacidad erosiva y el transporte de sedimentos. La metodología empleada se basó en modelos empíricos para el cálculo de la erosión y sedimentación. Los resultados muestran la variación de sedimentos que se deben a bandas anuales y

semianuales. Se concluyó que, el transporte de sedimentos depende de la dinámica y factores físicos como el número de Manning.

[22], en su investigación denominada “Determinación de la relación entre flujos líquidos, sólidos y análisis de factores que influyen en la dinámica del transporte de sedimentos en la cuenca del río Jordao (UPGRH-PN 1)”. Tuvo como objetivo determinar las descargas de sedimentos, analizar los factores que pueden influir y construir las curvas clave de relación entre el flujo sólido y líquido del río. La metodología aplicada estableció la implementación de cuatro estaciones de muestreo y nueve campañas de medición de caudales y muestras de agua. Los resultados obtenidos mostraron que, la mayor concentración media fue de 101,16 t.d estación 3, y la mayor descarga total de sólidos ocurrió en la estación 4 con un valor medio de 113,83 t.d. Se concluyó que la morfología, geología y biota presente en el río, influye en la dinámica y transporte de sedimentos.

[7], en su investigación denominada “Modelamiento hidráulico 1D – 2D y transporte de sedimentos para el dimensionamiento de la defensa riverena Rio Pongora – Pacaycasa – Ayacucho” tuvo como objetivo realizar el modelamiento hidrológico basado en eventos climáticos en la CT del río Puyango en la ciudad de Tumbes. La metodología usada fue el modelo SWAT, con el propósito de estimar series de caudales diarios en el drenaje del Pacífico. Los resultados muestran que el modelo SWAT representa correctamente el balance hídrico y la estacionalidad del ciclo del agua. En conclusión, se propone un método de transferencia de parámetros basado en un enfoque de similitud física y de agrupación que divide el drenaje del Pacífico en cinco regiones homogéneas.

[23], en su investigación denominada “Estudio de socavación de la subestructura de puente y análisis de estabilidad-caso puente Nicolás Dueñas de la ciudad de Lima en el 2017”, tuvo por objetivo determinar la influencia de socavación del puente Nicolás Dueñas en el análisis de estabilidad—caso. La metodología se basó en trabajos de campo y gabinete para obtener las condiciones y parámetros para calcular la socavación. Los resultados obtenidos muestran que, los puentes están propensos a ser inestables debido a la socavación.

[24], en su investigación denominada “Análisis geomorfológico y dinámica fluvial del río Huallaga en la localidad de Yurimaguas”. Tuvieron como objetivo realizar un análisis geomorfológico dinámico con el fin de correlacionarlos con los desbordes e inundaciones. La metodología empleada fue el levantamiento batimétrico y toma de medida de variables hidráulicas, y el modelamiento numérico con elementos de volúmenes de los datos obtenidos en campo. Los resultados obtenidos calcularon un caudal promedio de 2 969.5 m<sup>3</sup> /s con una profundidad máxima de 16m, que provoca socavación y erosión en las riberas de los ríos. Se concluyó de acuerdo al modelo, el lecho se había desplazado hasta 2km debido al transporte turbulento de los sedimentos y el cambio constante de dirección del río.

[25], en su investigación denominada, “Vulnerabilidad de la sección hidráulica del puente Bolsico para soportar caudales de crecidas extraordinarias del río Zarumilla - 2019”. Tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad del puente Bolsico debido a los caudales en crecidas, socavación y erosión por transporte de sedimentos. La metodología usada consistió en fase de campo y fase de gabinete. Los resultados obtenidos muestran el valor de las variables hidráulicas como el tirante, velocidad, coeficiente de Manning, altura y caudales mínimos y máximos. Se concluye que, existe vulnerabilidad de la sección hidráulica de la subestructura del puente al no soportar los efectos de erosión y socavación debido al arrates de sedimentos.

[26], en su investigación denominada “Efectos de la contratación del cauce, lecho no cohesivo y pendiente de ríos, en la profundidad de socavación en estructuras de captación”. Tuvo como objetivo encontrar una expresión matemática empírica que permita cuantificar los efectos de las variables hidráulicas en el fenómeno de socavación. La metodología usada fue identificación de la zona de estudio; levantamiento de data geo hidrométrica, topográfica, así como de relieve; diseño experimental de campo y laboratorio; análisis estadísticos de resultados; y determinación de las variables interviniente entre modelo y prototipo. Se obtuvieron resultados muestran que las partículas en suspensión son de graduación del orden de 30 y 60%, teniendo una configuración no cohesiva. El autor concluye que conociendo la



gradación de las partículas en suspensión se puede establecer ecuaciones empíricas que permitirán estimar los efectos que estas generan debido a la cinética de las mismas.

[27], en su investigación titulada “Influencia del proceso de acorazamiento en la socavación de los pilares del puente Reque”, tuvo como objetivo estudiar la influencia del proceso de acorazamiento en la socavación de los pilares del Puente Reque. La metodología utilizada fue modelar hidrológica e hidráulicamente las condiciones de flujo que se presenta en el puente Reque. Los resultados obtenidos, arrojaron que la influencia del acorazamiento en la socavación de los pilares del puente Reque es significativo, ya que la socavación aumenta en 3.00 metros a más por pilar.

[12], en su investigación denominada “Modelamiento Hidráulico con HEC - RAS para la prevención de inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque”. Tuvo como objetivo identificar los tramos críticos inundables del río Reque. La metodología empleada se basó en análisis estadístico de una muestra no probabilística a juicio, correspondiente al tramo del río. Los resultados obtenidos fueron el modelamiento de los tramos críticos de inundación usando variables hidráulicas de caudales a través del modelo HEC RAS, socavación usando el modelo IBER, así como precipitaciones anuales. En conclusión, se propone la solución de plantear e instalar gaviones como defensas ribereñas, las cuales deberán de estar desde el km 44+100 hasta el km 49+100 para así prever futuras inundaciones.

[28], su investigación denominada “Modelación hidráulica del río La Leche con el programa HEC – RAS en un tramo de 4km, en el distrito de Íllimo, y departamento de Lambayeque”. Tuvo como objetivo identificar los tramos críticos del río mediante el modelamiento hidráulico. La metodología empleada consistió en la recopilación y procesamiento de información hidrológica, geológica, topográficas, todos ellos procesados en el HEC RAS. Los resultados obtenidos indican que la erosión y socavación en las riberas es de gran consideración, por lo que pone en manifiesto la degradación de los taludes naturales a largo plazo, por lo que se propone el enrocamiento como defensa ribereña. En conclusión,

el modelamiento hidráulico determinó el riesgo en que están sujetas las riberas debido a la erosión provocada por el transporte de sedimentos, socavación.

[14], en su investigación denominada, “Cuantificación de los efectos de la erosión y socavación en la estructura de puentes y su aplicación en el puente del río Motupe del departamento Lambayeque”, tuvo por objetivo calcular la erosión y determinar la socavación del puente. La metodología usada fue la determinación de los diferentes parámetros topográficos, de suelo, hidrológicos e hidráulicos para la simulación unidimensional en el software Hec-Ras y el cálculo de manera teórica. Los resultados muestran una diferencia mínima del 0.02 m de erosión en el puente entre los valores obtenidos por el software Hec-Ras y los cálculos realizados de manera teórica. Se llegó a la conclusión de que el puente es susceptible a la erosión.

#### **Justificación e Importancia de Estudio**

##### ✓ Justificación Técnica

Este proyecto aportará conocimientos y constituirá una herramienta factible para investigadores e ingenieros, los cuales podrán estimar efectos causados por la erosión en estructuras hidráulicas y así establecer programas de prevención y/o contingencia, o en su defecto, prever estas situaciones desde el diseño, priorizando tanto el diseño hidráulico como el estructural en puentes.

##### ✓ Justificación Económica

Debido a la cuantificación de los riesgos a erosión, se podrá estimar una posible solución a corto, mediano y largo plazo, esto permitirá estimar y prever soluciones preventivas pertinentes en los pilares del puente de Reque, por lo que se disminuirán las posibilidades de colapso y disminuirá el costo de mantenimiento de los mismos.

##### ✓ Justificación Social

Al cuantizar la erosión, se podría sugerir una propuesta de solución y evitar efectos o en el peor de los casos, el colapso del puente, el cual perjudicaría a la población y a los transportistas pues el tránsito que recibe el puente Reque es indispensable para el comercio

y la comunicación principalmente entre el distrito de Reque y la Provincia de Chiclayo, lo que afectaría directamente a la población en los aspectos económicos, comerciales, de transporte, educativos, y de salud.

✓ Justificación Ambiental

El modelamiento hidrodinámico del transporte de flujo y sedimentos también permite predecir los niveles del cauce del río, así como simular un posible desborde lo que podría originar desastres con pérdidas materiales y humanas (Inundaciones). El modelamiento hidrodinámico puede estimar la dirección del flujo indicando las zonas potenciales de inundación, con el fin de prever sistemas de mejora o implementar políticas de prevención; por otra parte, permite comprender la naturaleza con el fin de implementar nuevas técnicas constructivas que puedan prever daños a las comunicaciones entre pueblos o comunidades.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye el comportamiento hidrodinámico del flujo y transporte de sedimentos en la evaluación del riesgo de erosión del pilar del Puente Reque?

## **1.3. Hipótesis**

El modelamiento hidrodinámico del flujo y transporte de sedimentos permitirá estimar y cuantificar los efectos de la erosión en el pilar del puente Reque.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo General**

Realizar el modelamiento hidrodinámico para el flujo y transporte de sedimentos para la evaluación del riesgo de erosión del pilar del puente Reque.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar los estudios básicos de topografía y mecánica de suelos dentro del área del modelamiento hidrodinámico que corresponde a un tramo de 2 km del río Reque.
- Analizar los factores hidrometeorológicos e hidrológicos implicados en los procesos de transporte de sedimentos y erosión en cauce del río Reque.
- Determinar los parámetros y condiciones de frontera para el planteamiento del

modelamiento hidrodinámico de flujo y transporte de sedimentos.

- Evaluar los posibles riesgos de erosión en el pilar del Puente Reque.

## 1.5. Teorías relacionadas al tema

### Métodos para describir el flujo de fluidos

Existen dos diferentes métodos para describir el movimiento de un fluido: El método Euleriano y el método Lagrangiano, donde el primero analiza el movimiento del fluido mediante un elemento fluido infinitesimal el cual es constante espacialmente; el segundo rastrea las propiedades físicas (por ejemplo: densidad, presión, temperatura y velocidad) de una partícula fluida mientras se mueve a través del elemento de fluido dando lugar a una forma no conservativa [29].

### Fuerzas en un elemento de fluido

Tenemos dos tipos de fuerzas actuando sobre un volumen de control de fluido, las Fuerzas Volumétricas, las cuales actúan sobre la masa volumétrica del fluido, actúan a una distancia de la superficie; por otra parte, tenemos a las Fuerzas Superficiales, las cuales actúan directamente sobre la superficie a través de esfuerzos normales y distribución de esfuerzos. Podemos representar el esfuerzo de un elemento en función de las 9 componentes tensoriales del esfuerzo, así como de la presión que actúa en un diferencial de fluido [30]

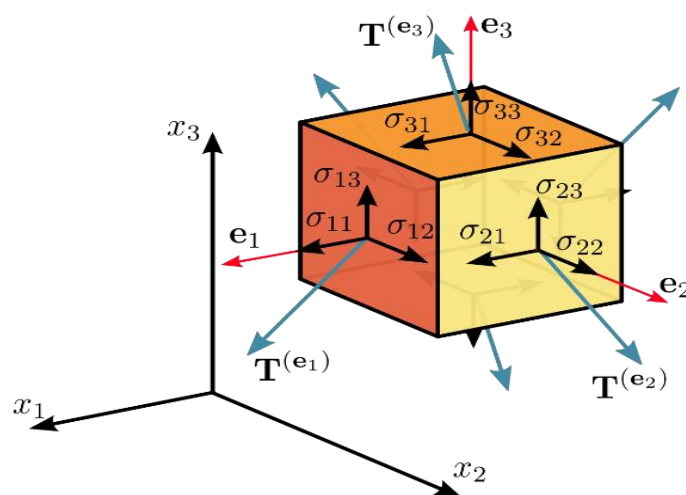


Fig. 1. Componentes del esfuerzo viscoso en un volumen de control. Nota. [30]

## Ecuaciones de flujo de fluidos: Diferenciabilidad

### Conservación de masa

Tiene sus orígenes en el principio de conservación de la masa, donde la tasa de incremento es igual a la tasa neta de flujo másico en el elemento del fluido. Podemos considerar incrementos infinitesimales  $dx, dy$  y  $dz$  tal como observamos en la siguiente figura.

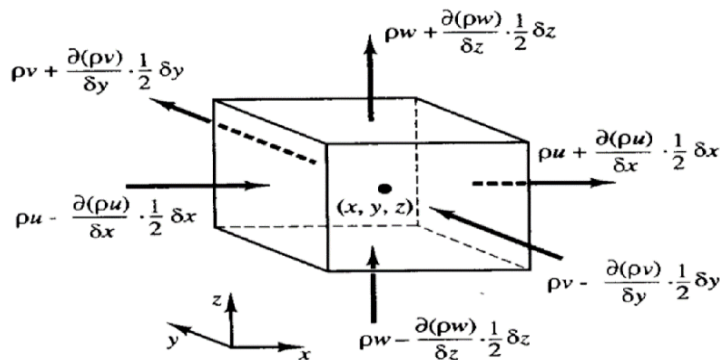


Fig. 2. Entrada y salida de masa de flujo en un volumen de control. *Nota.* [31]

Para un fluido compresible, podemos expresar el flujo másico en función de sus 3 componentes de la velocidad ( $u, v, w$ ) a lo largo de la dirección  $x, y, z$ .

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

De la expresión anterior, para fluidos incompresibles el primer término se anula, quedando:

$$\boxed{\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0}$$

*Ecuación 1. Conservación de masa*

### Ecuación de conservación de momentum

Basada en el principio de conservación de momentum lineal, en donde la tasa de incremento de momentum por unidad de volumen de control es igual a la sumatoria de fuerzas

que actúan en la partícula fluida. Teniendo en cuenta la presión “p”, el esfuerzo cortante superficial en sus 3 direcciones  $\tau_{xx}, \tau_{yx}, \tau_{zx}$ , la tasa temporal de incremento será representada por  $\frac{\rho Du}{Dt}, \frac{\rho Dv}{Dt}, \frac{\rho Dw}{Dt}$  respectivamente [32].

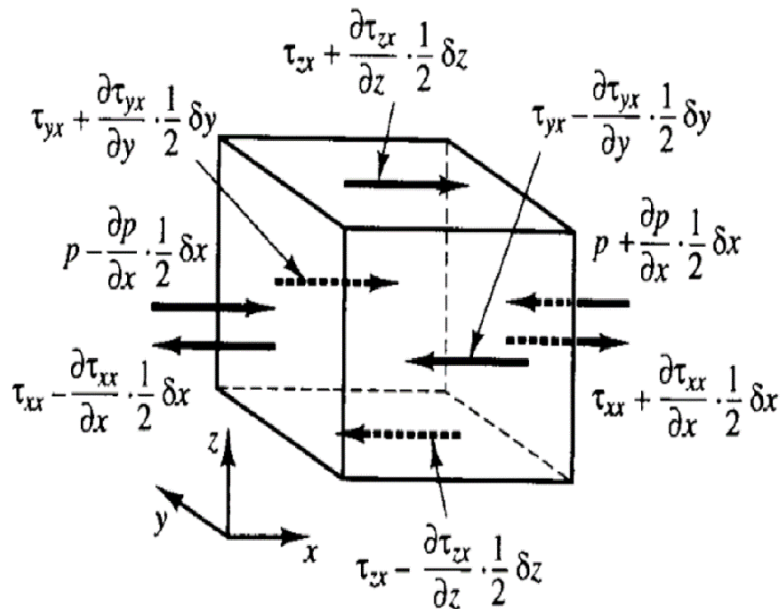


Fig. 3. Fuerzas superficiales que actúan en una partícula de fluido. Nota. [32]

### Transporte de partículas: sedimentos

Proceso continuo de cambios en la naturaleza de un río, reflejado en el transporte de material o partículas que están en el lecho y riveras del cauce, estos pueden ser finas o gruesas. Las partículas o sedimentos inician el movimiento cuando el esfuerzo de corte aplicado al material del lecho exceda al esfuerzo de corte crítico. Los sedimentos gruesos tienen movimiento independiente, a diferencia de los finos que es colectivo. Podemos mencionar, que la arena y grava tiene deslizamiento en lecho, mientras que las arcillas y los limos lo hacen de forma suspendida [33]

## Propiedades de los sedimentos

Los sedimentos presentan propiedades equivalentes que una partícula común, es decir referente al tamaño, forma, parámetros físicos, etc. Estas pueden ser estudiadas ya sean de forma individual o independiente, así como en forma colectiva [34].

### Propiedades de las partículas de forma aislada

#### a. Peso específico:

Esta propiedad permite la disgregación temporal acelerada de los materiales, debido a esto, su transporte es más fácil; por otra parte, los de mayor diámetro tienen una disgregación más lenta (rocas). En general, los sedimentos en su mayoría están formados por cuarzos y feldespatos, en la mayoría de los casos, tienen una gravedad específica de valor 2,65 t/m<sup>3</sup>, pero a pesar de ello, debido al crecimiento del cauce del río, el transporte de partículas en suspensión hace que la gravedad específica varíe considerablemente [35]

#### b. Tamaño de la partícula:

Para definir el tamaño de los sedimentos, podemos usar los siguientes parámetros: Diámetro nominal, equivalente y nomenclatura general (D50) [36].

#### c. Velocidad de sedimentación:

Este parámetro influye en la capacidad de arrastre que tiene un cauce (Forma directa), así como en la forma de fondo (Forma indirecta). Se puede definir como aquella velocidad de caída que tiene un sedimento dentro de un fluido, el cual se representa por la siguiente ecuación:

$$w = \sqrt{\frac{4g(\gamma_s - \gamma_\alpha)}{3 C_D \cdot \gamma_\alpha}} \cdot D_s$$

Donde

$$C_D = \frac{24v}{wD_s}$$

Reemplazamos, y la velocidad nos resulta:

$$w = \frac{g}{18v} \cdot \frac{(\gamma_s - \gamma_\alpha)}{C_D \cdot \gamma_\alpha} \cdot D_s^2$$

## Ecuación 2. Velocidad de sedimentación

Podemos aplicar la Ley de Stokes cuando se cumpla lo siguiente:  $Re < 0.1$ , que las partículas sean pseudo esféricas, que sean del tipo arena fina [37].

### Propiedades de las partículas en grupo

Una de las propiedades de mayor importancia es la granulometría, es así que, los lechos granulares de los ríos están conformados por partículas con diversas dimensiones, ya sean materiales finos o gruesos [38].

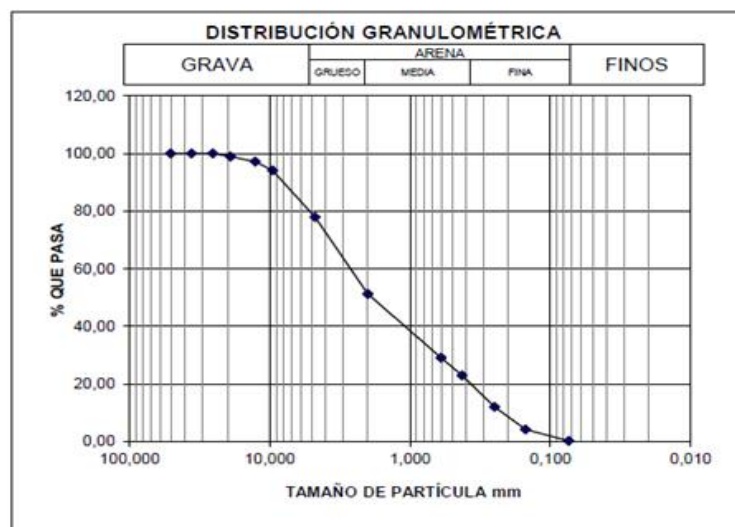


Fig. 4. Curva granulométrica. Nota. [39]

### Suelos cohesivos

Los suelos cohesivos están formados por las arcillas y los limos, éstos son de vital importancia en la dinámica de sedimentos, pues aportan factores que determinan el transporte de sedimentos, los cuales en algunos casos se mantienen unidos por fuerzas de cohesión a otro tipo de partículas (Enlaces químico - eléctrico) [40].

### Equilibrio del fondo

Podemos asumir que el río se encuentra en equilibrio cuando su perfil longitudinal se mantiene invariante a lo largo del tiempo. Lané propuso en 1955 4 variable cualitativas: la pendiente del fondo ( $i$ ), el caudal unitario ( $q$ ), el tamaño del sedimento ( $D$ ) y el caudal sólido unitario ( $q_s$ ) [40].



### Inicio del movimiento

Podemos definir al umbral de movimiento como el conjunto de condiciones de contorno que permiten el desplazamiento de las partículas de sedimentos, esto puede darse cuando la tensión de arrastre es superior al esfuerzo que generan las partículas del lecho del río, estos parámetros podemos representarlos en un diagrama denominado Diagrama de Shields [41].

Definimos la tensión de corte ( $\tau_0$ ) como el esfuerzo o resistencia de las partículas de los sedimentos a ser movidas, siendo esquematizada como la relación entre la fuerza desestabilizadora con la estabilizadora, así mismo, existe un coeficiente de relación en función de la gravedad específica ( $\gamma_s - \gamma$ ), y el diámetro característico del volumen (D).

$$\bar{\tau} = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma)D}$$

Ecuación 3. Tensión de Corte

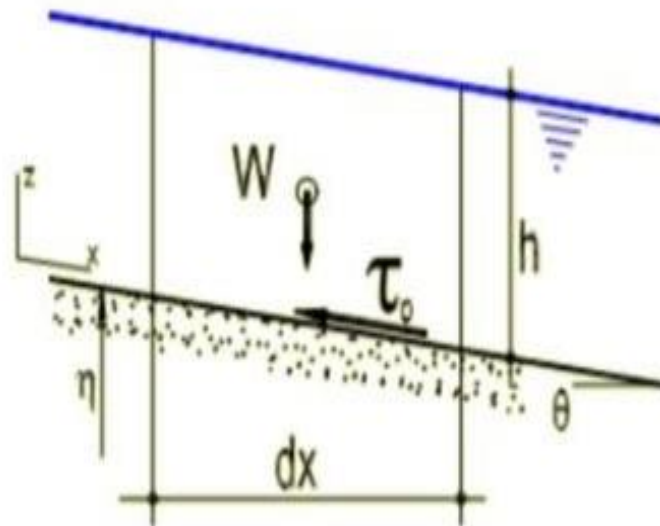


Fig. 5. Fuerzas que actúan en un cauce. Nota. [15]

### Diagrama de Shields

Este diagrama muestra la relación que guardan los parámetros descritos y los adimensionales, representado bajo una curva en situación de reposo (zona baja) y una zona de movimiento (zona alta).

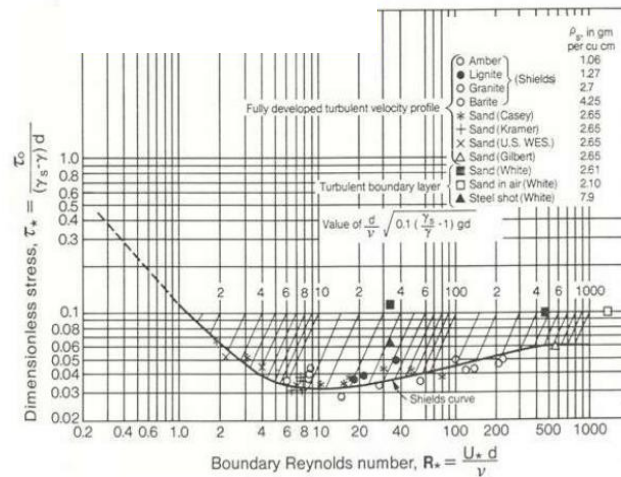


Fig. 6. Diagrama de Shields. Nota. [15]

Del diagrama de Shields podemos inferir que a medida que aumenta el  $Re$ , el flujo se vuelve más turbulento, por lo que la curva tiende a volverse horizontal, por tal motivo la tensión es independiente al  $Re$ , donde asume los valores dentro del intervalo de  $[0.03, 0.06]$  [15]. Por otra parte, la heterogeneidad en la granulometría es proporcionalmente lineal al valor de la tensión crítica, así como a la tensión de corte que existe en el lecho [24].

Finalmente, podemos indicar que la heterogeneidad, generan efectos de protección sobre las partículas finas, lo que hace que tiendan al movimiento; por otro lado, las partículas gruesas están más expuestas por lo que poseen menor probabilidad de movimiento [42].

### La erosión hidráulica

Se define como el movimiento o remoción de partículas que quedan en el fondo de un cauce por la fuerza de las corrientes de agua. De manera similar, debe tenerse en cuenta que el suelo mismo resiste los esfuerzos de deformación al separar las partículas sedimentarias. [43]

### Tipología de la erosión

Clasificados de dos maneras: Espacial, la cual se base en función al alcance en el espacio (1D,2D,3D) y la temporal, la cual sigue su evolución a través del tiempo [44].

La tipología temporal puede ser del subtipo permanente o momentánea, así como transitoria [37]. La permanente se da a largo plazo debido a fenómenos geomorfológicos, los cuales pueden incrementarse debido a la situación antrópica del río. La transitoria es de tipo momentánea, la cual sucede durante el periodo de crecidas y aumento del caudal del cauce [21].

### Erosión local

Esta erosión causa estragos en los tramos largos del río, está relacionada directamente proporcional a las crecidas e incremento de la velocidad del cauce, porque al aumentar el caudal, aumenta la capacidad erosiva, superando la tensión que mantiene a los sedimentos en el lecho generando su movimiento y arrastre [45]

Este tipo de erosión presenta un flujo local fuerte con presencia de turbulencia, desarrollando vórtices y/o remolinos los cuales generan desprendimientos del lecho del cauce. Así mismo, ambos tipos de erosión pueden presentarse de manera simultánea debido a que estos se originan de manera independiente [46]

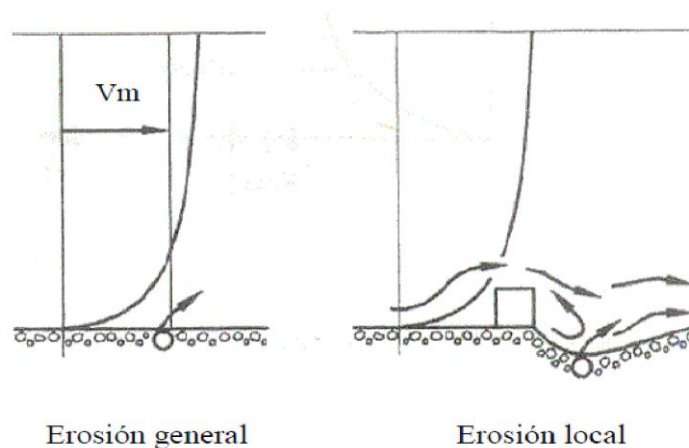


Fig. 7. Perfil de velocidad en la erosión general y erosión local *Nota.* [46]

## La erosión local y el arrastre de sedimentos

La erosión local se basa en dos velocidades: la velocidad media del flujo, que es una función de las propiedades hidráulicas del canal, y la velocidad de arrastre, que es la velocidad que produce el movimiento de las partículas del lecho [47].

Para el arrastre se tienen 3 condiciones:  $V > V_c$ ,  $V < V_c$  y  $V = V_c$ ; en la primera la velocidad no genera arrastre, la segunda genera arrastre, y la tercera es el límite entre el estado estático y cinemático [47]

### Erosión local sin arrastre de sedimentos

Es también denominada socavación de aguas claras, esto ocurre para  $V < V_c$ , ocurriendo un incremento de sedimentos al foso en socavación, por lo que la erosión local es de carácter continua, incrementando su profundidad hasta poder alcanzar el nivel de equilibrio en un tiempo  $t$  [48].

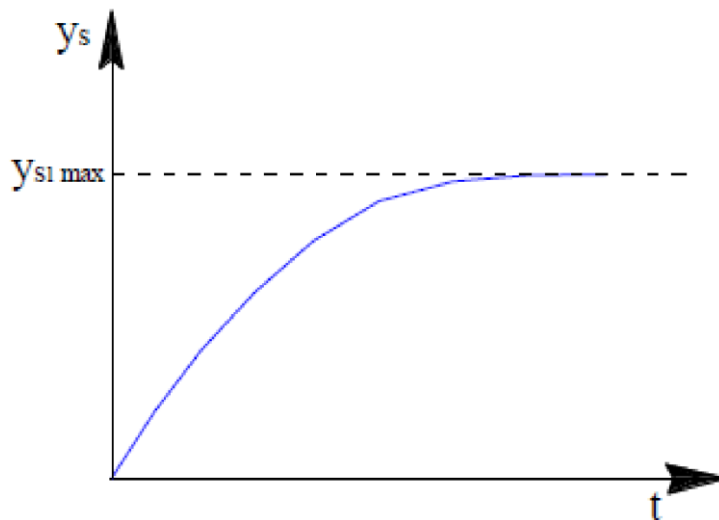


Fig. 8. Evolución temporal de la erosión local. *Nota.* [48]

### Erosión local con arrastre generalizado

Este fenómeno se genera cuando  $V > V_c$ , por tal motivo, cuando  $V$  crece, se obtiene los valores máximos de la socavación y de la erosión, generando un fenómeno periódico [49].

### Erosión local con arrastre incipiente de partículas

Este fenómeno ocurre cuando  $V = V_c$ , generado el umbral límite entre el reposo y el desplazamiento de sedimentos, es aquí donde la erosión tiende a desarrollarse según las condiciones de contorno que apliquen al sistema, es decir, si la velocidad de flujo y caudales son los más propicios para genera el vuelco de los sedimentos. (Barrantes et al., 2020). Por otra parte, Debido a que no hay aporte de sedimentos al pozo de socavación, la erosión es continua y aumenta progresivamente con el tiempo [35].

### Erosión local en pilares de puentes

La erosión que se genera en los pilares de los puentes es uno de los problemas más comunes en la ingeniería hidráulica. Esto se debe a múltiples interacciones entre el suelo, las áreas mojadas de la estructura y el flujo de agua. Este fenómeno se origina cuando las velocidades medias superan en valor a las velocidades de corriente, generando un choque de corriente que dan origen a vórtices frontales en los límites de los pilares, siendo estos, los principales responsables de la erosión [50].

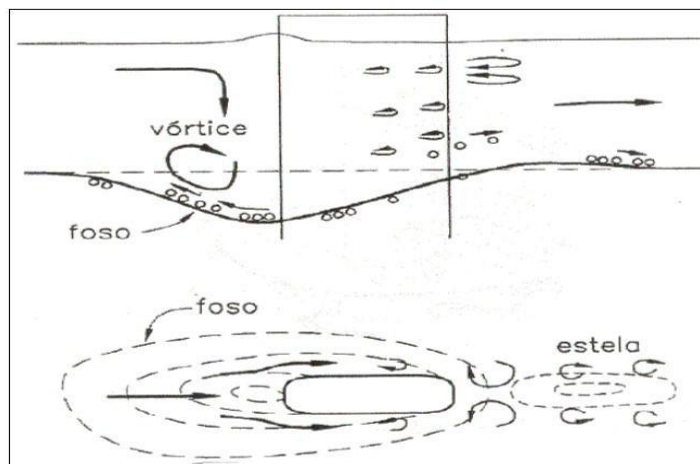


Fig. 9. Representación de la Hidro morfodinámica de un foso con erosión local alrededor de un pilar de un puente. *Nota.* [50].

### Mecanismo de origen de la erosión

El origen de la erosión según investigaciones de diversos autores es debido en algunos casos a la presencia de pilares de puentes los cuales no están alineados, o en su defecto se encuentran ubicados en zonas donde el índice de erosión regresiva es muy alto [51]. Por otra parte, como es ya sabido, debido a la disminución del área de flujo del río, la velocidad y caudal sufren un incremento considerable, con lo que se genera un aumento de la energía cinética del flujo, generando turbulencia en las zonas límites de los cimientos de los pilares [52].

### Generación de vórtices

El choque de flujos genera corrientes de agua turbulenta generando remolinos o vórtices, debido a esto, la erosión en el lecho del cauce origina un flujo vertical descendente, “downflow”, el cual actúa como un chorro de flujo vertical hacia abajo produciendo un impacto y foso en los límites de los pilares del puente, esto debido a la diferencia de presiones generados en el área mojada de los pilares [53].

El downflow es originado por dos causas: La desaceleración de la corriente de agua al acercarse al objetivo, impactando en una de las caras de los pilares aguas arriba [54].

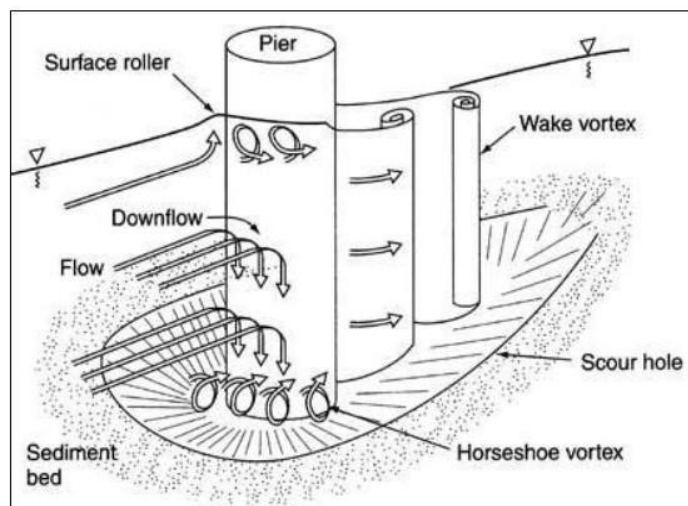


Fig. 10. Downflow del flujo alrededor de pilares de puentes. Nota. [55]

Según [32] debido a la diferencia de presiones en el contorno de los pilares, se puede observar 2 tipos de vórtices, siendo el más principal el denominado, tipo estela, que se origina cuando el flujo circula el pilar; este tipo de vórtices es de carácter inestable convirtiéndose en tornados que trasladan los sedimentos del lecho del cauce generando un foso de socavación. Por otra parte, sabemos que los fosos de socavación pueden ser generados por erosión local o general, o en algunos e los casos, por ambas formas de erosión en tipo simultaneo [55].

### **Generación de fosos por efecto exclusivo de la erosión local**

Se da cuando el flujo de la corriente que actúa en el lecho del cauce no genera un esfuerzo lo suficiente grande que supere al esfuerzo generado por las partículas del lecho, imposibilitando el inicio del movimiento, generando una erosión cuya celeridad es la mitad de la velocidad crítica, por tal motivo no se requiere de caudales enormes para poder generar un foso de socavación [39].

### **Generación de fosos por efecto combinado de la erosión general y la local**

Para este caso, El flujo de corriente puede desplazar partículas en el lecho del canal. Por lo tanto, se requieren grandes corrientes de caudal para producir este fenómeno. Como consecuencia a este fenómeno, se genera erosión local con arrastre generalizado, y erosión general en el lecho del cauce y límites del área mojada de los pilares del puente [39].

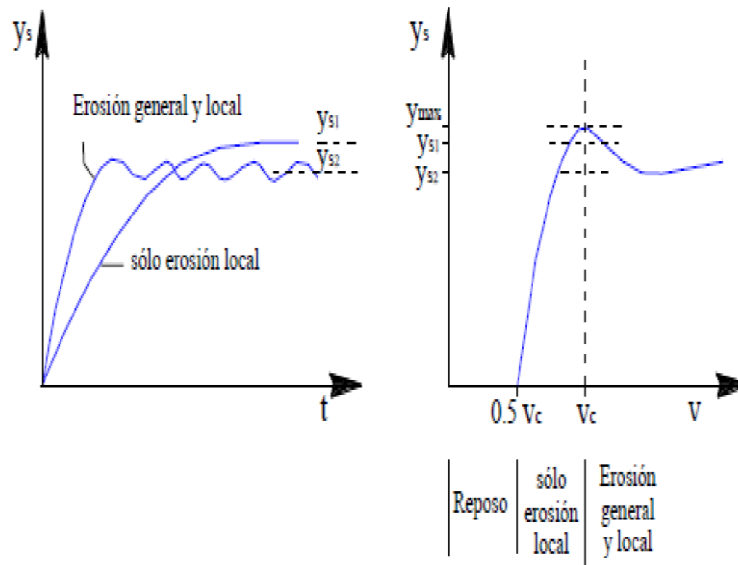


Fig. 11. Foso de socavación alrededor de un pilar. *Nota.* [39]

### Erosión en puentes

Constituye una de las principales causas del colapso de puentes, pues genera un deterioro progresivo de las estructuras en contacto con el agua. Sus efectos dependen de la intensidad de la velocidad de flujos, pendiente del área tanto aguas arriba como en aguas abajo [56]. Ante un crecimiento del cauce, se produce un incremento considerable de sedimentos, lo que produce un ensanchamiento del área del río, produciendo socavación en su lecho, así como el desplazamiento del fondo del río [57].

### Emplazamiento de un puente

El emplazamiento es de vital importancia debido a que permitirá definir el lugar exacto, propicio y más estable para la construcción de un puente; este está sujeto a la morfología del río, disposición de meandros, evidencias de erosión, entre otros aspectos morfológicos [58].

### Alineación de un puente

La alineación determinará las áreas de ataque del caudal, por tal motivo es de suma importancia en la prevención de la erosión. Teniendo en cuenta esta definición, se debe tener en cuenta no dejar oblicuariedades al momento del diseño, pues, un ligero ángulo en



los elementos de la estructura puede generar la disminución del área hidráulica, hasta el punto de llegar a confinarse [59].

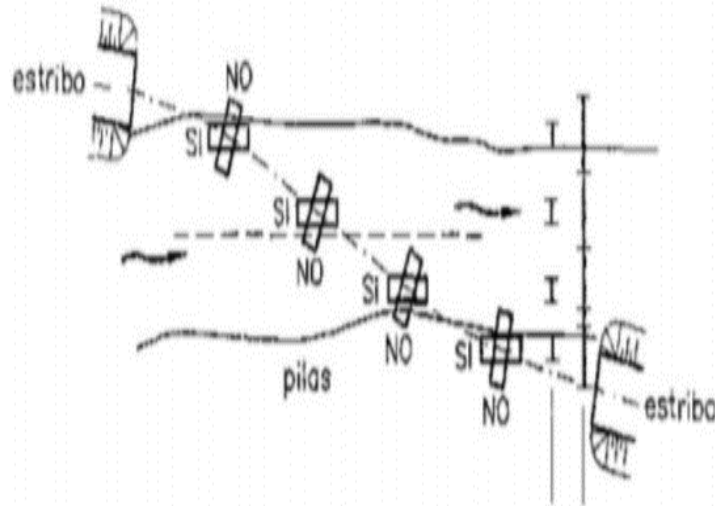


Fig. 12. Distribución y alineación de pilares y estribos en relación con el flujo del cauce.

*Nota.* [25]

### **Erosión común en las estructuras de puentes**

Según [60], podemos citar las erosiones más recurrentes:

#### **Erosión en pilares de un puente**

Los pilares constituyen las estructuras más vulnerables a la erosión, pues están en constante contacto con el flujo del cauce, rozamiento de las particulillas en suspensión, socavación, turbulencia y vorticidad. Por tal motivo los principales fallos de estos son el hundimiento y vuelco en dirección al flujo [61].

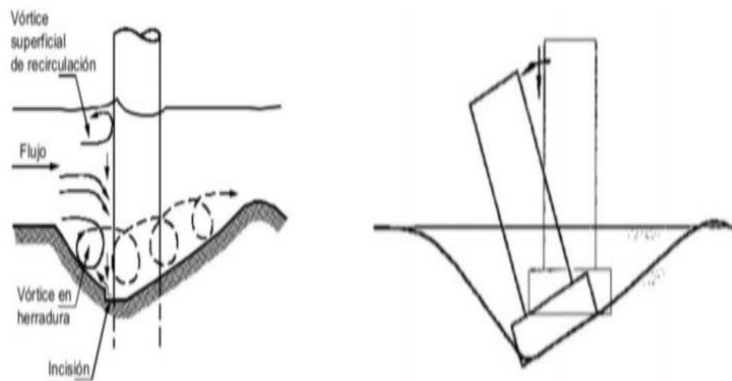


Fig. 13. Izquierda: Vuelco del pilar. Derecha: Hundimiento debido a la erosión. *Nota.* [61]

### Erosión en estribos de un puente

Debido a la generación de vórtices durante los cambios de dirección en las líneas de flujo, estos producen fosas erosionadas, justo en los pies a causa de los vórtices, y en las áreas transversales aguas abajo de los estribos a causa de los vórtices verticales [62].

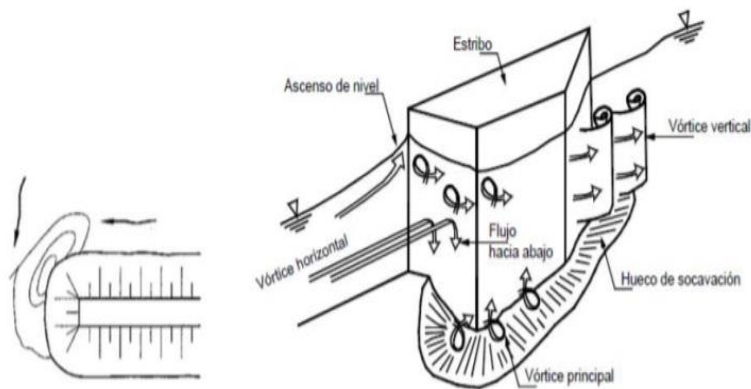


Fig. 14. Izquierda: Erosión local, vista de planta. Derecha: Líneas de flujo en un estribo.

*Nota.* [62].

### Modelamiento hidrodinámico

Los fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza son de un carácter muy complejo como para poder resolverlos mediante métodos clásicos analíticos; frente a esta problemática surge la necesidad de implementar herramientas computacionales que permitan facilitar,

reordenar, simplificar y resolver un sistema en donde existan múltiples variables, tal es el caso del modelamiento hidrodinámico [57]

Una de las principales aplicaciones del modelamiento hidrodinámico es la dinámica de flujos y transporte de sedimentos, pues en ambos aspectos, la predicción de las variables para condiciones de frontera específicos es de vital importancia al momento de establecer modelos predictivos en la planificación de obras, así como en la elaboración de planes de contingencia [56].

### **Ecuaciones de la hidrodinámica**

Teniendo como base los principios de conservación de la energía, masa y movimiento, podemos obtener las ecuaciones de Saint Venant, las cuales describen regímenes rápida y gradualmente variado [63].

A sí mismo, esta ecuación es homologa a la primer y segunda ley de fluidos termodinámicos; por tal motivo, podemos asumir que, para un fluido newtoniano, podemos representarlo y describirlo a través de las ecuaciones de Naviers Stokes, las cuales, sometiéndose a una variación temporal, podemos obtener las ecuaciones de Reynolds [64].

### **Modelos hidrodinámicos de erosión**

Estos pueden ser agrupados en tres bloques, 2 modelos hidrostáticos, uno de transporte de sedimentos acoplados y otro de carga, y un tercer modelado el cual es dinámico respecto al movimiento granular de masa. Algunos autores mencionan un tercer bloque el cual es un modelo no hidrostático referente a transporte de sedimentos en grupo o acoplados [64].

### **Modelos hidrostáticos con transporte de sedimentos por carga de fondo**

Para este tipo de modelos es usada las ecuaciones de Saint Venant con el fin de simular el flujo del cauce en un lecho de río sujeto a erosión continua, a través del perfil de velocidades [64]. Para este tipo de modelo, expresamos las ecuaciones de van Emelen:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} = S$$

Ecuación 4.Saint Venant

Donde U representa la variable de flujos, F son los flujos discretizados, y S es el termino fuente, así mismo, podemos representar a U mediante,

$$U = (h q z_b)$$

La cual se representa en forma matricial,

$$U = \left( \frac{q^2}{h} + g \cdot \frac{h^2}{2} \right)$$

$$U = \left( -g \cdot h \cdot \frac{az}{at} - \frac{tb}{p} - \frac{1}{1-e} \cdot \frac{qb}{ax} \right)$$

De las expresiones anteriores, podemos citar a las variables h que es el calado del rio, q representa el caudal del flujo por unidad de sección del rio,  $z_b$  representa el nivel vertical del lecho del rio,  $t_b$  representa la tensión de corte en el lecho, g es la aceleración de la gravedad,  $q_b^*$  constituye la carga de fondo,  $\rho$  es la densidad del fluido, en este caso es el agua, así como  $\varepsilon$  representa las propiedades referentes a la porosidad material confinado al lecho del rio [64].

Citamos la ecuación de Meyer-Peter y Müller para el cálculo de la carga de fondo teniendo como variables la densidad ( $\rho_s$ ) y el diámetro (d):

$$q_b^* = 8 \left[ \left( \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot g \cdot d^3 \right]^{1/2} \left[ \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)} - 0.047 \right]^{3/2}$$

Ecuación 5. Ecuación de Meyer-Peter y Müller para el cálculo de la carga de fondo

Y el esfuerzo de corte  $t_b$

$$\tau_b = \rho \cdot g \cdot \frac{n^2 q^2}{h^{7/3}}$$

Ecuación 6. Ecuación de Meyer-Peter y Müller para el cálculo del Esfuerzo de Corte

### Modelos hidrodinámico unidimensional: HEC-RAS

Constituye una de las herramientas de simulación más importante de las últimas décadas, predice efectos y fenómenos a nivel de la superficie de cuerpos de agua, analiza la dinámica de transporte de sedimentos en suspensión y en el lecho del cauce, realiza cálculos

hidráulicos en flujos estables e inestables, modela la tasa de cambio de la temperatura en el agua, así como la representación modelar de la calidad en un cuerpo de agua. [64]

#### **Modelos hidrodinámico bidimensional: IBER**

Esta herramienta computacional se fundamenta en los principios de conservación de masa y momento para modelar flujos turbulentos en régimen no permanente usando discretización a través del método de volúmenes finitos (Periche, 2016). Por otra parte, como sabemos, el método de volúmenes finitos usa una discretización espacial, dividiendo el dominio a través de una malla reticular triangular (Mallas no estructuradas de 3 o 4 lados) [65].

#### **Modelos hidrodinámicos tridimensionales: CCHE3D y DELFT3D**

##### **Modelo Tridimensional CCHE3D**

Esta herramienta simula flujos, turbulencias, sedimentos, y calidad de agua. Este modelo se basa en la solución de las ecuaciones de Reynolds usando mallas de elementos finitos (FEM), por lo que esta herramienta permite simular tridimensionalmente fenómenos aplicados a problemáticas de ríos, lagos, embalses, estuarios, etc. [66].

Por otra parte, este software usa superficies libres con dominios irregulares; por otra parte, realiza convergencia de flujos subcríticos y super críticos, flujos constantes e inestables, presión dinámica, transporten y dinámica de contaminantes [66].

Este software permite la simulación de fenómenos de erosión en zonas de flujo turbulento alrededor de una estructura sumergida, para ellos, las simulaciones usan la vorticidad, energía del fluido, la cizalladura y el flujo vertical ascendente para modelar los procesos de socavación de una estructura apoyada en el lecho del cauce [59].

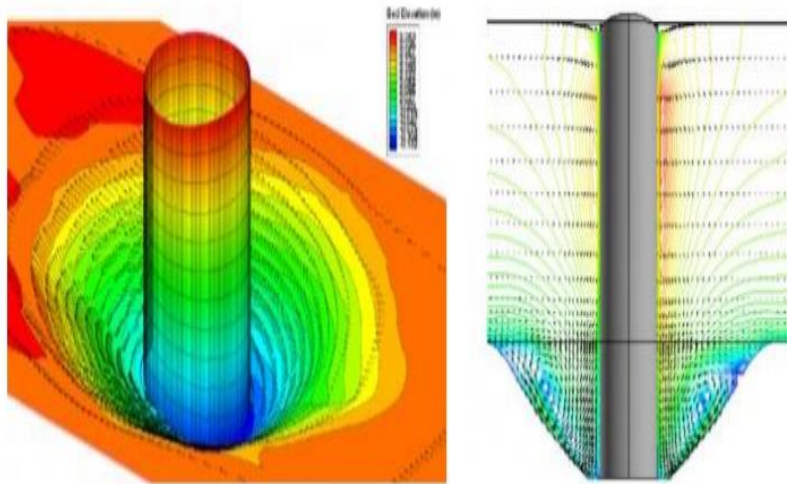


Fig. 15. Estudio de erosión en pilas mediante CCHE3D. Nota. [64]

### **Modelo Tridimensional DELFT3D**

Usado en el modelamiento tridimensional de mareas, dinámicas de cauces de ríos a través de una red rectangular limite curvilínea (Malla de trabajo). Esta herramienta se basa en el ponderado de las ecuaciones de Naviers Stokes en la dirección vertical. [63].

## II. MATERIALES Y METODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

#### Tipo

Del tipo Cuantitativa - Tecnológica, debido a que se realizarán estimaciones a través de un computador con el fin de simular y modelar el fenómeno de la erosión, flujo y transporte de sedimentos, así como la evaluación de riesgo de erosión en el pilar del puente, esta investigación se puede representar por el siguiente esquema:

$$Y_1 \rightarrow Y_2$$

donde:

$Y_1$ : Modelamiento hidrodinámico del flujo y transporte de sedimentos.

$Y_2$ : Riesgo de erosión del pilar del puente Reque.

#### Diseño

No Experimental, debido a que los cálculos se harán a través de un computador usando programas y softwares especiales.

### 2.2. Variables, Operacionalización

TABLA 1.

*Operacionalización de la variable independiente.*

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición	
Modelamiento Hidrodinámico del flujo y transporte de sedimentos	Herramienta de la dinámica de Fluidos computacional (CFD), mediante el cual se emplean modelos matemáticos para representar variables hidrodinámicas de un entorno o sistema. (Betancur et al., 2016)	Para el planteamiento y desarrollo del modelamiento hidrodinámico es necesario analizar y procesar los datos de campo tales como estudios topográficos, hidrogeológicos y EMS. (Banda Flores, 2015)	Levantamiento Topográfico	Curvas de Nivel (m.s.n.m.)	Equipo Topografico (Estacion Total) - Aeronave no Tripulada (DRON)	Modelo Digital de Elevaciones (DEM) - formato TIFF	Variable Independiente	Razon	
			Estudios Hidrológicos	Perfil Longitudinal (m)					Sección Transversal (m <sup>2</sup> )
				Caudales Máximos (m <sup>3</sup> /s)	Periodo de Retorno (años)	Datos obtenidos por la pagina oficial de SENAMHI y mediante solicitud a la oficina central PEOT (PROYECTO ESPECIAL TINAJONES) - CHICLAYO - LAMBAYEQUE MANUAL DE HIDROLOGIA , HIDRAHULICA Y DRENAJE			Caudal de Diseño para el Modelamiento Hidrahulico (m <sup>3</sup> /s)
				Precipitaciones	Temperatura				
				Calcular el caudal de diseño del puente Reque	Viento				

*Nota.* Se presenta la variable independiente que intervienen en el proyecto de investigación



TABLA 2.

Operacionalización de la variable dependiente.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Riesgos de erosión	Riesgo debido al choque del flujo contra las estructuras hidráulicas sumergidas, provocando corrientes vorticosas que causan arrastre y degradación del lecho fluvial. (Muñoz	El riesgo es determinado por fórmulas la mecánica de fluidos y de la hidráulica fluvial teniendo en consideración las condiciones de contorno del flujo y transporte de sedimentos. (Pajares Cardozo, 2017)	Calcular la erosión a través del software Hec Ras	<p>Ensayo Contenido de Humedad (%)</p> <p>Ensayo de Granulometría (%)</p> <p>Ensayo de Peso Específico de sólidos (g/cm<sup>3</sup>)</p> <p>Capacidad portante</p> <p>Limite Liquido</p> <p>Limite Plástico</p> <p>Ensayo de Corte Directo</p> <p>Sales solubles Totales</p>	Equipo de Penetracion estandar para la extraccion de Muestras (SITU), y equipos y/o instrumentos de laboratorio, NORMA E.050 SUELOS Y CIMETACIONES	Informe Estudio Mecanica de Suelos, detallando resultados como Clasificacion SUCS , AASHTO, LIMITES DE ATTERBERG, ETC	Variable Dependiente	Razon

Nota. Se presenta la variable dependiente que intervienen en el proyecto de investigación

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **Población de estudio**

Todos los puentes situados sobre el cauce del río Reque comprendidos entre los distritos de Chiclayo y Reque.

### **Muestra**

Puente del río Reque, situado en el Distrito de Reque, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

### **Muestreo**

El muestreo se ha evaluado desde el Puente Reque, 1+000 km Aguas Arriba y 1+000 km Aguas Abajo, teniendo como longitud 2+000km de estudio.

Este estudio es realizado por la técnica de muestro **no probabilística** y **por conveniencia**.

### **Criterios de selección**

Las características que reúnen para la evaluación de la erosión en el presente estudio es el Puente Reque – CRITERIO DE SELECCION POR INCLUSION.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnicas de recolección de datos**

#### **Observación directa.**

Esto se llevará cabo mediante las visitas al área de estudio, recolectando los datos necesarios que permitan el desarrollo del proyecto.

#### **Levantamiento Topográfico del área de estudio.**

Consiste en el registro de datos que conforman el relieve del terreno o cauce del río en estudio, así como las elevaciones y depresiones existentes del cauce del río Reque (1 km aguas arriba y 1 km aguas abajo) mediante el empleo de dron y estación total.

### **Estudio de mecánica de suelos.**

Consiste en la ejecución de 05 SPT (Ensayo de Penetración Estándar), tomadas de suelo del cauce del río Reque en diferentes puntos, las cuales serán llevadas al laboratorio de mecánicas del suelo con el fin de calcular las propiedades de estos.

### **Levantamiento con distanciómetro.**

Consiste en la toma de medidas de la estructura, pilares y estribos del puente, esto con el fin de recrear tridimensionalmente el área que se encuentra en contacto con el cauce del río Reque.

### **Análisis de data o trabajo de gabinete.**

Consiste en el análisis de los datos, valores (Estudios hidrológicos, hidráulicos, morfológicos) y modelados obtenidos en campo y/o simulaciones.

### **Instrumentos de recolección de datos**

#### **Guías de análisis documental: Información Hidrológica**

Data histórica y/o resumen de los valores de los caudales de la Bocatoma Monsefú – Reque

### **Software de ingeniería.**

Los softwares que usaremos en el desarrollo de esta investigación serán:

- AutoCAD 2022
- Google Earth
- ArcGIS 10.5
- HEC – RAS

### **Equipos de Topografía y de medición, herramientas**

- Dron
- Estación total
- Nivel
- Prisma
- GP

## **Validez y Confiabilidad de datos**

Determinada por el coeficiente de correlación de Pearson, el cual medirá el grado de covarianza entre las incógnitas o variables (Variables hidrodinámicas y la erosión), teniendo como indicadores:

Si  $r_{xy}=+1$ , la relación es perfectamente positiva.

Si  $r_{xy}=-1$ , la relación es perfectamente negativa.

## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

### **Fase I: Recolección de información**

En esta fase se recopilará información bibliográfica tales como libros, artículos científicos, mapas, manuales, normativas, planos, modelos matemáticos e hidrodinámicos más usados, etc.

### **Fase II: Registro de información de campo**

En esta fase se realizará las siguientes actividades:

- ✓ Registro de data hidrológica, hidrometeorológica.
- ✓ Levantamiento Topográfico.
- ✓ Registro de mediciones de las estructuras hidráulicas usando el distanciómetro.
- ✓ Extracción de muestras de suelo del lecho del río.

### **Fase III: Desarrollo del proyecto:**

- ✓ Se procederá a procesar la información correspondiente al levantamiento topográfico del lecho del río, posterior a ello se elaborará un mapa de curvas de nivel en 2D y 3D usando Civil 3D, así mismo, se georreferenciará las cotas usando Google Earth, ArcGIS y/o QGIS.
- ✓ Posterior al ensayo del SPT (Sondeo de Penetración Estándar), se llevarán las muestras al laboratorio de mecánica de suelos, con el objetivo de realizar ensayos.

✓ Se procesará la información hidrológica e hidrometeorológica con el fin de obtener las variables hidrodinámicas tales como precipitaciones pluviales, perfil de velocidades y caudales.

✓ Con los datos y variables hidrodinámicas obtenidas, se procederá a realizar un modelamiento hidrodinámico con el fin de estimar la dinámica de flujo y transporte de partículas en suspensión mediante la dinámica de fluidos computacional.

✓ Simular el transporte de sedimentos y su dinámica en las estructuras hidráulicas del puente Reque tales como pilas, estribos y cimentación.

✓ Estimar los posibles efectos a corto, mediano y largo plazo de la erosión causada por el flujo y transporte de sedimentos en los pilares del puente Reque.

✓ Proponer el modelamiento hidrodinámico como una herramienta de suma importancia en la estimación de efectos de la erosión en pilares de puentes.

#### **Fase IV: Análisis de resultados**

✓ Discusión de resultados

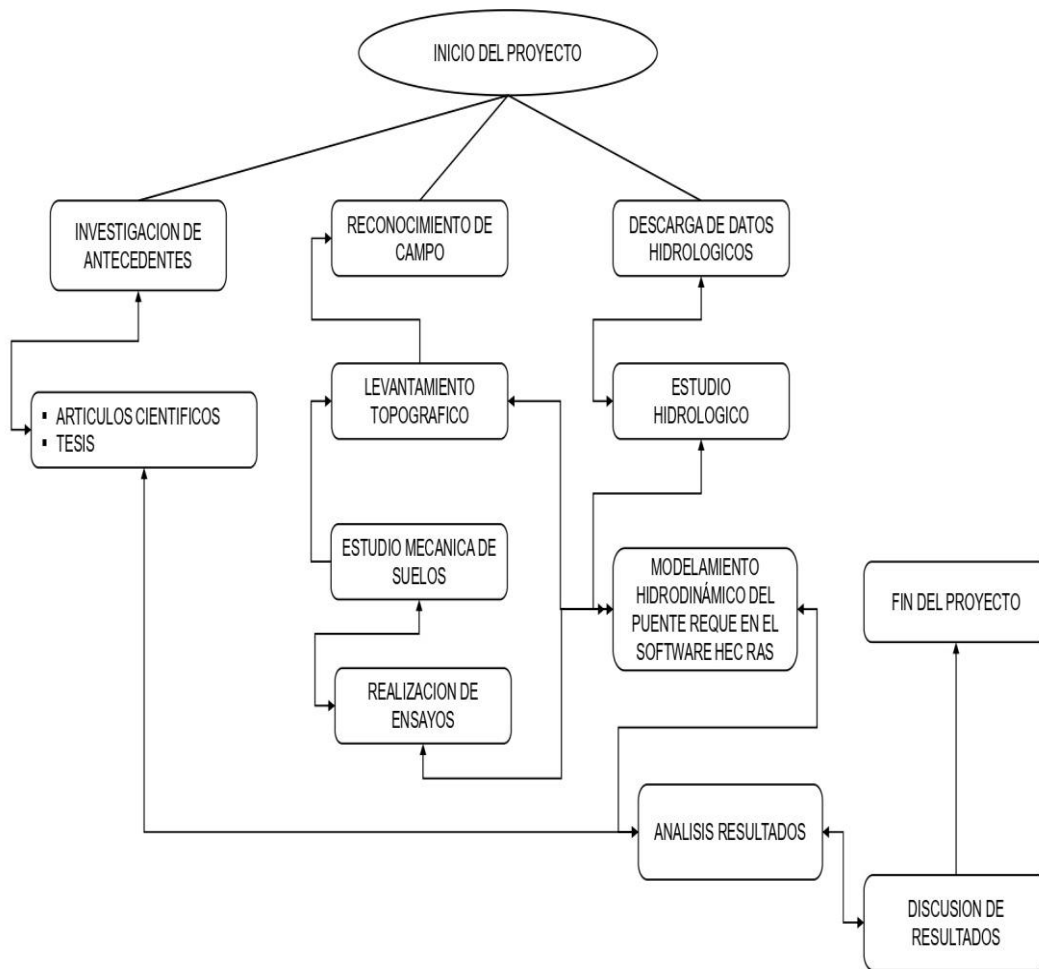


Fig. 16. Organigrama Flujo de Trabajo. *Nota.* Se presenta la secuencia de las actividades que conlleva nuestra investigación en estudio.

## 2.6. Criterios éticos

Esta investigación respeta el derecho de autoría de las fuentes consultadas, los modelos revisados, y la metodología aplicada. Se aplicará un modelo hidrodinámico teniendo en cuenta los parámetros y normativas peruanas vigentes.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Resultados

##### Estudio Topográfico

El estudio consistió en realizar el levantamiento Topográfico del Puente Reque, desde 1km aguas arriba y 1km aguas abajo teniendo 02 dos puntos de control en coordenadas UTM-WGS 1984 datum, Zone 17 North, Meter; Cent. Meridian 81d W



Fig. 17. Imagen satelital del Puente Reque. *Nota.* Se observa la imagen satelital del Puente Reque.



Fig. 18. Tramo Aguas Abajo. *Nota.* Levantamiento Aguas Debajo con Estación Total.

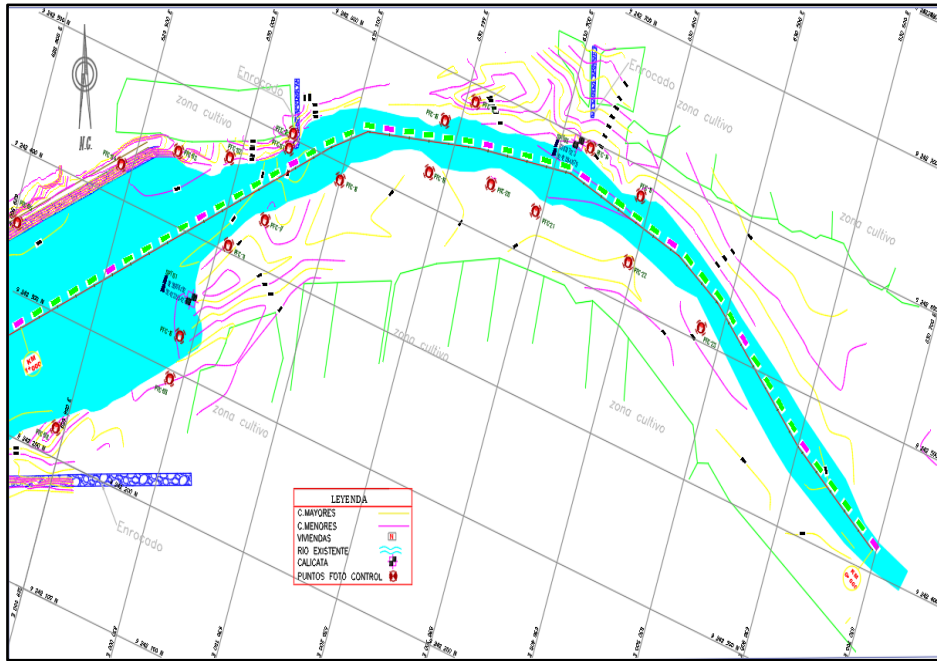


Fig. 19. Plano Planta - Topografía del rio Reque Aguas Arriba 1+000km. *Nota.* En la figura se presenta el plano Topografico de 1km aguas arriba con curvas de nivel a cada 2.50m.

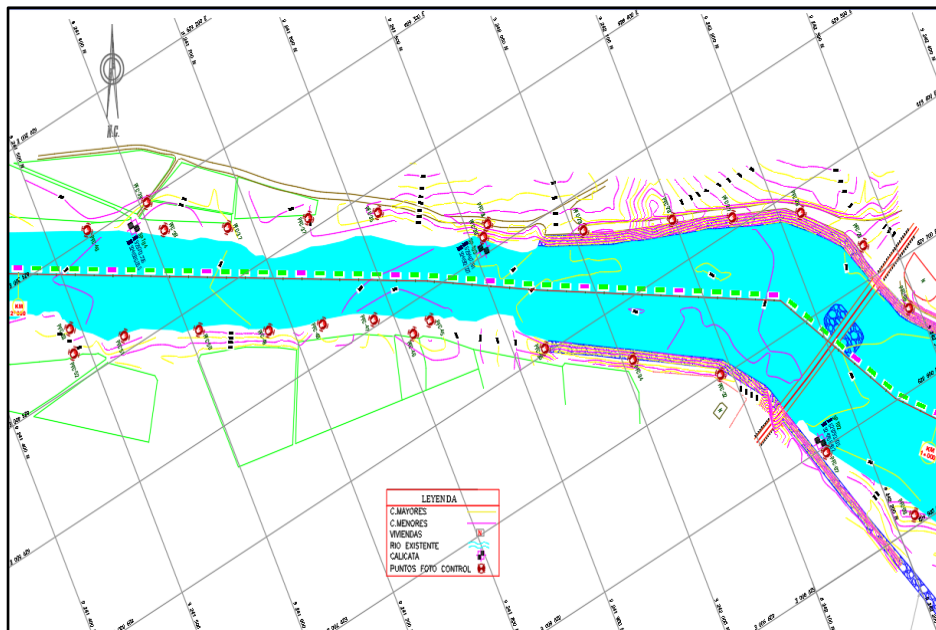


Fig. 20. Plano Planta - Topografía del rio Reque Aguas Abajo 1+000 km. *Nota.* En la figura se presenta el plano Topográfico de 1km aguas abajo con curvas de nivel a cada 2.50m.



## Estudio de mecánica de suelos (EMS)

### Distribución de calicatas para SPT

En la visita de campo, se logró percibir las zonas donde se presenta erosión y sedimentación, causados por el cambio abrupto de la topografía del río y el efecto que causa las máximas avenidas, se realizaron 05 ensayos SPT (Sondeo de Penetración Estándar), obteniendo muestras representativas y llevándolos al laboratorio para sus respectivos ensayos para hallar las propiedades físicas del suelo.

TABLA 3

*Georreferenciación de calicatas en estudio.*

SPT	Agua Arriba	Agua Abajo	(x)	(y)	df
01	Derecho	-	629988.192	9242355.427	4.90
02	Derecho	-	629793.835	9242158.402	4.90
03	-	Derecho	629487.781	9241912.327	4.90
04	-	Derecho	629313.736	9241586.055	4.90
05	Izquierdo	-	630317.123	9242594.879	4.90

*Nota.* En la tabla 4 se presenta la ubicación de las calicatas en estudio en coordenadas UTM-WGS 1984 datum, Zone 17 North, Meter; Cent. Meridian 81d W.



Fig. 21. Localización de las 05 SPT en estudio. *Nota.* En la figura se presenta la ubicación de las 05 calicatas en estudio, 03 und en aguas arriba y 02 und en aguas abajo.



Fig. 22. Extracción de Muestras. Nota. En la figura se observa la extracción de muestra SPT N°01-AGUAS ABAJO, cuya ubicación se encuentra en el Tabla N°04



Fig. 23. Realización de ensayos en el Laboratorio. Nota. En la figura 23 se observa el ensayo Granulométrico de la Calicata N°01, cuyos resultados se encuentran en la Figura N°24

## Ensayos realizados.

### Ensayo granulométrico

Se procedió a realizar el cribado de la muestra de suelo desde el tamiz 1/2 hasta el N° 200. Los resultados fueron representados en la curva granulométrica la cual se representa en la figura 20 y 21.

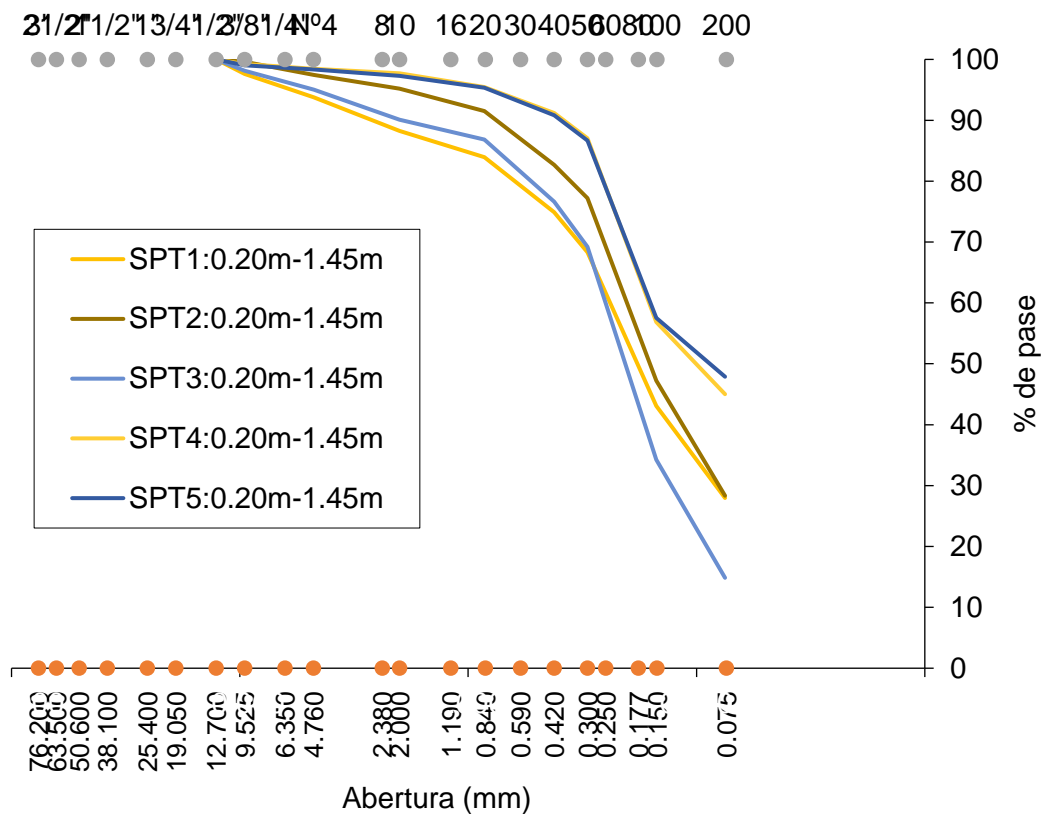


Fig. 24. Curva Granulométrica. *Nota.* En la figura 24 se aprecia la curva granulométrica de las diferentes calcatas en estudio.

### Clasificación de suelos y límites de Atterberg

Luego de realizar el cribado y granulometría de la muestra de suelo, se procedió a obtener los límites de atterberg y clasificar el tipo de suelo según SUCS y AASHTO.

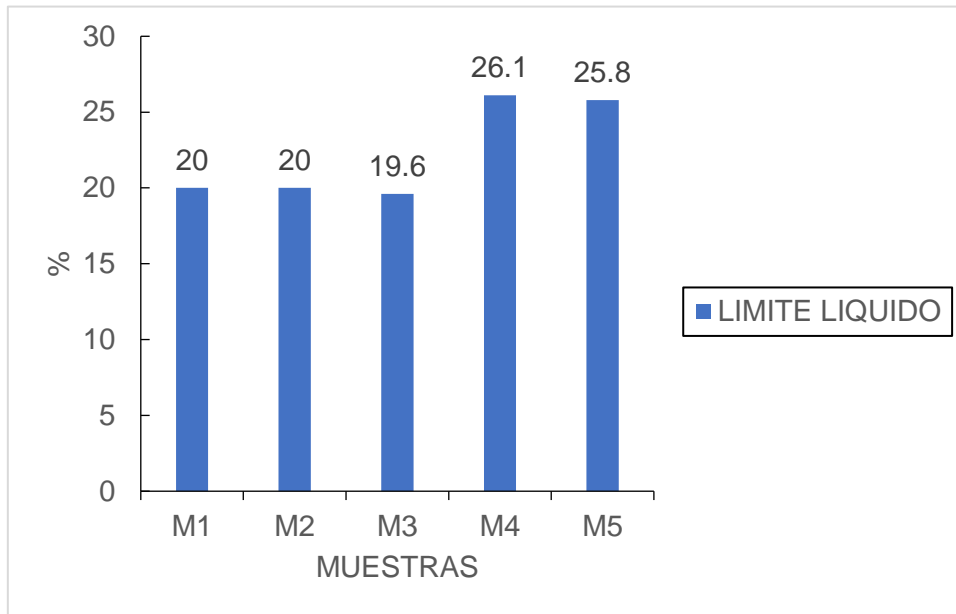


Fig. 25. Grafica Limite Liquido. *Nota.* En la figura 25 se presenta los diferentes límites líquidos de las calicatas en estudio, teniendo como valor máximo de 26.10 % y valor mínimo de 20.00%.

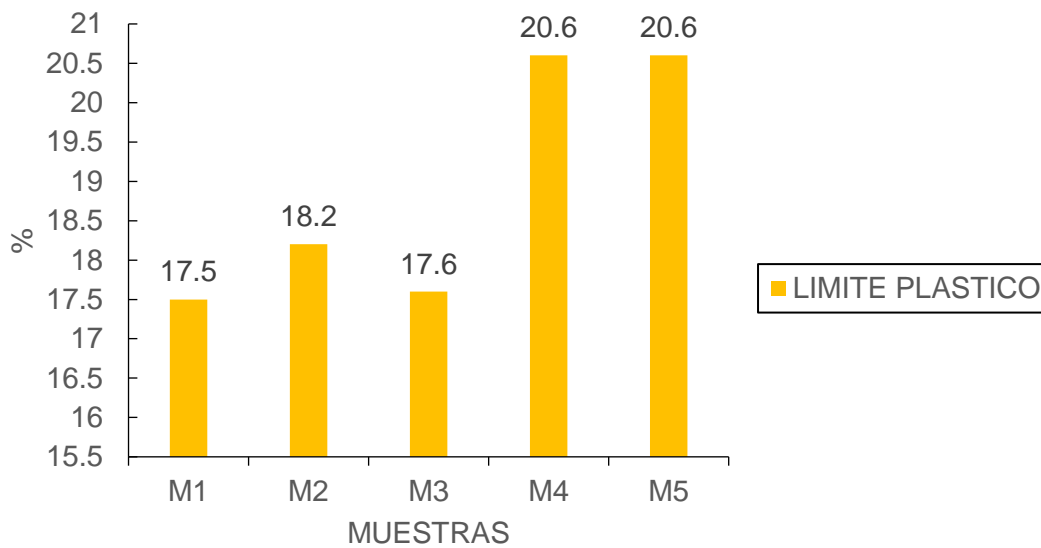


Fig. 26. Grafica Limite Plástico. *Nota.* En la figura 26 se presenta los diferentes límites plásticos de las calicatas en estudio, teniendo como valor máximo de 20.60 % y valor mínimo de 17.50%.

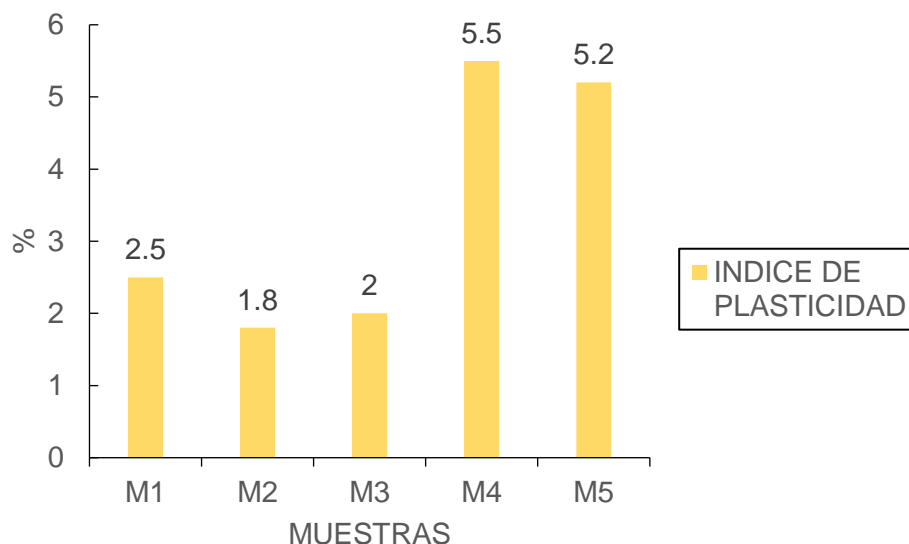


Fig. 27. Grafica Índice de Plasticidad. *Nota.* Se observa los índices de plasticidad de las diferentes calicatas en estudio observando un valor máximo de 5.5% y un mínimo de 1.8%.

TABLA 4  
Clasificación SUCS Y AASHTO

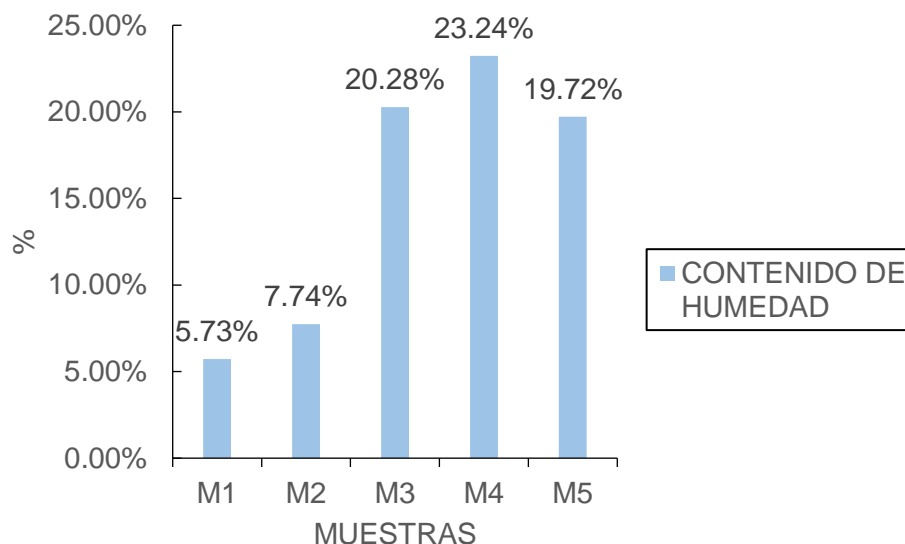
CALICATA / MUESTRA	SPT1-M1	SPT2-M1	SPT3-M1	SPT4-M1	SPT5-M1
	(SM)	(SM)	(SM)	(SM-SC)	(SM-SC)
Clasificación SUCS	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Arenas limosas, mezclas de arena y limo
Clasificación AASHTO	Suelo Arcilloso Plástico	Suelo Arcilloso Plástico	Suelo Arcilloso Plástico	Suelo Arcilloso Plástico	Suelo Arcilloso Plástico

*Nota.* Se observa que las muestras en estudio presentan suelos con arenas limosas (CLASIFICACION SUCS) y un suelo arcilloso plástico (CLASIFICACION AAHTO).

## Ensayo contenido de humedad

TABLA 5

Grafica Contenido de Humedad



*Nota.* Se observa según ensayo el máximo contenido de humedad de 23.24% y el mínimo 5.73%

## Ensayo Corte Directo – ASTM D3080-72 y Capacidad Portante

TABLA 6

Valores del ensayo corte directo

CALICATA / MUESTRA	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5
Cohesión (kg/Cm <sup>2</sup> )	0.02	0.02	0.03	0.39	0.37
Angulo de fricción interna (°)	35.02	35.00	34.50	12.80	13.00
Capacidad de carga admisible - q <sub>adm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.65	0.67	0.66	0.86	0.86

*Nota.* Se muestra la capacidad portante en las diferentes calicatas en estudio, por lo cual se considera una capacidad portante intermedia.

## Determinación de la cantidad de concentración de Sal (NTP 339.152)

TABLA 7

Valores de porcentaje de sal.

CALICATA / MUESTRA	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5
Sales Totales	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

*Nota.* Se observa que en todas las calicatas muestreadas no presentan sales.

### Estudio hidrológico

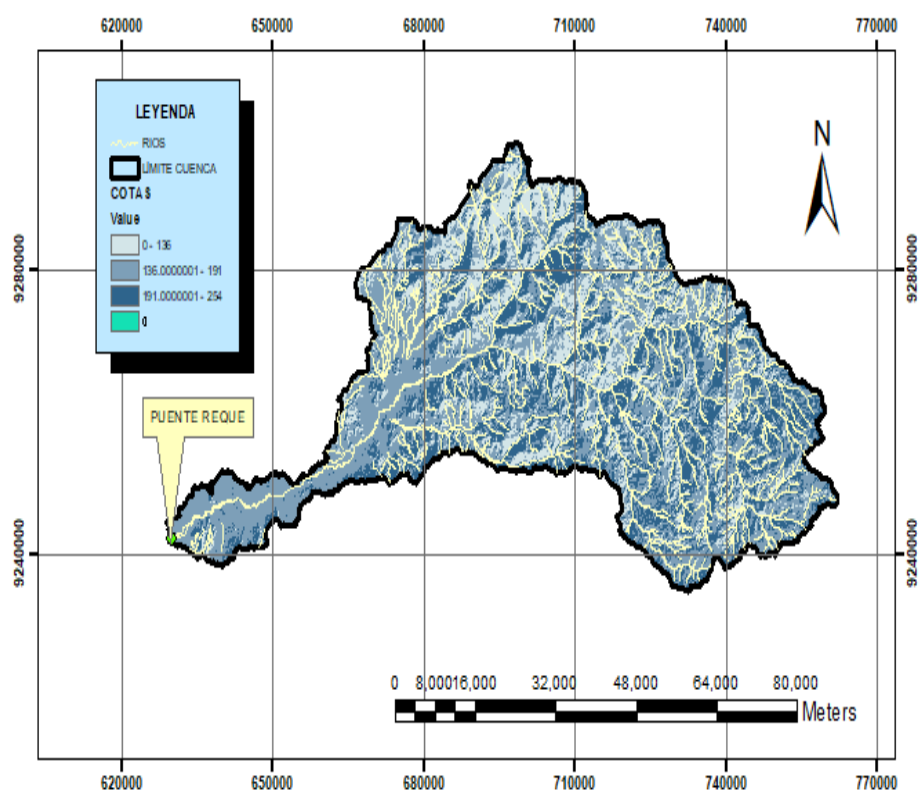


Fig. 28. Delimitación de la Microcuenca. *Nota.* Se observa en la imagen la limitación de la microcuenca, tomando como referencia el punto de concentración el Puente Reque, dicha cuenca se delimito con el Programa ARGIS 10.8.

## Parámetros morfológicos de la cuenca

TABLA 8

Parámetros Morfológicos de la Cuenca.

IT	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
01	Área Total de la Cuenca	A	Km <sup>2</sup>	3674.34
02	Perímetro de la Cuenca	P	Km	438348.02
03	Longitud de Rio Principal	L	Km	221.65
04	X Centroide	x	m	7012232.77
05	Y Centroide	y	m	9265254.61
06	Ancho Promedio de la Cuenca	H	km	16.58
07	Coefficiente de Compacidad	Kc	-	2039.29
08	Factor de Forma	F	-	0.0748
09	Altitud Máxima	Zmáx	m.s.n.m.	252.00
10	Altitud Mínima	Zmin	m.s.n.m.	7.00
11	Pendiente del Cauce Principal	SC	m/m	0.004

*Nota.* Se observa parámetros de la cuenca obtenidos mediante el software Argis, cuyo dato como pendiente será usado para el modelamiento en el Programa HEC-RAS.



## Análisis hidrológico

La Estación Meteorológica en estudio fue Ordinaria Reque, localizada en el distrito de Eten, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Esta estación es del tipo Convencional Meteorológica, con código 106046, y coordenadas Latitud  $6^{\circ}53'10.07''\text{S}$ , Longitud  $79^{\circ}50'7.8''\text{W}$ , altitud 13 msnm.

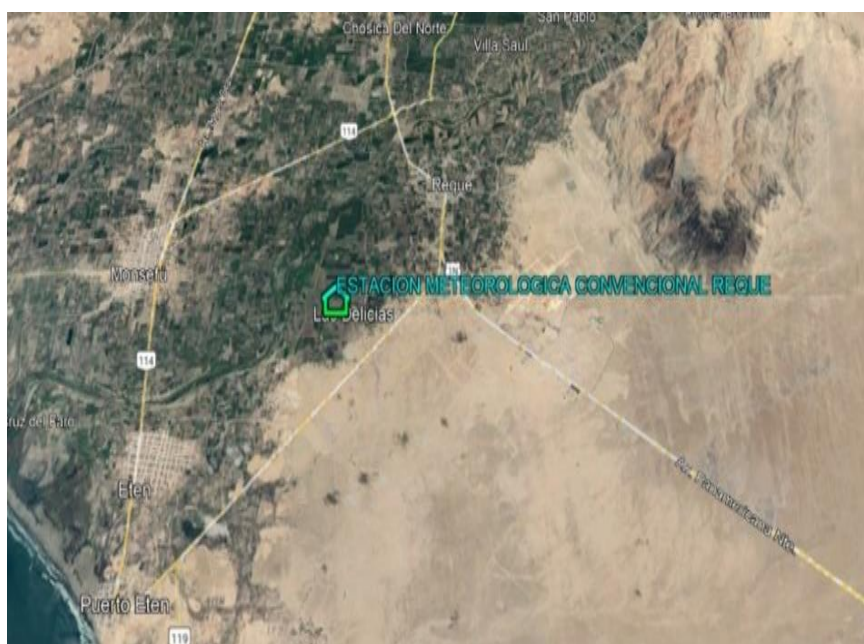


Fig. 29. Estación meteorológica ordinaria Reque. *Nota.* En imagen satelital se observa la estación Ordinaria Reque, la cual fue usada para la extracción de datos Meteorológicos.

Por tanto, el estudio hidrológico comprende, el cálculo de caudales máximos de diseño para la determinación de los caudales de escorrentía superficial.

El procedimiento seguido en el estudio fue el siguiente:

- ✓ Selección de las estaciones pluviométricas e hidrométricas.
- ✓ Recopilación de data pluviométrica e hidrometeorológicos.
- ✓ Análisis estadístico de la información.
- ✓ Cálculos de caudales máximos por el método racional.

Los resultados obtenidos del análisis correspondiente a los periodos 2, 5, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años serán la base fundamental para las obras de arte que permitan evacuar

los escurrimientos superficiales que se producen en las cuencas colectoras por la presencia de moderadas precipitaciones lo que posibilita mitigar daños en las estructuras viales.

### Recolección y análisis de información meteorológica

TABLA 9

Registro histórico de la estación meteorológica ordinaria Reque (1965-2021)

Año	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Promedio (mm)	Año	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Promedio (mm)
1965	5	0	2.5	1994	8.4	0	4.2
1966	1	0	0.5	1995	1.5	0	0.75
1967	5.5	0	2.75	1996	2	0	1
1968	1.5	0	7.5	1997	17.5	0	8.75
1969	4.5	0	2.25	1998	60.4	0	30.2
1970	4	0	2	1999	10.2	0	5.1
1971	24	0	12	2000	9.2	0	4.6
1972	10.5	0	5.25	2001	6	0	3
1973	2.2	0	1.1	2002	7.3	0	3.65
1974	5.4	0	2.7	2003	3	0	1.5
1975	4	0	2	2004	7	0	3.5
1976	2.4	0	1.2	2005	2.5	0	1.25
1977	2.4	0	1.2	2006	4.3	0	2.15
1978	4.7	0	2.35	2007	7.5	0	3.75
1979	0.5	0	0.25	2008	11	0	5.5
1980	0	0	0	2009	4.4	0	2.2
1981	7.1	0	3.55	2010	10.6	0	5.3
1982	3.7	0	1.85	2011	8.2	0	4.1
1983	56	0	28	2012	15.4	0	7.7
1984	4	0	2	2013	9.7	0	4.85
1985	0	0	0	2014	7.6	0	3.8
1986	7	0	3.5	2015	13.5	0	6.75
1987	4	0	2	2016	8.1	0	4.05
1988	2.3	0	1.15	2017	52.1	0	26.05
1989	2.4	0	1.2	2018	19.9	0	9.95
1990	1.6	0	0.8	2019	5.2	0	2.6
1991	2.4	0	1.2	2020	21	0	10.5
1992	0	0	0	2021	15.5	0	7.75
1993	5.3	0	2.65				

*Nota.* Los datos pluviométricos y de caudal fueron obtenidos a través de la recolección de datos de la Estación Meteorológica Ordinaria Reque del SENAMHI.

### **Análisis estadístico de datos hidrológicos**

#### **Prueba de datos dudosos**

TABLA 10

Resumen de precipitaciones máximas.

Año	Máximo (mm)	Año	Máximo (mm)
1965	5	1995	1.5
1966	1	1996	2
1967	5.5	1997	17.5
1968	1.5	1998	60.4
1969	4.5	1999	10.2
1970	4	2000	9.2
1971	24	2001	6
1972	10.5	2002	7.3
1973	2.2	2003	3
1974	5.4	2004	7
1975	4	2005	2.5
1976	2.4	2006	4.3
1977	2.4	2007	7.5
1978	4.7	2008	11
1979	0.5	2009	4.4
1981	7.1	2010	10.6
1982	3.7	2011	8.2
1983	56	2012	15.4
1984	4	2013	9.7
1986	7	2014	7.6
1987	4	2015	13.5
1988	2.3	2016	8.1
1989	2.4	2017	52.1
1990	1.6	2018	19.9
1991	2.4	2019	5.2
1993	5.3	2020	21
1994	8.4	2021	15.5

*Nota.* Se observa los datos ya procesados mediante el método de Water Resources Council que permite realizar el descarte de los datos hidrológicos que estadísticamente no pertenecen al conjunto de datos obtenidos del Senamhi.

### **Métodos estadísticos para la determinación de la precipitación máxima**

Para determinar la precipitación máxima se tuvo que relacionar los eventos con su frecuencia de ocurrencias mediante una distribución de probabilidad a través de métodos de distribución estadísticas, las cuales son Distribución Normal, Log-Normal de 2 o 3 parámetros, Gamma de 2 o 3 parámetros, Log-Pearson tipo III, Gumbel y Log-Gumbel.

### **Análisis de la demanda**

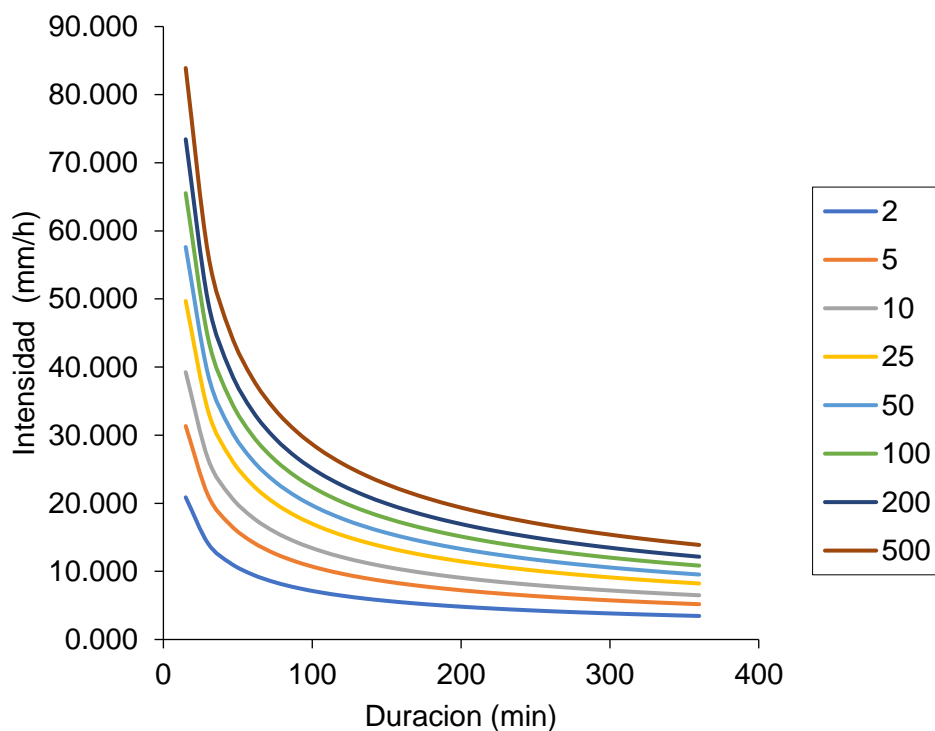


Fig. 30. Curvas IDF. *Nota.* Se grafica la evolución temporal de las precipitaciones en diferentes periodos de retorno mediante las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).

Considerando finalmente para el proyecto una precipitación para un período de retorno de  $Tr = 40$  años, debido a que es una obra hidráulica y  $Tr = 500$  años, para el cálculo de socavación en puentes.

TABLA 11

Distribuciones de mejor ajuste por los diferentes métodos estadísticos

DESCRIPCION	VALOR
Normal	0.2555
Log. Normal 2 parámetros	0.0566
Log. Normal 3 parámetros	0.0546
Gamma 2 parámetros	0.1227
Gamma 3 parámetros	NSA
Log Pearson tipo III	0.06146
Gumbel	0.2212
Log Gumbel	0.1028

*Nota.* Se observa valores de las distribuciones estadísticas calculadas mediante el programa HIDROESTA 2, teniendo como valor 0.0546 que es la que más se ajusta.

### Análisis de frecuencias

TABLA 12

Análisis de frecuencias para el método de Log normal 3 parámetros

Periodo de retorno	$P=(1/T)$	w	Z=Kt	Precipitación proyectada (mm)	Q (m <sup>3</sup> /s)
2	0.5	1.18	0	5.88	5.88
5	0.2	1.79	0.84	13.35	13.35
10	0.1	2.15	1.28	20.51	20.51
25	0.04	2.54	1.75	32.39	32.4
50	0.02	2.8	2.05	43.52	43.53
100	0.01	3.03	2.33	56.75	56.77
200	0.01	3.26	2.58	72.36	72.38
500	0	3.53	2.88	97.13	97.17

*Nota.* Según el Manual de hidrología hidráulica y drenaje del MTC se precisa determinar las regresiones en diferentes periodos de retorno.

TABLA 13

Normalización de datos UNI-SENAMHI

Tiempo	Intensidad (mm)	Precipitación (mm)	Incremento de precipitación (mm)	Hietograma IILA-S-UNI	Hietograma normalizado	Incremento de precipitación (mm)	Precipitación acumulada (mm)	Intensidad normalizada (mm/h)
15	83.904	20.976	20.976	1.563	1.822	24.453	24.453	97.812
30	56.676	28.338	7.362	1.647	1.92	8.582	33.035	66.071
45	45.054	33.791	5.452	1.746	2.035	6.356	39.392	52.522
60	38.284	38.284	4.494	1.863	2.172	5.238	44.63	44.63
75	33.742	42.177	3.893	2.004	2.336	4.538	49.168	39.335
90	30.433	45.65	3.473	2.18	2.541	4.049	53.217	35.478
105	27.891	48.809	3.159	2.406	2.805	3.682	56.899	32.514
120	25.86	51.721	2.912	2.713	3.162	3.395	60.294	30.147
135	24.193	54.434	2.713	3.159	3.682	3.162	63.456	28.203
150	22.792	56.98	2.547	3.893	4.538	2.969	66.425	26.57
165	21.595	59.387	2.406	5.452	6.356	2.805	69.231	25.175
180	20.557	61.672	2.289	20.976	24.453	2.664	71.895	23.965
195	19.647	63.852	2.18	7.362	8.582	2.541	74.436	22.903
210	18.84	65.939	2.087	4.494	5.238	2.433	76.869	21.963
225	18.118	67.944	2.004	3.473	4.049	2.336	79.206	21.122
240	17.468	69.874	1.93	2.912	3.395	2.25	81.456	20.364
255	16.879	71.736	1.863	2.547	2.969	2.172	83.627	19.677
270	16.342	73.538	1.802	2.286	2.664	2.1	85.728	19.051
285	15.849	75.284	1.746	2.087	2.433	2.035	87.763	18.476
300	15.396	76.979	1.695	1.93	2.25	1.976	89.739	17.948
315	14.976	78.626	1.647	1.802	2.1	1.92	91.659	17.459
330	14.587	80.23	1.604	1.695	1.976	1.869	93.529	17.005
345	14.225	81.793	1.563	1.604	1.869	1.822	95.351	16.583
360	13.886	83.318	1.525	1.525	1.778	1.778	97.128	16.188

Nota. Mediante el método de bloques alternos, utilizado para zonas donde no se cuenta con registros pluviográficos, se realizó mediante la propuesta por IILA-UNI-SENAMHI, que permite determinar la intensidad normalizada.

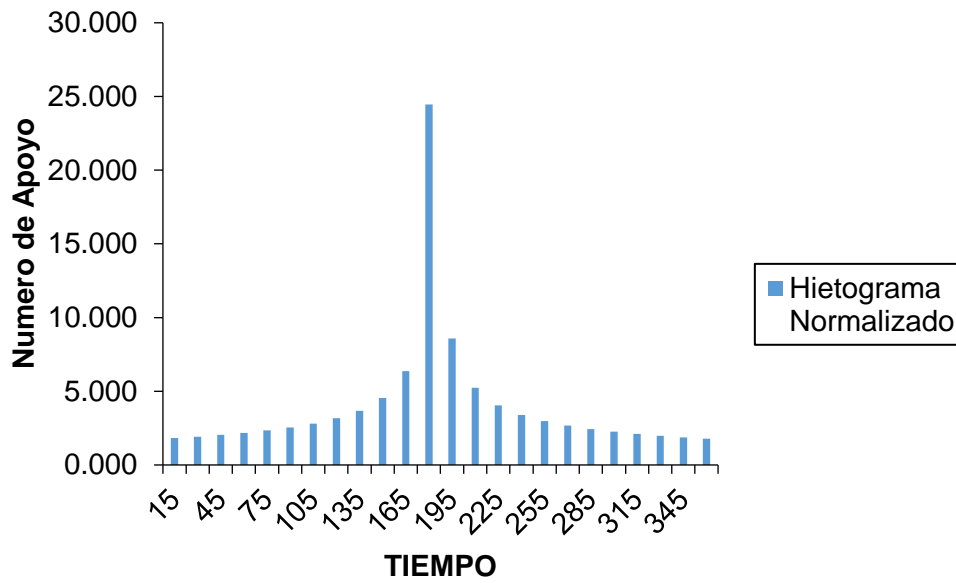


Fig. 31. Hietograma normalizado (mm/h). *Nota.* Se Gráfica la intensidad de precipitación en función del tiempo

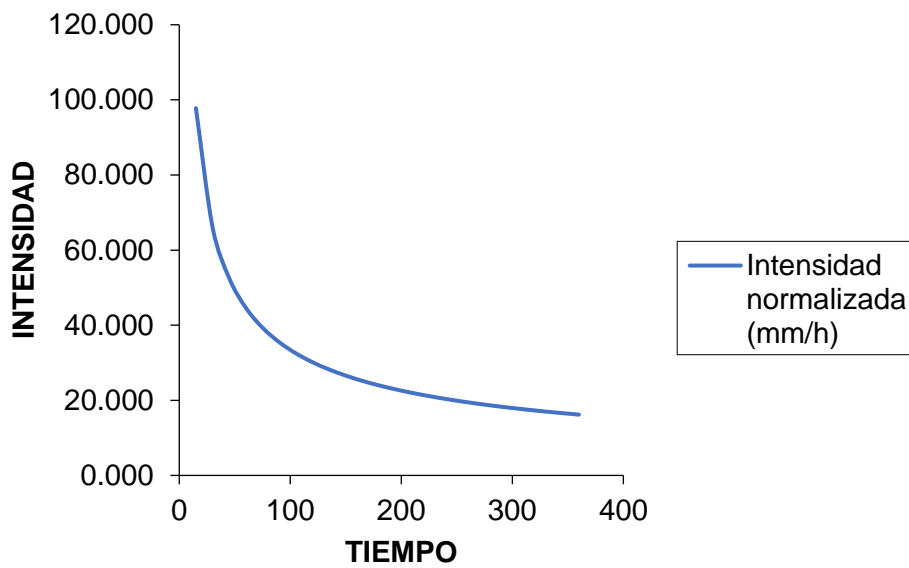


Fig. 32. Intensidad normalizada (mm/h). *Nota.* La intensidad de precipitación es la cantidad de agua que se precipita por unidad de tiempo.

TABLA 14

Caudales

CAUDALES REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN DE AFORO BOCATOMA MONSEFÚ-REQUE					
AÑO	CAUDAL	UND	AÑO	CAUDAL	UND
1998	498.5	m3/s	2010	128.6	m3/s
1999	40.28	m3/s	2011	62.73	m3/s
2000	24.541	m3/s	2012	217.37	m3/s
2001	265.416	m3/s	2013	144.32	m3/s
2002	32.457	m3/s	2014	20.47	m3/s
2003	48.684	m3/s	2015	176.199	m3/s
2004	112.365	m3/s	2016	148.607	m3/s
2005	154.567	m3/s	2017	369.911	m3/s
2006	6.4	m3/s	2018	34.875	m3/s
2007	30.37	m3/s	2019	226.484	m3/s
2008	502.68	m3/s	2020	31.413	m3/s
2009	337.21	m3/s	2021	217.088	m3/s

Nota. Caudales excedentes al mar registrado en Bocatoma Monsefú - Reque – Eten, información brindada por el PEOT (Proyecto Especial Olmos Tinajones)

### Modelación hidráulica

Para el presente modelamiento hidráulico se utilizó el software Hec-Ras v 6.1.0.

### TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Modelo digital de elevación a la herramienta Ras Mapper

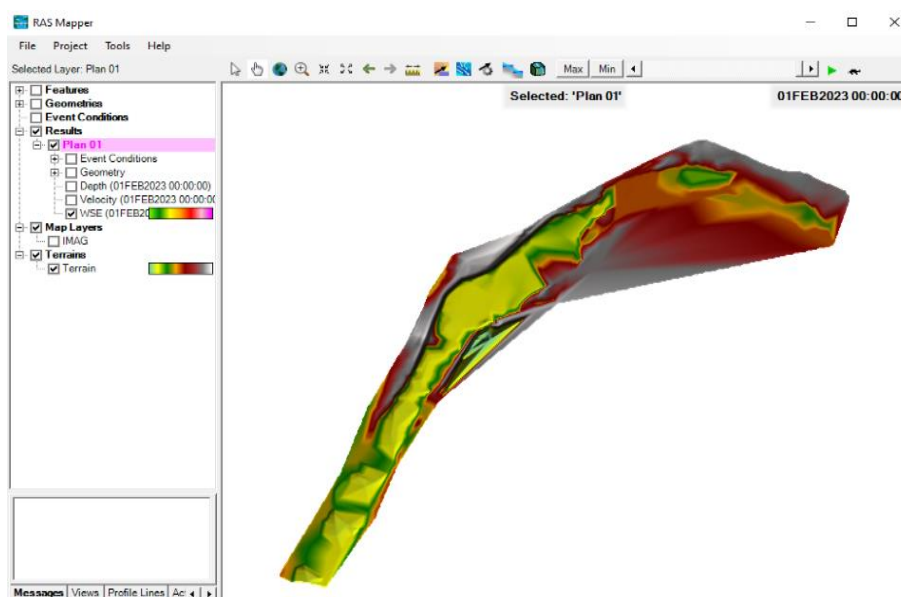




Fig. 33. Modelo digital de elevación de la progresiva 0+000.00 a 2+000.00 del rio Reque.

*Nota.* Se observa el modelo digital de elevaciones que ha sido obtenida mediante el procesamiento de la data topográfica.

### Trazo de la Geometría del Rio Reque

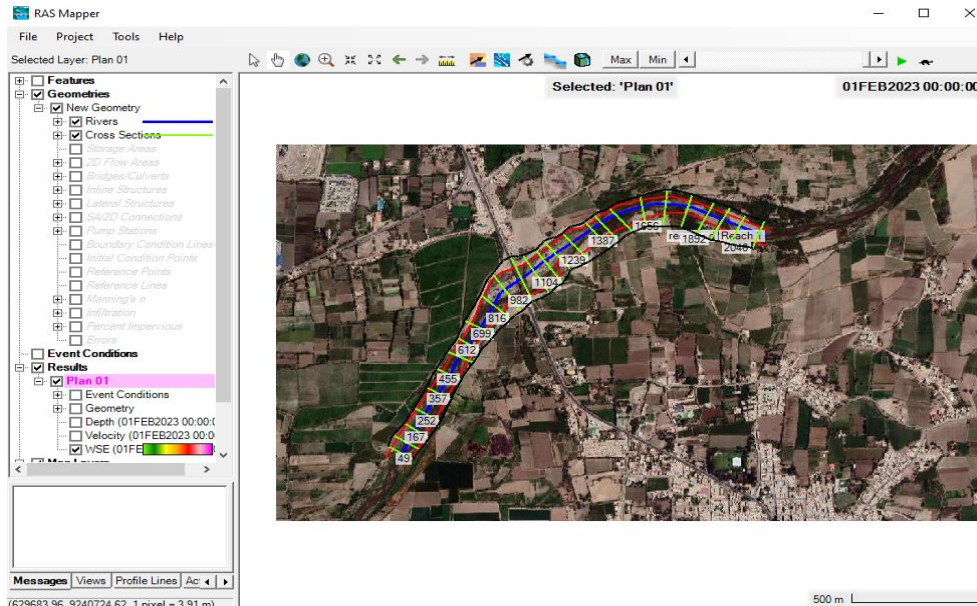


Fig. 34. Software HEC-RAS – RAS MAPPER. *Nota.* Se observa el trazo realizado sobre imagen satelital, la línea azul (eje del rio), línea roja (borde del rio), línea verde (secciones transversales)

### Ingreso de Coeficientes de Manning

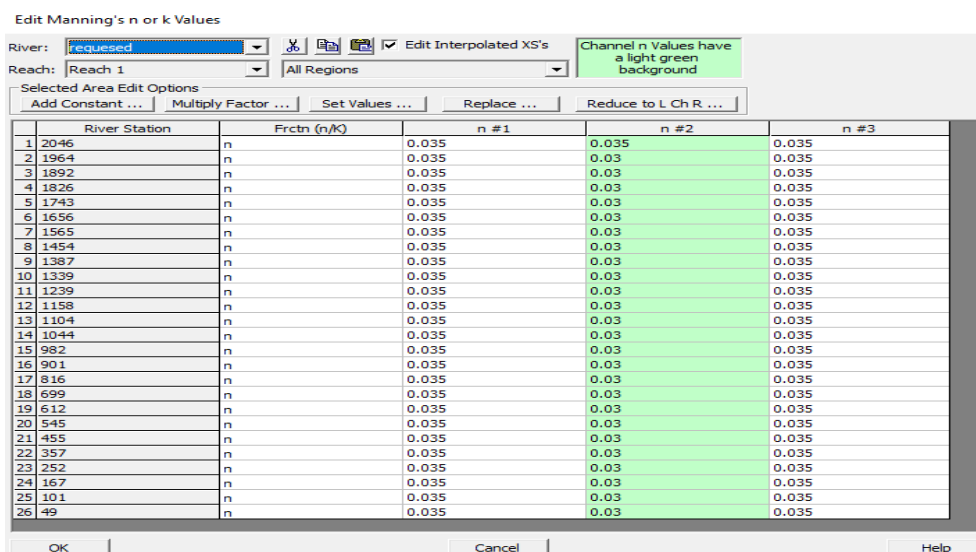


Fig. 35. Coeficientes de Manning de cada una de las secciones transversales. *Nota.* Se observa los valores de Manning para el margen derecho (N#1), margen izquierdo (N#3) y para el eje del río Reque (N#2), de las 26 secciones transversales.

### Ingreso de caudal mediante la herramienta Quasi-Unsteady Data-QASSII

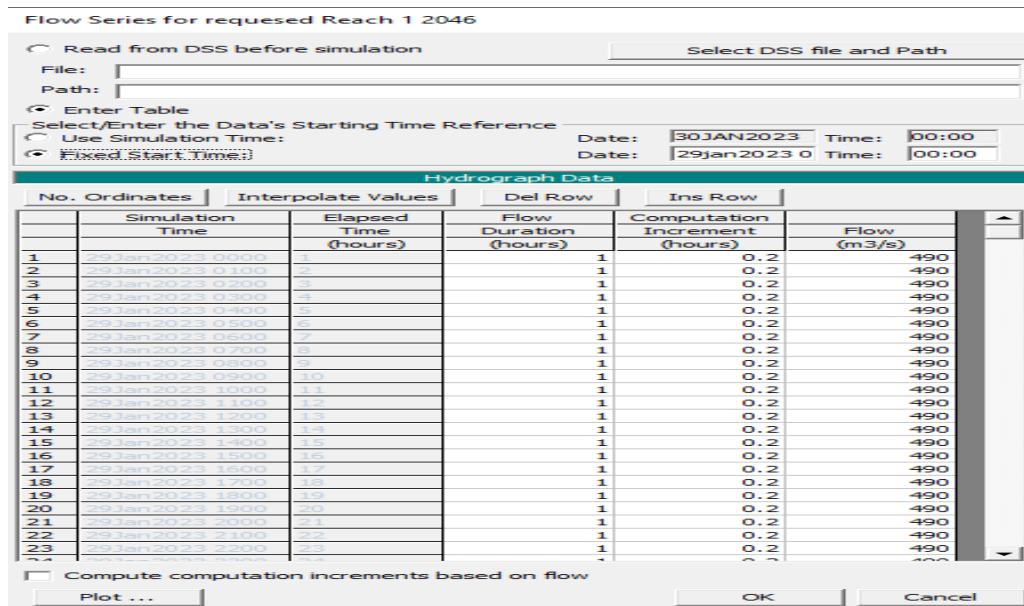


Fig. 36. Series de flujo. *Nota.* Se ingresa el caudal de diseño para el transporte de sedimentos, 490 m³/s, con un incremento de 0.2 horas.

### Condiciones físicas para el transporte de sedimentos

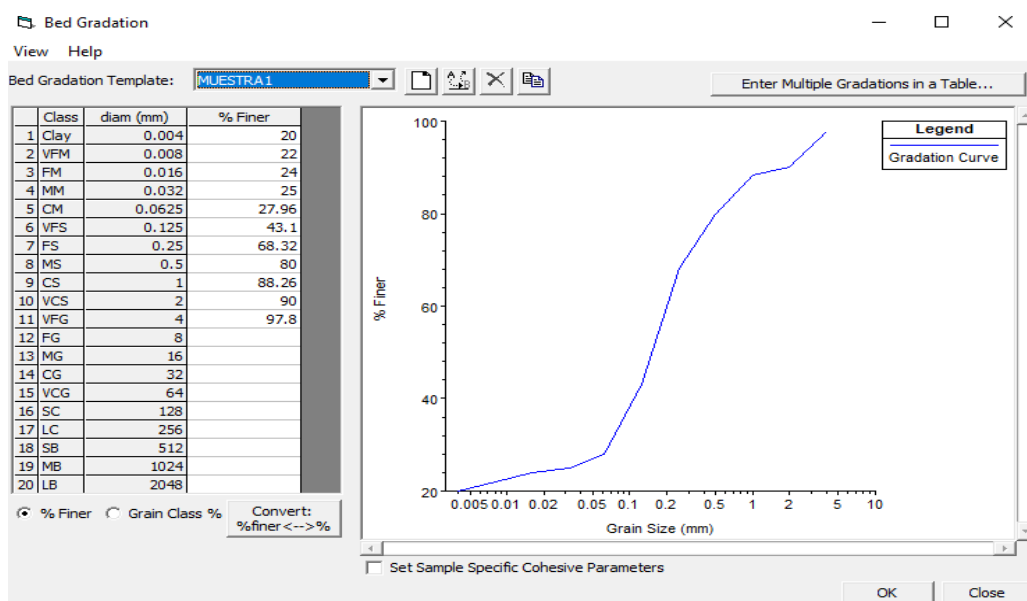


Fig. 37. Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 1. *Nota.*  
 Los valores ingresados, corresponden al estudio de mecánica de suelos SPT 01.

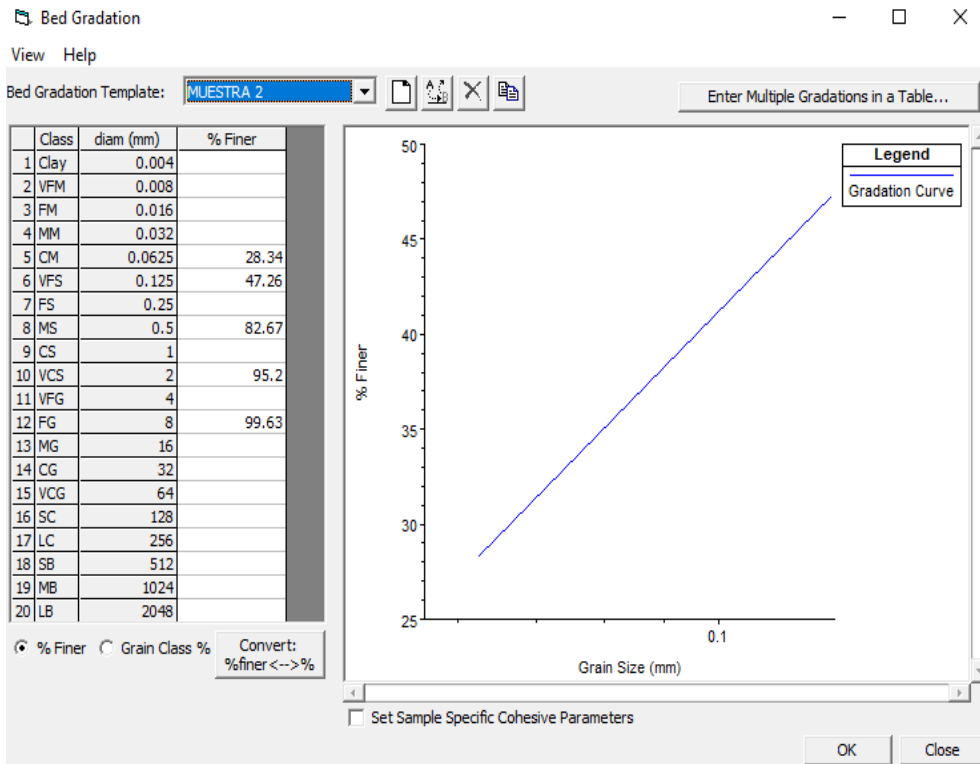


Fig. 38. Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 2. *Nota.*  
 Los valores ingresados, corresponden al estudio de mecánica de suelos SPT 02.

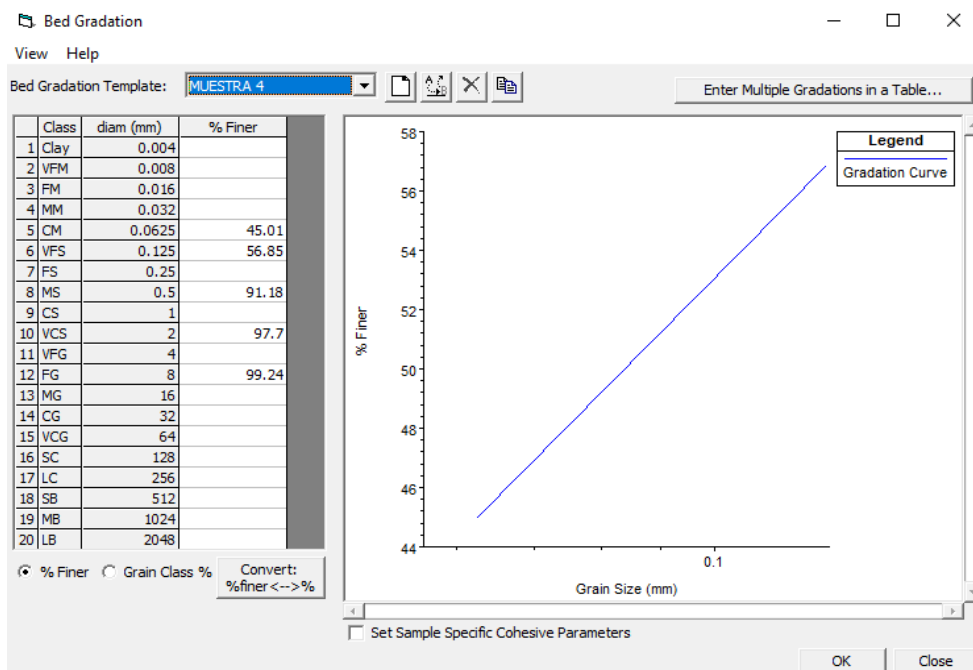


Fig. 39. Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 4. *Nota.*

Los valores ingresados, corresponden al estudio de mecánica de suelos SPT 04.

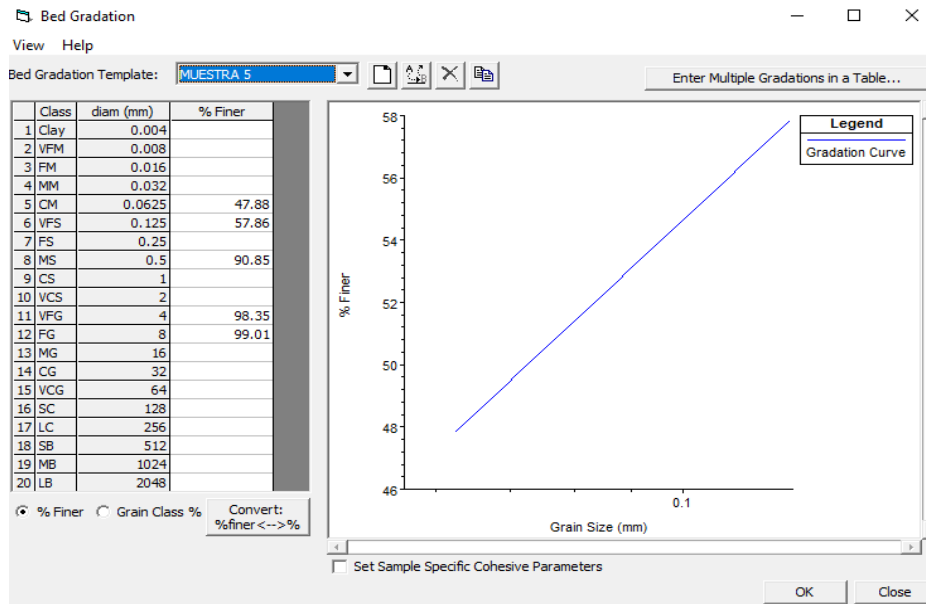


Fig. 40. Condiciones de granulometría para el transporte de sedimentos-Muestra 5. *Nota.*

Los valores ingresados, corresponden al estudio de mecánica de suelos SPT 05

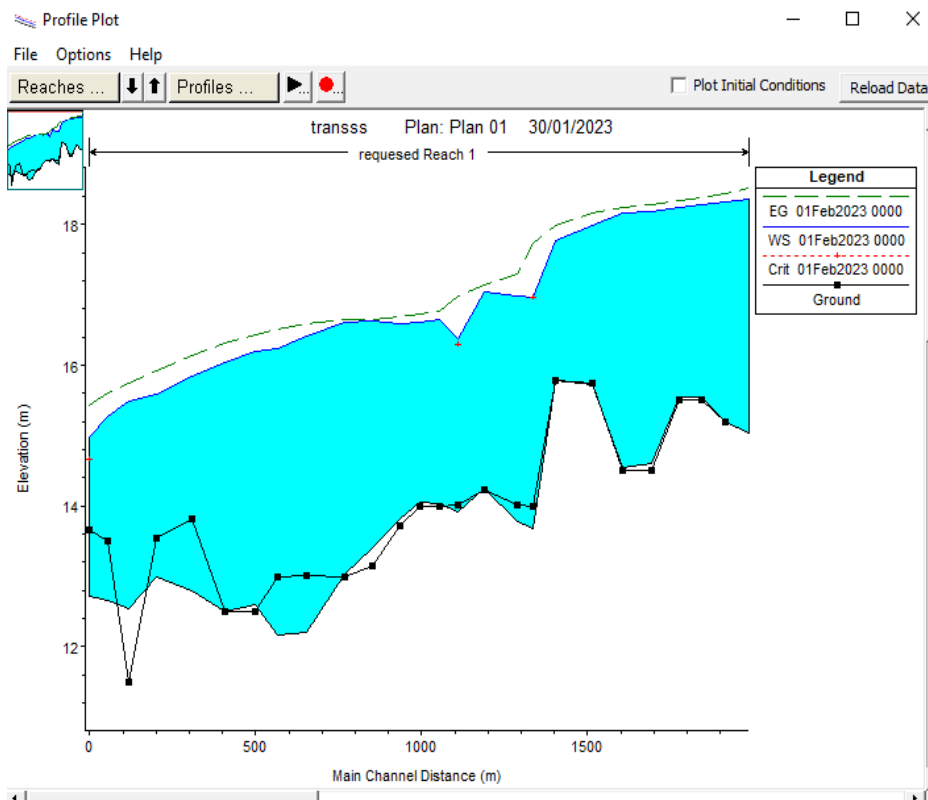


Fig. 41. Perfil longitudinal del fondo del río Reque antes de la simulación vs después de la simulación de transporte de sedimentos *Nota.* Se muestra la línea azul, que representa el perfil longitudinal del espejo de agua para un caudal de 490 m<sup>3</sup>/s, se muestra una línea con puntos de color negro, que representa el perfil original del terreno y la línea negra sin puntos que representa las zonas de erosión y sedimentación producidas en el río Reque, erosión son las áreas que están por debajo de la línea del perfil del terreno (línea con puntos negros) y la sedimentación son las áreas donde el perfil de sedimentación está por encima de la línea del perfil del terreno del río Reque.

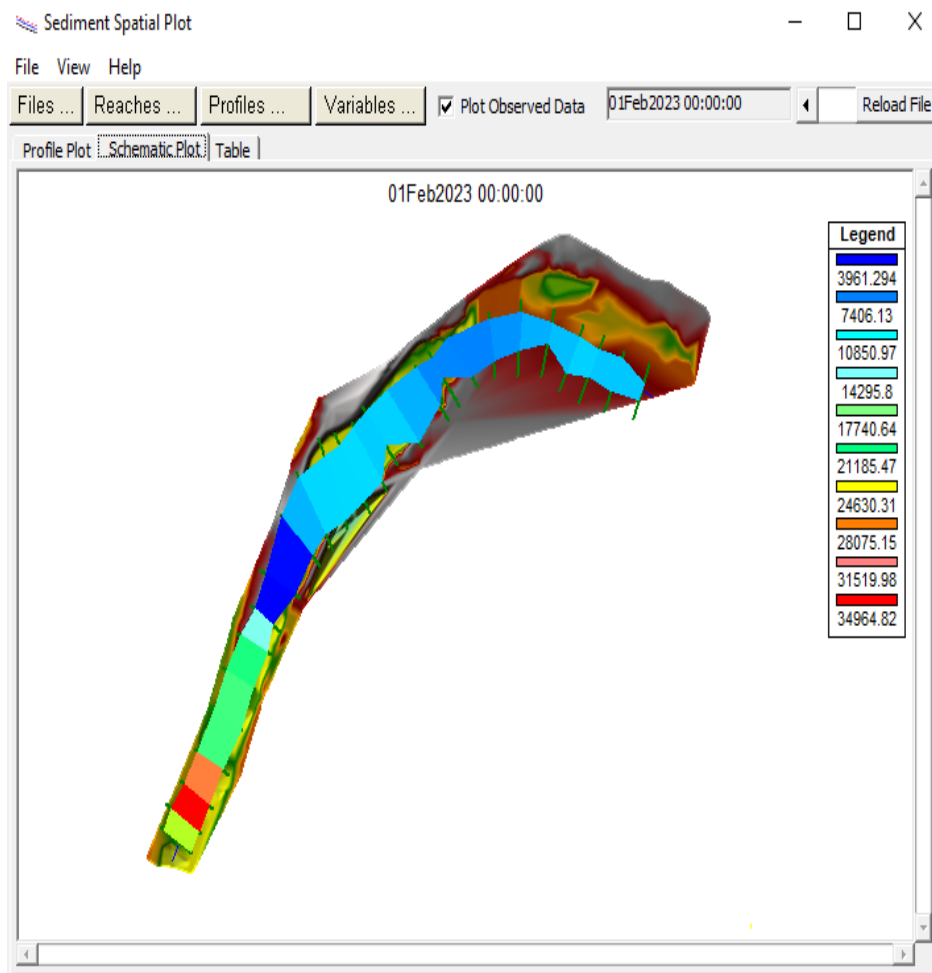


Fig. 42. Modelamiento del transporte de sedimentos. *Nota.* Se observa el depósito de los sedimentos transportados a la margen izquierda del río Reque, con una masa acumulada máxima de 34964.82 toneladas.

Sediment Spatial Plot

File View Help

Files ... Reaches ... Profiles ... Variables ...  Plot Observed Data 01Feb2023 00:00:00 Reload File

Profile Plot | Schematic Plot | Table

	River	Reach	RS	Ch Dist	Mass In Cum: All (tonnes)
1	requesed	Reach 1	2046	81.90006	9318.841
2	requesed	Reach 1	1964	71.99986	9318.841
3	requesed	Reach 1	1892	65.69994	9607.062
4	requesed	Reach 1	1826	83.49996	9109.713
5	requesed	Reach 1	1743	87.39988	8677.506
6	requesed	Reach 1	1656	91.30009	7941.389
7	requesed	Reach 1	1565	110.7	7476.219
8	requesed	Reach 1	1454	66.60002	7557.077
9	requesed	Reach 1	1387	47.60001	7627.47
10	requesed	Reach 1	1339	99.60011	8765.106
11	requesed	Reach 1	1239	80.50012	9611.688
12	requesed	Reach 1	1158	53.99989	9500.349
13	requesed	Reach 1	1104	59.89991	9885.896
14	requesed	Reach 1	1044	61.70005	9836.817
15	requesed	Reach 1	982	80.60009	9803.324
16	requesed	Reach 1	901	84.69996	8898.377
17	requesed	Reach 1	816	116.7	4209.286
18	requesed	Reach 1	699	87.49985	3961.294
19	requesed	Reach 1	612	67.30015	14764.96
20	requesed	Reach 1	545	90.00012	20458.63
21	requesed	Reach 1	455	98.50008	19430.19
22	requesed	Reach 1	357	105.5001	19548.58
23	requesed	Reach 1	252	85.09985	29705.94
24	requesed	Reach 1	167	65.49999	34964.82
25	requesed	Reach 1	101	51.80015	23631.5
26	requesed	Reach 1	49	0	30196.99

Fig. 43. Valores de la masa acumulada en toneladas en cada sección. *Nota.* Se presenta la masa acumulada en cada sección transversal a lo largo del río Reque dando como acumulado un total de 30196.99tn.

Figura 1

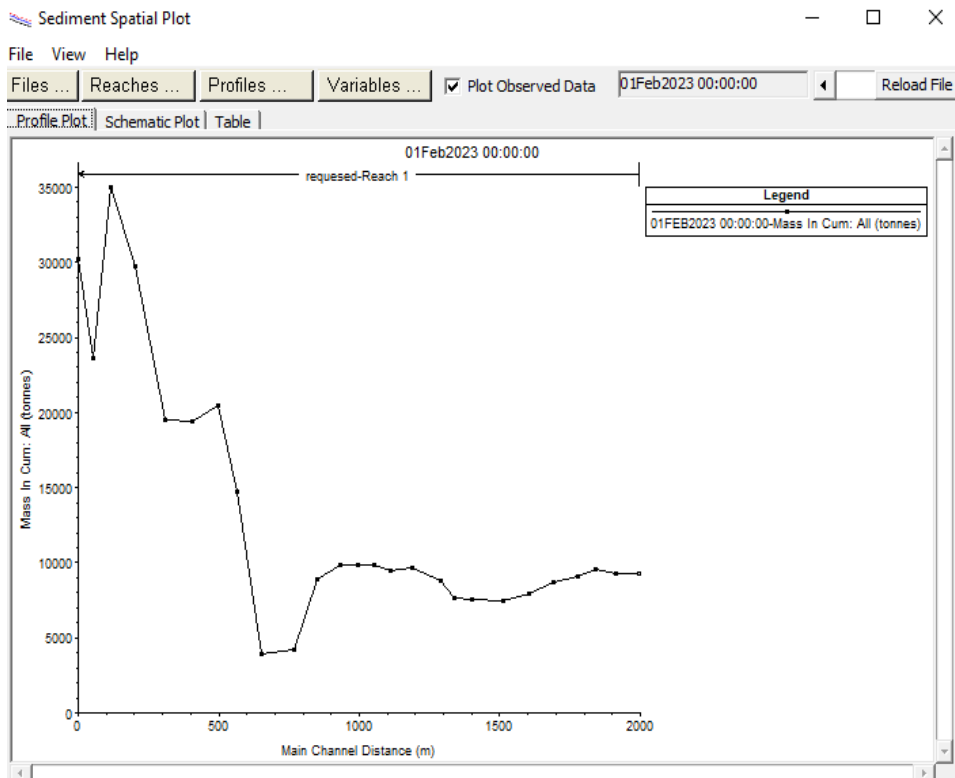


Fig. 44. Gráfica del transporte de sedimentos- masa acumulada vs distancia. Nota. Se observa el depósito de los sedimentos transportados a la margen izquierda del río Reque, con una masa acumulada máxima de 34964.82 toneladas.

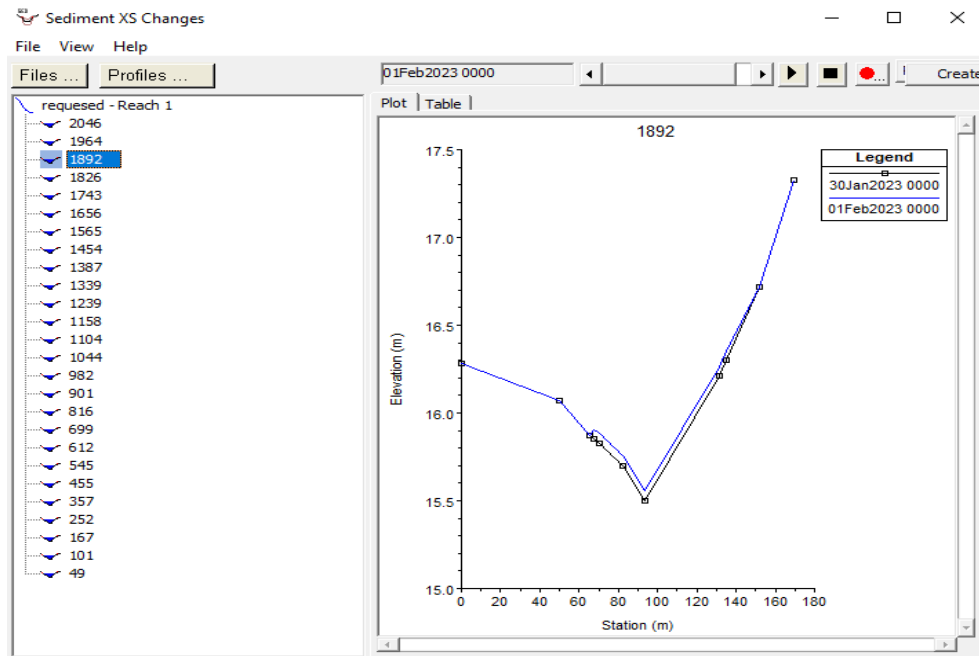


Fig. 45. Estación 1892, perfil de sedimentación de la sección. Nota. En la Figura se muestra el perfil de la sección 3, con una masa acumulada de 9607.062 toneladas-se observa la sedimentación.

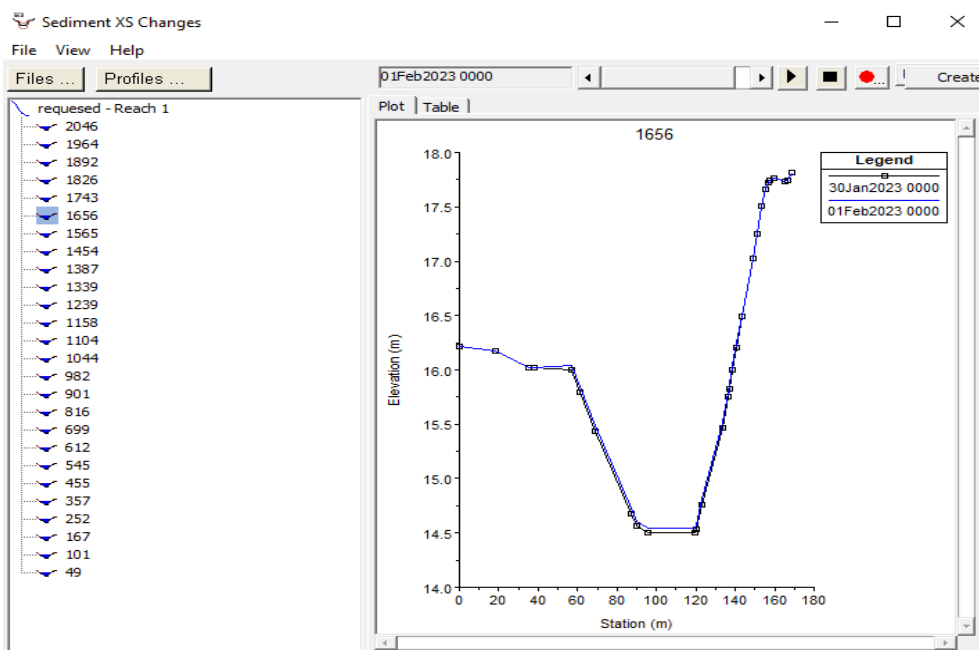


Fig. 46. Estación 1656, perfil de sedimentación de la sección. *Nota. En la Figura se muestra el perfil de la sección 6, con una masa acumulada de 7941.389 toneladas, se observa la sedimentación.*

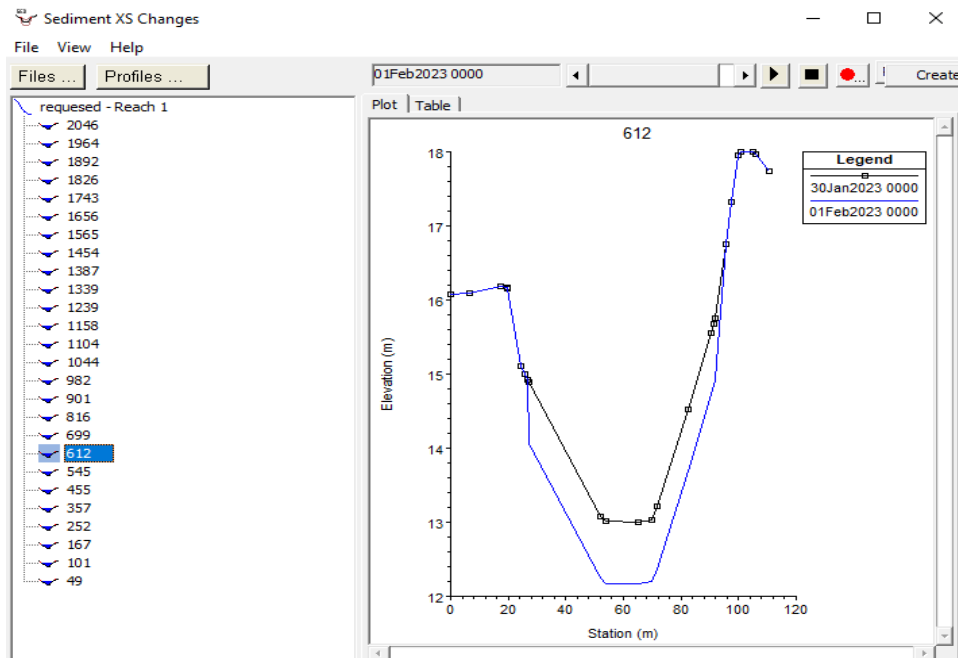


Fig. 47. Estación 612, perfil de sedimentación de la sección. *Nota. En la Figura se muestra el perfil de la sección 19, con una masa acumulada de 14764.960 toneladas, se observa la erosión.*

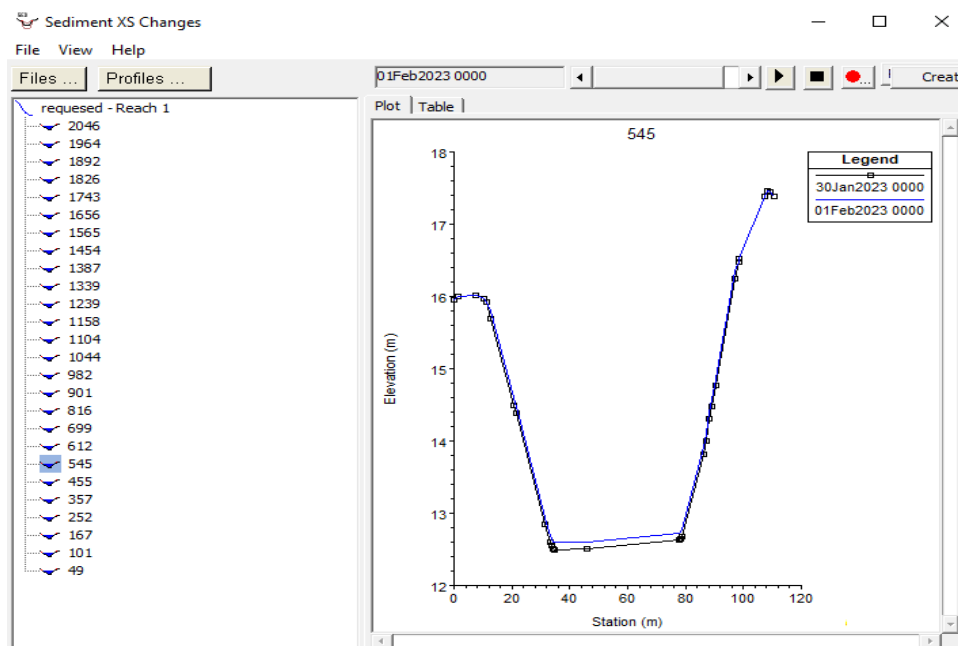




Fig. 48. Estación 545, perfil de sedimentación de la sección. *Nota. En la Figura se muestra el perfil de la sección 20, con una masa acumulada de 20458.63 toneladas, se observa la sedimentación.*

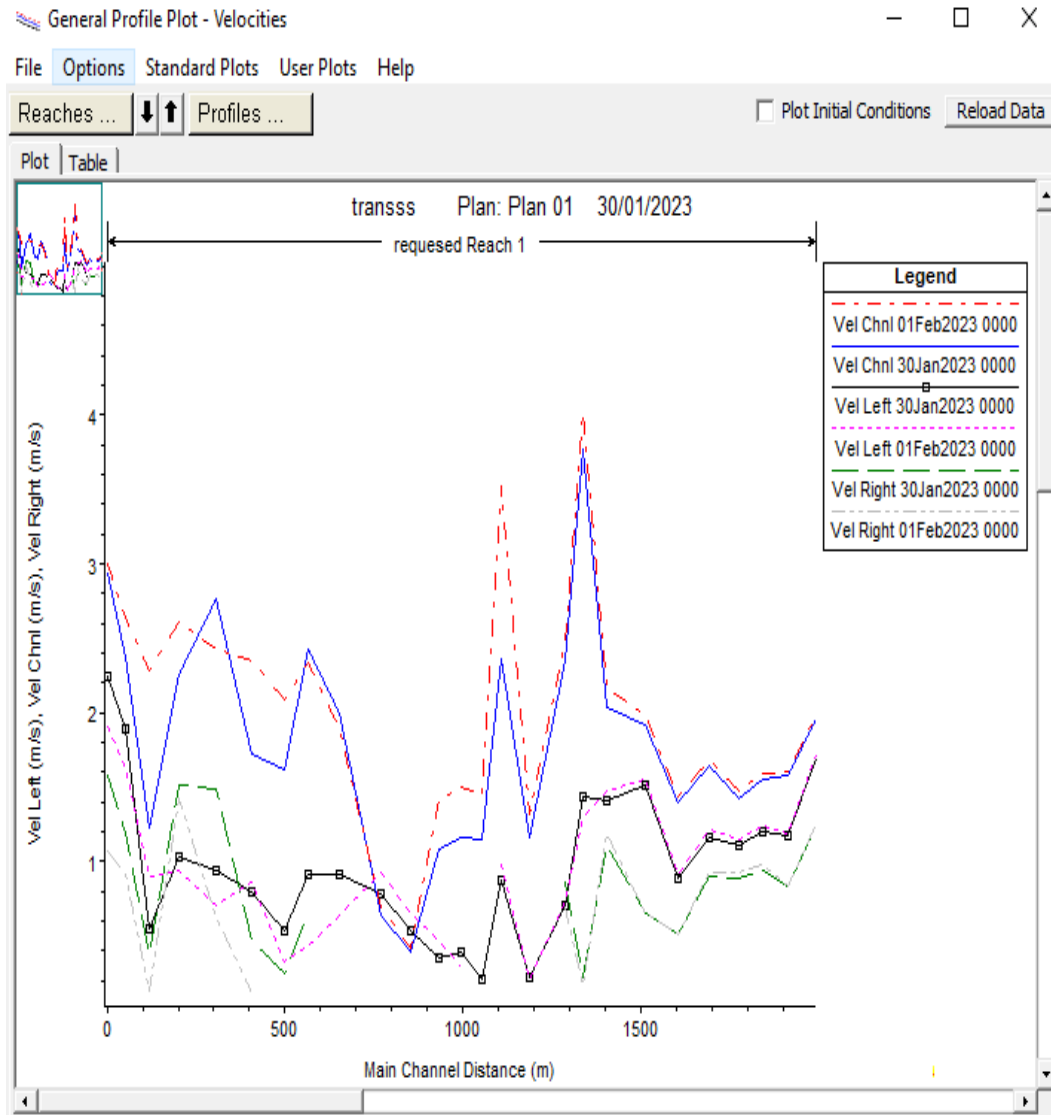


Fig. 49. Perfil de velocidades del rio Reque. *Nota. Se observa en la Figura el perfil de las velocidades en el margen izquierdo (línea de color rojo), velocidades en el margen derecho (líneas de color negro) las velocidades en el eje del rio Reque (Líneas de color azul), obteniendo velocidades máximas de 4 m/s.*

## Socavación en el puente Reque

### Geometría del puente Reque con la sub herramienta Brdg/Culvert Data

**Bridge Design Editor**

**Deck/Roadway**

Elev of High Chord (Top of Road):

Elev of Low Coord:

Add Vertical Walls in Deck  
Opening Width (Blank for Chan)

Add Sloping Abutments  
Side Slope  H : 1 V

**Piers**

Number of Piers:

Upstream XS Starting Station:

Downstream XS Starting Station:

Pier Centerline Spacing:

Pier Width:

Fig. 50. Editor de datos geométricos Geometry Data- Bridge Design Editor-Hec Ras. *Nota.* Se observa en la Figura los datos ingresados, la cota máxima donde se encuentra la parte superior de pista a 22.5 m.s.n.m., la luz del puente Reque de 150 m, los estribos con un talud de 0.5, 2 pilares y un ancho de 3 m cada pilar.

**Deck/Roadway Data Editor**

Distance	Width	Weir Coef
20.	9.	1.4

	Upstream			Downstream		
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	0	22.5	13.91	0	22.5	11.81
2	13.301	22.5	13.91	18.485	22.5	11.81
3	13.301	22.5	21	18.485	22.5	21
4	163.301	22.5	21	168.485	22.5	21
5	163.301	22.5	13.91	168.485	22.5	11.81
6	207.5	22.5	13.91	185	22.5	11.81
7						
8						

U.S Embankment SS  D.S Embankment SS

**Weir Data**

Max Submergence:  Min Weir Flow El:

**Weir Crest Shape**

Broad Crested  
 Ogee

Enter station, high chord and low chord for deck/roadway.

Fig. 51. Resultados de las condiciones geométricas del puente Reque-Hec ras. *Nota.* Se presenta las medidas acordes a las estaciones por defecto que genera el programa Hec-Ras. Se identifica las cotas máximas y mínimas de acuerdo con el terreno.

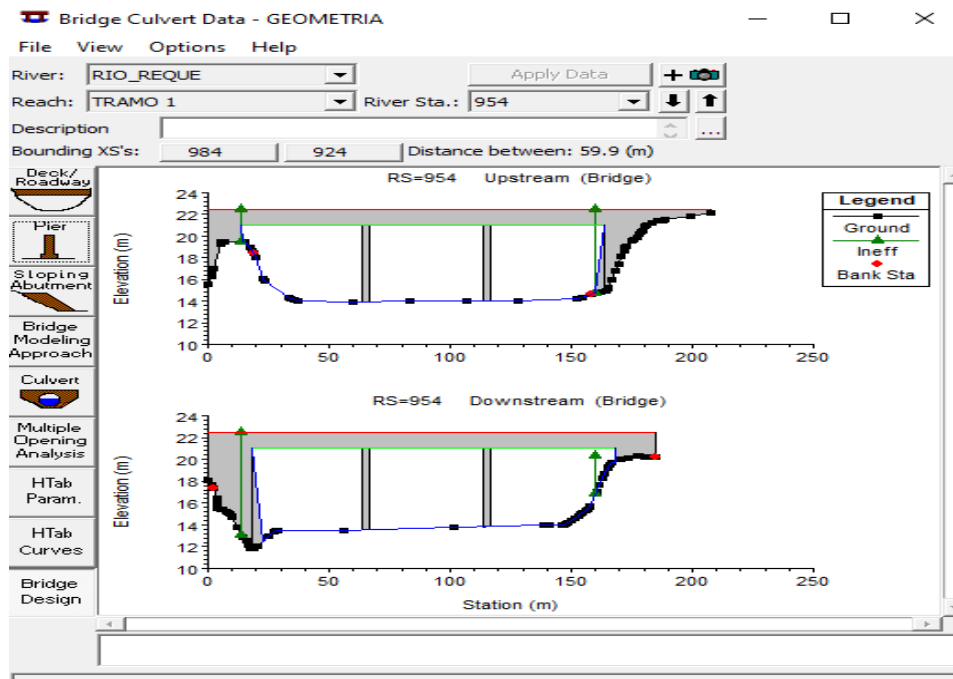


Fig. 52. Geometría del puente Reque-vista 2d. *Nota.* Se presenta dos secciones, esto debido a las secciones de aguas arriba y aguas abajo que permiten generar la estructura hidráulica (Puente Reque).

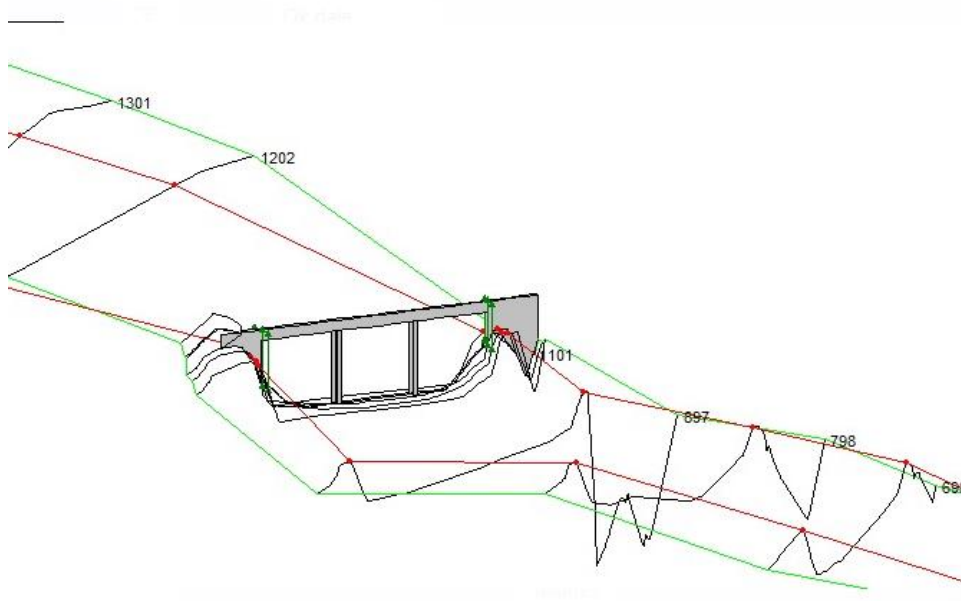


Fig. 53. Geometría del puente Reque-vista 3d. *Nota.* En la figura se observa la distribución de los pilares, los estribos y la posición del puente reque frente al eje del rio Reque.

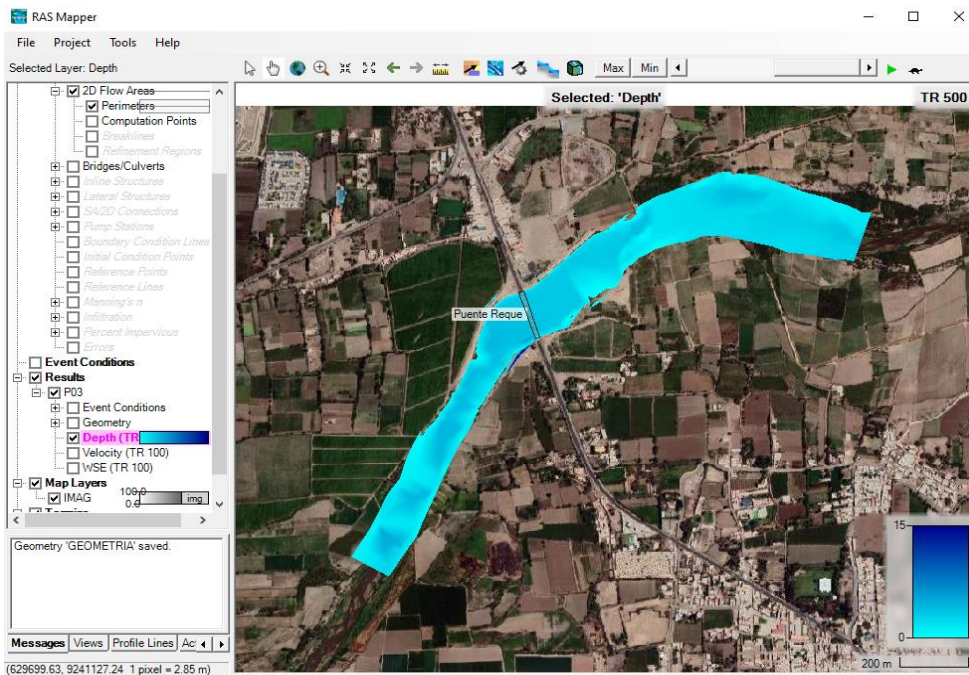


Fig. 54. Visualización de profundidades del rio Reque- Ras Mapper, para un caudal de 490 m<sup>3</sup>/s. *Nota.* En la Figura se puede visualizar el área de inundación del rio Reque para un tiempo de retorno de 500 años, cuya profundidad varía de 1 m a 6 m.



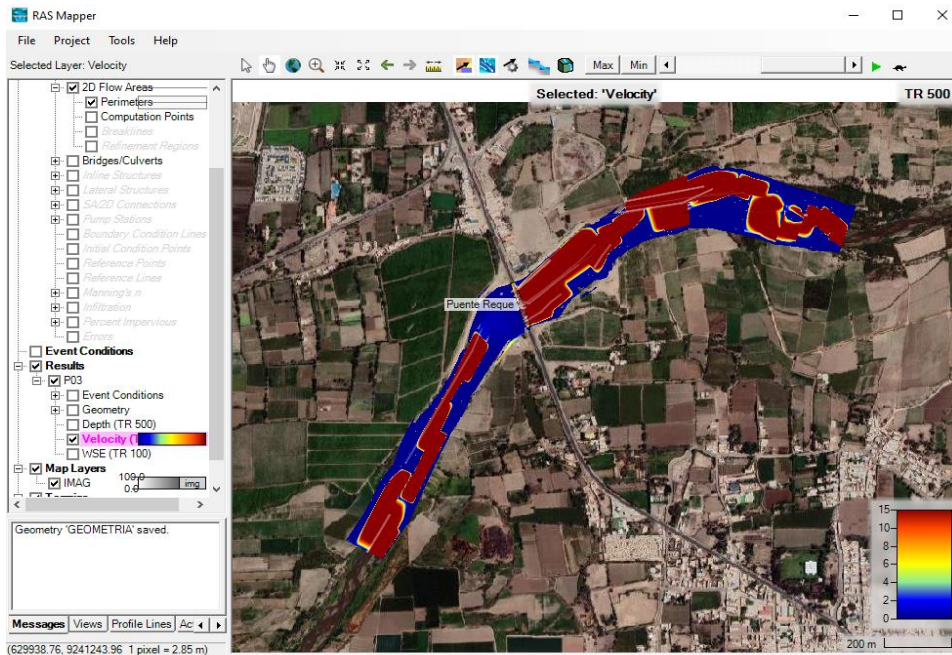


Fig. 55. Visualización de velocidades del rio Reque - Ras Mapper, para un caudal de 490 m<sup>3</sup>/s. *Nota.* En la Figura se observa las velocidades generadas por el caudal de un Tr=500 años que varían desde 2 m/s a 15 m/s.

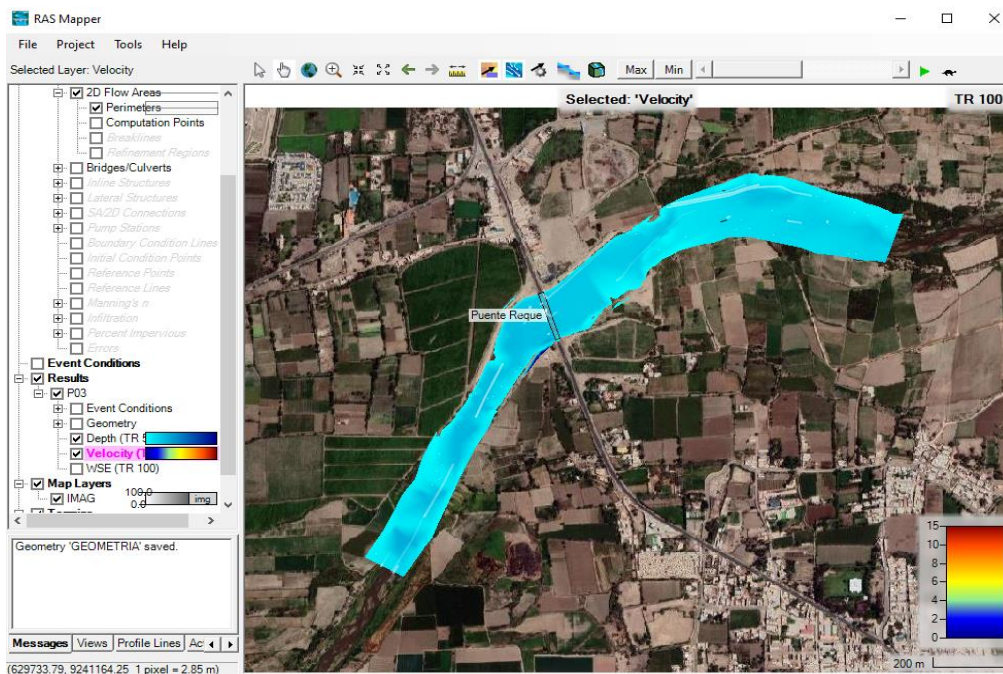


Fig. 56. Visualización de profundidades del rio Reque- Ras Mapper, para un caudal de 150 m<sup>3</sup>/s. *Nota.* En la Figura se puede visualizar el área de inundación del rio Reque para un tiempo de retorno de 100 años, cuya profundidad varía de 1 m a 3 m.

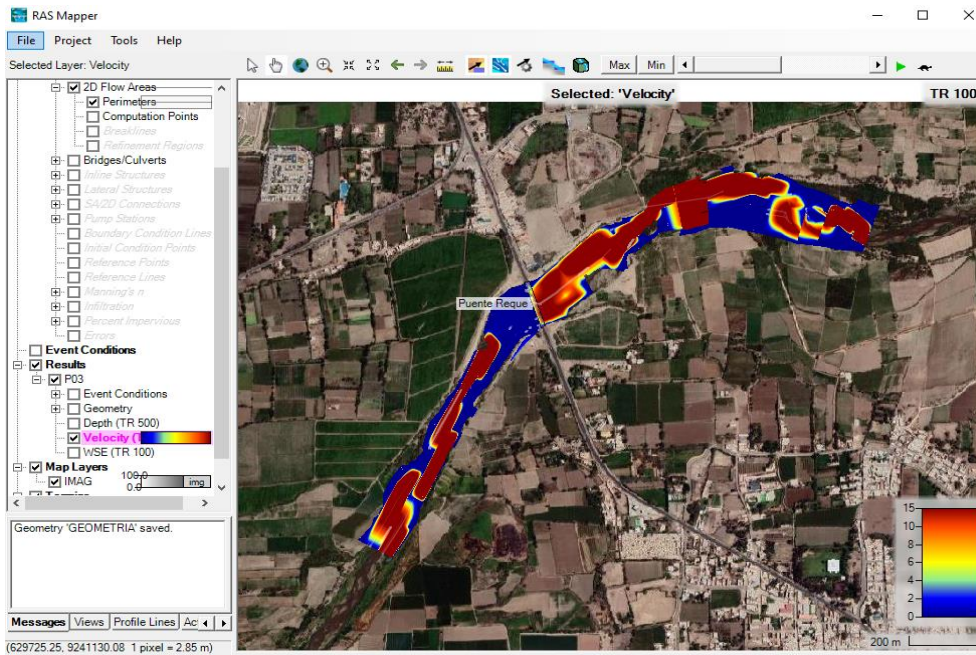


Fig. 57. Visualización de velocidades del rio Reque - Ras Mapper, para un caudal de 150 m<sup>3</sup>/s. Nota. En la Figura se observa las velocidades generadas por el caudal de un T=100 años que varían desde 2 m/s a 15 m/s.

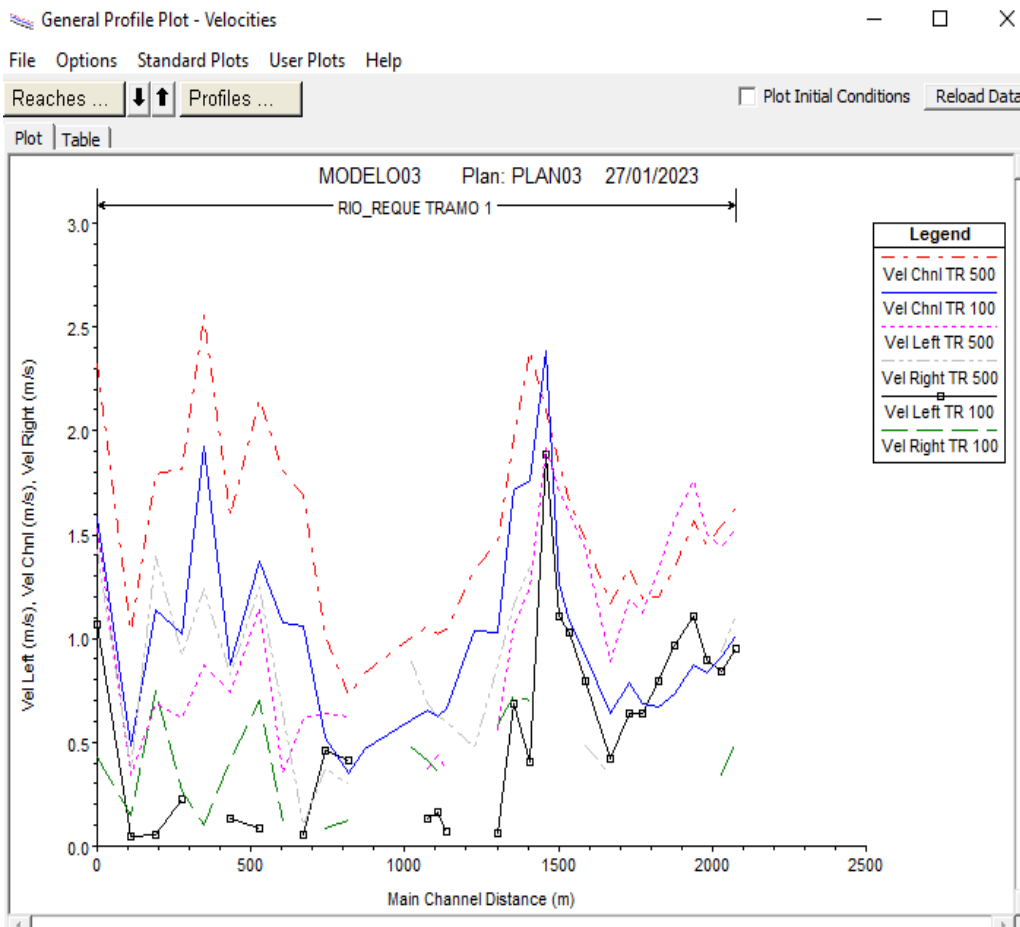


Fig. 58. Variaciones de velocidades para un  $t=100$  años y  $t=500$  años. *Nota.* En la Figura, se puede observar las líneas de diferentes colores que representan las variaciones de velocidad a lo largo del tramo del rio Reque, para un periodo de retorno de 500 años y de 100 años respectivamente.

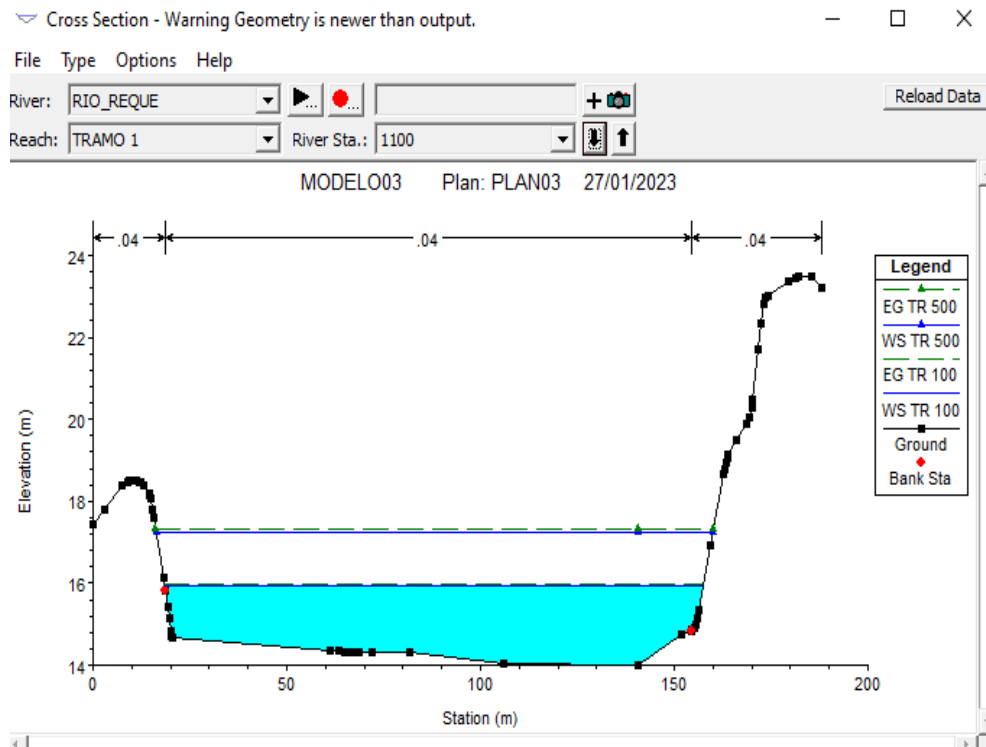


Fig. 59. Gráfico de la sección transversal 1100, en el rio Reque. *Nota.* En la Figura 59 se muestra el perfil de la sección transversal 1100, el área celeste representa la sección del agua, la línea punteada de color verde es la línea de energía para un caudal de un tiempo de retorno de 500 años.

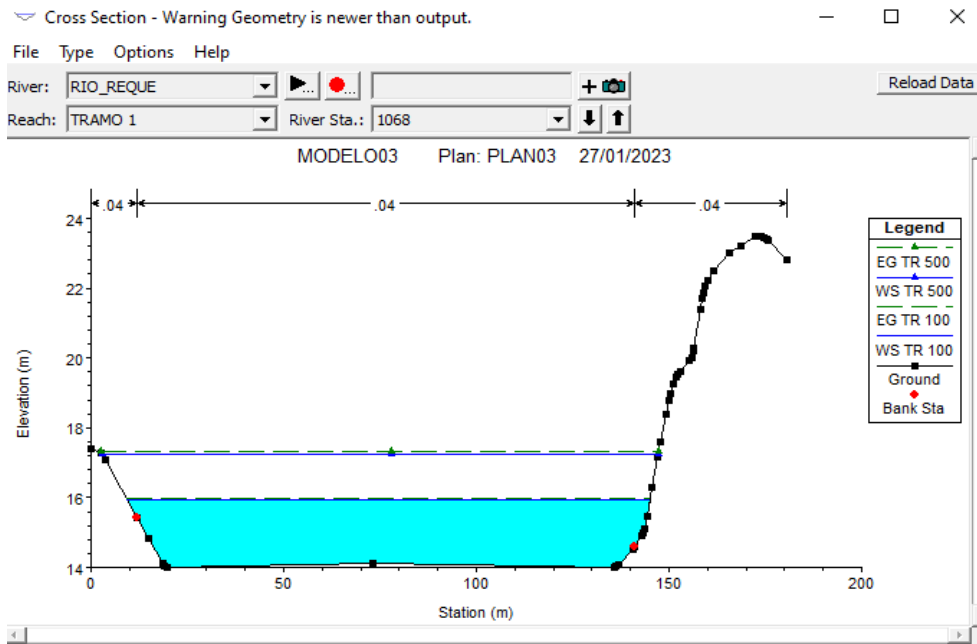


Fig. 60. Gráfico de la sección transversal 1068, en el rio Reque. *Nota.* En la Figura 60 se muestra el perfil de la sección transversal 1068.

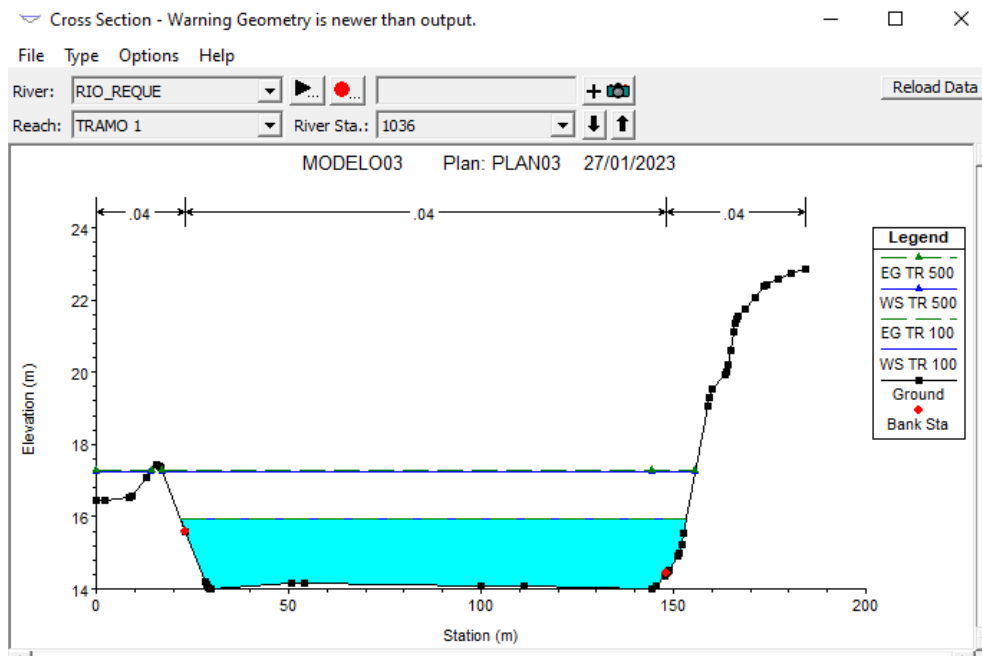


Fig. 61. Gráfico de la sección transversal 1036, en el rio Reque. *Nota.* El área celeste representa la sección del agua, la línea punteada de color verde es la línea de energía para un caudal de un tiempo de retorno de 500 año.



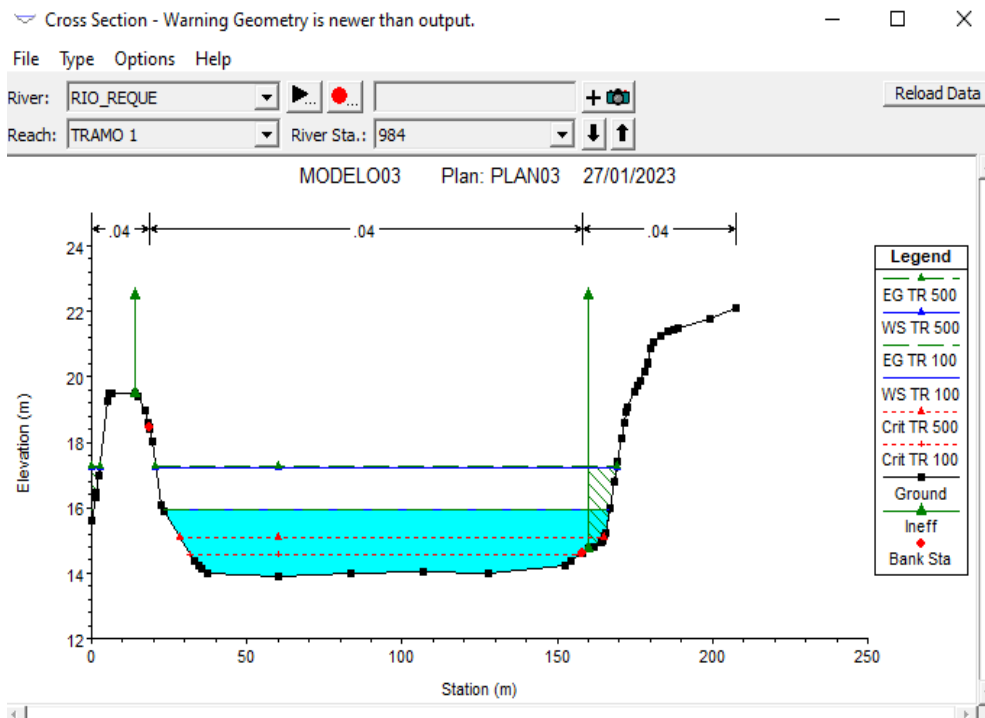


Fig. 62. Gráfico de la sección transversal 984, en el río Reque. *Nota.* En la estación 984 permitió ingresar las condiciones aguas arriba del puente.

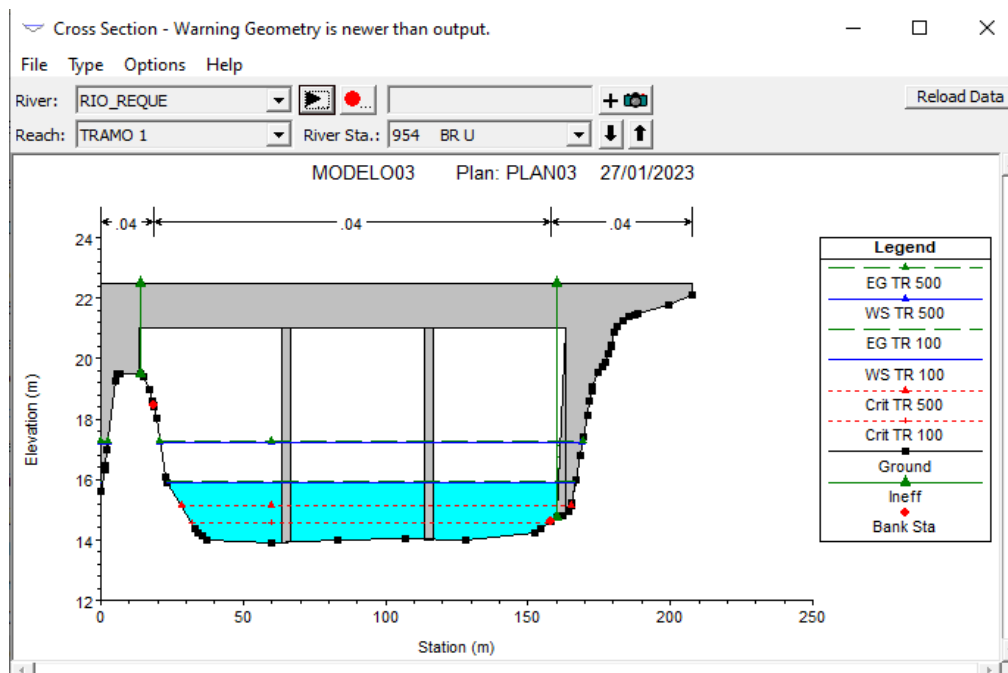


Fig. 63. Gráfico de la sección transversal 954- Puente Reque aguas arriba, en el río Reque *Nota.* El área celeste representa la sección del agua, la línea punteada de color verde es la línea de energía para un caudal de un tiempo de retorno de 500 años.

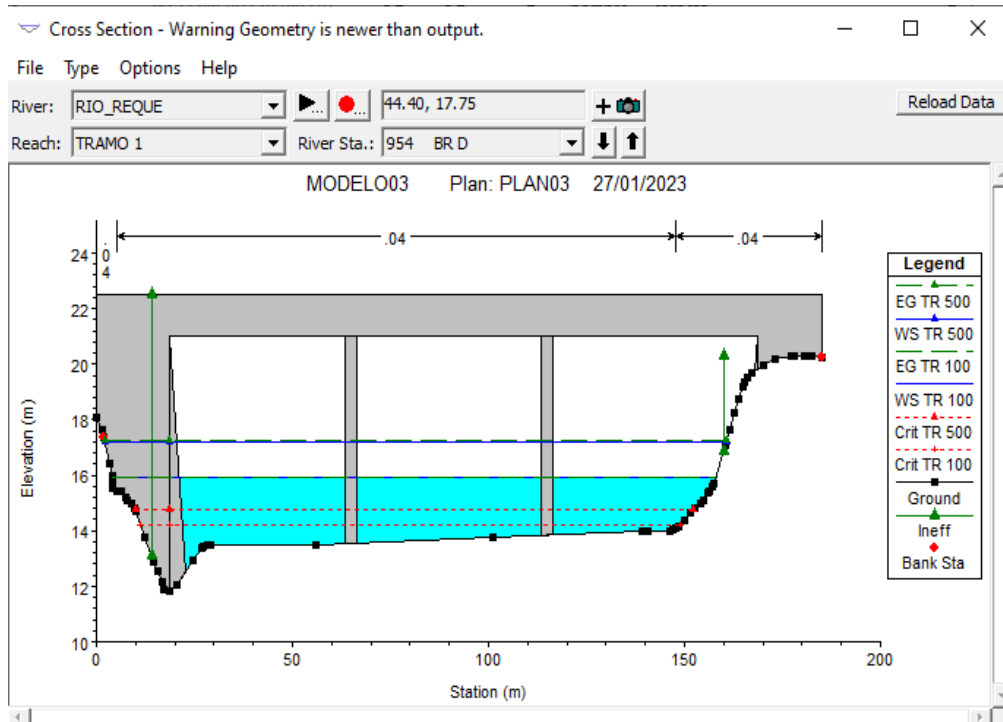


Fig. 64. Gráfico de la sección transversal 954-Puente Reque aguas abajo, en el rio Reque.

*Nota.* El área celeste representa la sección del agua, la línea punteada de color verde es la línea de energía para un caudal de un tiempo de retorno de 500 años.

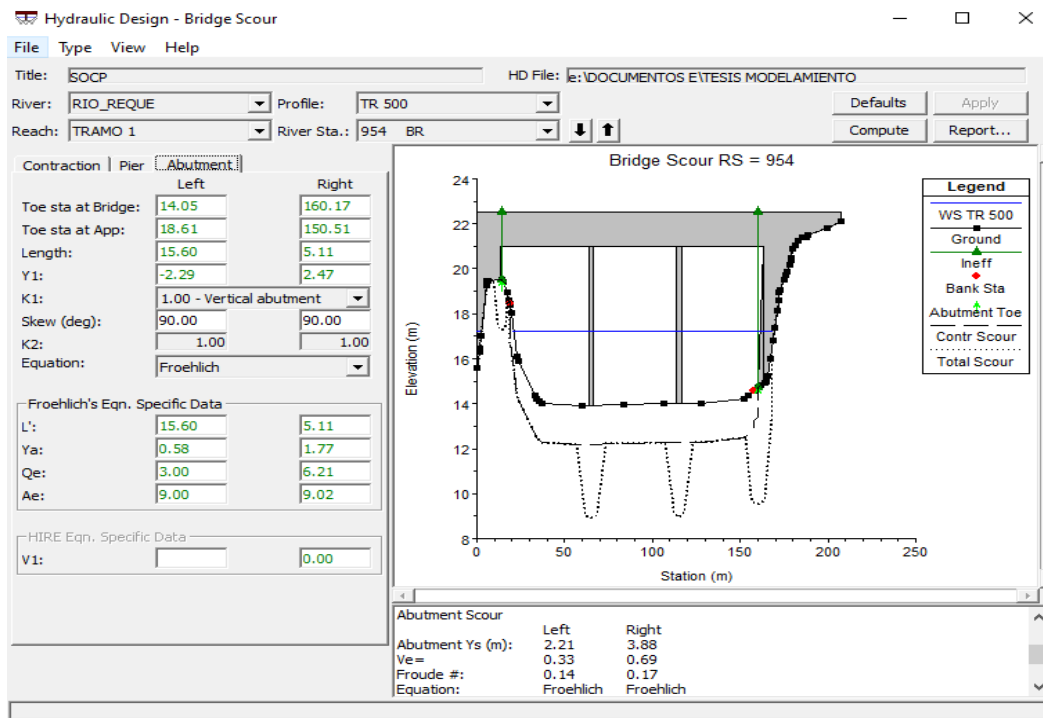


Fig. 65. Sección transversal del puente Reque y perfil de socavación. *Nota.* Se observar la sección del puente Reque y el perfil de socavación que dio como resultado el modelamiento hidrodinámico para la socavación. Se definen las áreas de socavación en los pilares y estribos de la estructura.

Contraction Scour			
	Left	Channel	Right
<b>Input Data</b>			
Average Depth (m):	0.68	3.11	1.77
Approach Velocity (m/s):	0.37	1.06	0.69
Br Average Depth (m):		3.04	2.53
BR Opening Flow (m <sup>3</sup> /s):		420.78	4.88
BR Top WD (m):		131.20	1.94
Grain Size D50 (mm):	0.45	0.45	0.45
Approach Flow (m <sup>3</sup> /s):	5.11	411.61	8.94
Approach Top WD (m):	20.19	125.10	7.32
K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
<b>Results</b>			
Scour Depth Ys (m):		1.74	1.35
Critical Velocity (m/s):			
Equation:		Clear	Clear

Fig. 66. Resultados de la socavación por contracción en el puente Reque. *Nota.* En la figura 66 se muestran los resultados obtenidos para la socavación por contracción con un valor de 1.74 m en el lecho del río y 1.35 m en el margen derecho.

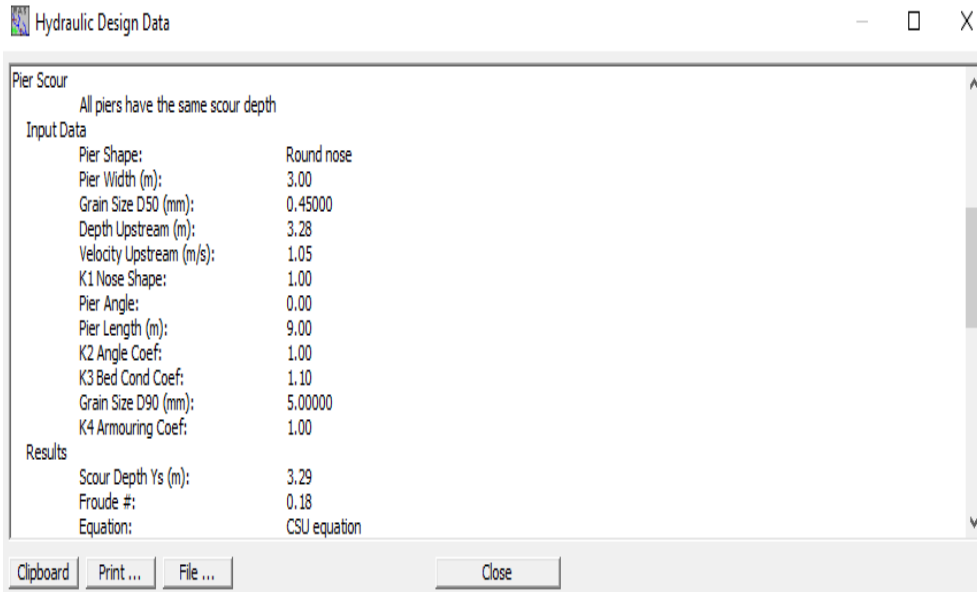


Fig. 67. Resultados de la socavación en los pilares del puente Reque. *Nota.* Resultados obtenidos para la socavación en los pilares del puente Reque, con un valor de 3.29 m en ambos pilares.

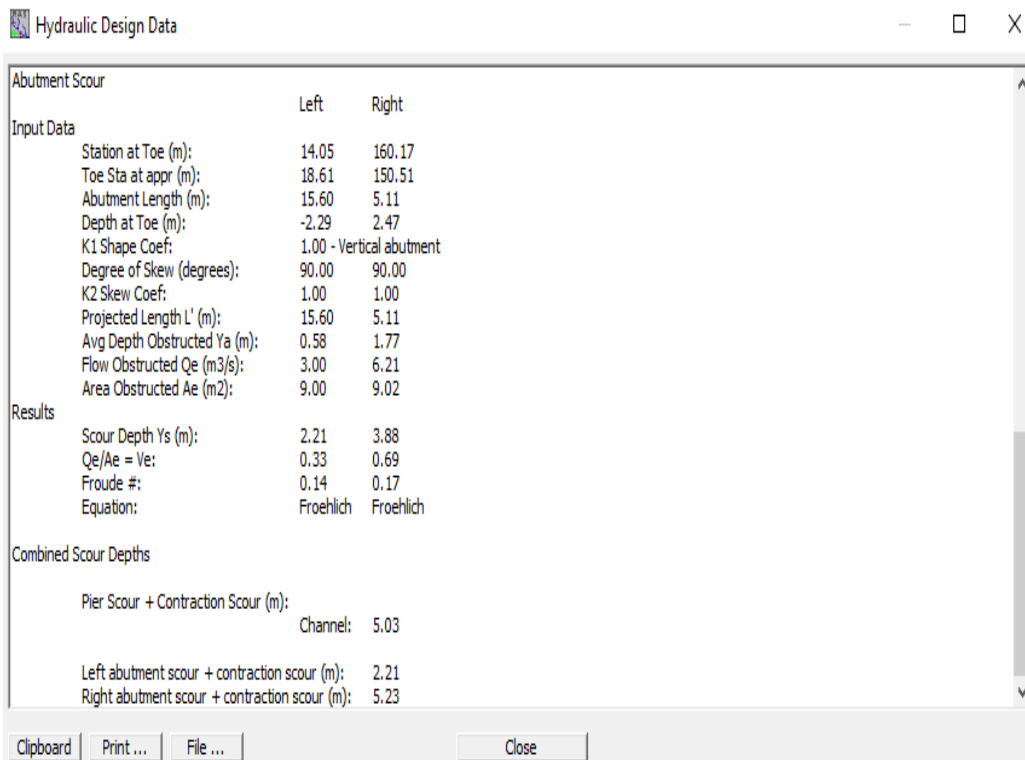


Fig. 68. Resultados de la socavación en los estribos del puente Reque. *Nota.* Se presentan los resultados obtenidos para la socavación en los estribos del puente Reque, con un valor de 2.21 m en el estribo izquierdo y 3.88 m en el estribo derecho

### 3.2. Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, admitimos la hipótesis general que establece que el modelo hidrodinámico del flujo y transporte de sedimentos permite estimar y cuantificar los efectos de la erosión en el pilar del puente Reque.

En la investigación de [27], titulada “Influencia del proceso de acorazamiento en la socavación de los pilares del puente Reque”, se determinó una socavación máxima en los pilares del puente Reque de 17.91 metros, debido al caudal de diseño de 2075.00 m<sup>3</sup>/s que se utilizó en dicha investigación. Sin embargo, la presente investigación obtuvo una socavación máxima de 3.88 metros en los pilares del puente Reque, utilizando un caudal de diseño de 490 m<sup>3</sup>/s para un tiempo de retorno de 500 años. Si tomamos en cuenta que el cálculo de socavación depende del caudal de diseño, la profundidad de flujo y la velocidad, podemos comparar estos resultados y ver la diferencia que existe entre ellos, esto debido a que el caudal de diseño obtenido en ambas investigaciones son diferentes, además el método utilizado para el cálculo de la socavación de los pilares en el puente Reque en ambas investigaciones son distintos, en la investigación de Arriola se realizó un modelamiento hidrodinámico bidimensional, mientras que en la presente investigación se realizó un modelamiento hidrodinámico unidimensional, esto genera el uso de diferentes ecuaciones para la simulación en ambos casos, para el modelamiento hidrodinámico bidimensional, los cálculos se generan a partir de mallas computacionales que interaccionan la superficie con las condiciones de frontera, mientras que en el modelamiento hidrodinámico unidimensional, los cálculos se generan a partir de la interacción de las secciones transversales y las condiciones de frontera.

Si bien es cierto, uno de los aspectos fundamentales que alejan los resultados de ambas investigaciones es el método utilizado para el cálculo de socavación, pero un factor importante es el caudal de diseño, algunos autores como [67], mencionan un caudal de diseño para el puente Reque varía desde 143.33 m<sup>3</sup>/s hasta 532.56 m<sup>3</sup>/s para un tiempo de retorno

de 500 años, lo cual concuerda en gran medida con el caudal de diseño utilizado en la presente investigación.

## IV. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

Se concluye que calculando el riesgo de erosión del pilar del puente Reque se obteniendo valores de erosión que afectan a los pilares del puente Reque.

Se concluye que la clasificación predominando en el lecho del río, es un suelo conformado por arenas limosas, mezclas de arena y limo acorde a la clasificación SUCS, y de acuerdo a la clasificación AASHTO, corresponde a un suelo arcilloso plástico.

Se concluye que distribuciones de mejor ajuste por los diferentes métodos estadísticos es por el Log. Normal 3 parámetros teniendo como valor 0.0546.

Se concluye que utilizando los valores de la distribución Log. Normal, para un periodo de retorno de 500 años, dando como resultado un caudal de diseño de 490 m<sup>3</sup>/s.

Se concluye que el transporte de sedimentos dentro del tramo de nuestro proyecto, equivalente a 30196.99 toneladas para un caudal de 490 m<sup>3</sup>/s representando un caudal máximo para un tiempo de retorno de 500 años.

Se concluye los posibles riesgos de erosión del pilar del puente Reque, a partir del cálculo de la socavación del puente Reque, obteniendo como resultado una socavación por contracción no uniforme de 1.74 m en el lecho del río y 1.35 m en el margen derecho, en ambos pilares una erosión de 3.29 m y una erosión en el estribo derecho de 3.38 m y una erosión en el estribo izquierdo de 2.21 m.

Concluimos que el puente Reque soportará sin dificultad el caudal de 490 m<sup>3</sup>/s y la socavación que el mencionado caudal genere.

## 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un modelamiento hidráulico a escala, ingresando las condiciones de flujo, topografía, suelo y composición de la estructura para validar los cálculos obtenidos en el presente estudio.
- Se recomienda utilizar otros métodos de cálculo de socavación en puentes para analizar y ver la similitud entre estos ya que gran parte de la información proviene de análisis experimentales.
- Se recomienda realizar un estudio de batimetría para obtener datos exactos de las cotas del fondo del río y poder estimar con mayor precisión la socavación en el puente Reque.
- Se recomienda que todo resultado obtenido u analizado en el presente trabajo no debe ser tomado como absoluto, tomando en cuenta que ha sido analizado por la experiencia y criterio del modelador.
- Se incita a otros profesionales a continuar con investigaciones relacionadas a la erosión y de otros factores que influyan en la socavación en pilares, tanto del puente reque como de otros puentes a nivel local, cuyo daño involucre cuantiosas pérdidas económicas y humanas.



## REFERENCIAS

- [1] J. E. Chiliquinga Chiriboga, C. A. Pinto Franco, y K. M. Ahmed Hamad, «Análisis experimental en modelo físico de fenómenos de turbulencia causantes de erosión alrededor de pilas de puentes utilizando Acoustic Doppler Velocimeter ADV», EPN, Quito, 2019.
- [2] R. F. L. Ochoa, D. M. P. Mautua, y E. A. C. Velarde, «Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura, Perú, considerando la incidencia del cambio climático», *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 21, n.º 3, pp. 182-193, jul. 2019, doi: 10.18271/ria.2019.476.
- [3] M. Fossatia *et al.*, «Dinámica de flujo, del campo salino y de los sedimentos finos en el Río de la Plata», *Ribagua*, vol. 1, n.º 1, pp. 48-63, ene. 2014, doi: 10.1016/S2386-3781(15)30007-4.
- [4] S. A. Ochoa García, T. Reyna, M. García, H. Herrero, J. M. Díaz, y A. Heredia, «Análisis de la implementación de un modelo hidrodinámico tridimensional al flujo de un cauce natural», *ing.agua*, vol. 21, n.º 2, p. 103, abr. 2017, doi: 10.4995/ia.2017.6885.
- [5] S. Cataño Álvarez, «Modelo conceptual agregado de transporte de sedimentos para cuencas de montaña en Antioquia», 2015. doi: 10.13140/RG.2.2.34189.33762.
- [6] M. Cusipuma Ayuque, «Simulación numérica de la dinámica del flujo secundario helicoidal y del transporte de sedimentos en el modelo hidráulico del río Madre de Dios – tramo La Pastora», *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 2020, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4887509>
- [7] V. Castillo Cruz, «Modelamiento hidráulico 1D - 2D y transporte de sedimentos para el dimensionamiento de la defensa ribereña río Pongora - Pacaycasa - Ayacucho», *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*, 2017, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1971>
- [8] E. Mamani Mamani, «Aplicación de un modelo hidrológico agregado lluvia - escorrentía a paso de tiempo mensual en la cuenca del río Callacame, Perú», *Repositorio Institucional - UNAP*, ene. 2020, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3224291>
- [9] F. C. Alvéz Vásquez y J. M. Vela Llanos, «Diseño hidráulico y estructural, con elementos prefabricados de concreto simple (tetrapodos), para la defensa ribereña en las márgenes del río Chancay, tramo puente Eten-Monsefú, Chiclayo, Lambayeque», *Repositorio Institucional - USS*, 2021, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4901198>
- [10] R. W. Farroñan Inoñan, «Defensa en pilas y estribos para puentes debido a los efectos de erosión local y socavación», 2022, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5301>
- [11] R. Araújo y I. Ohana, «Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de un puente sobre el río Jalón en el término municipal de Calatayud (Zaragoza).», Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València, 2021. Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/160739>
- [12] C. E. Huancas Huancas, «Modelamiento hidráulico con Hec-ras para la prevención de Inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque», *Repositorio Institucional - UCV*, 2019, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37005>
- [13] R. A. Becerra Pintado y N. G. Espinoza Requejo, «Estudio comparativo de las ecuaciones de transporte de sedimentos por arrastre y suspensión en las inmediaciones de los Puentes Pucalá y Monsefú – Eten», *Repositorio Institucional - USS*, 2017, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4897730>
- [14] J. M. Rivas Parraguez y J. I. Luna Mera, «Cuantificación de los efectos de la erosión y socavación en la estructura de puentes y su aplicación en el puente del Río Motupe del departamento de Lambayeque», 2018, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4708395>

- [15] A. Cervantes Córdoba, A. M. Ferreira da Silva, I. Guzmán Arias, y K. Villagra Mendoza, «Cuantificación del Transporte de Sedimentos en el río La Estrella, Limón, Costa Rica», *Tecnología en Marcha*, vol. 29, n.º Extra 8, pp. 86-100, 2016.
- [16] B. Nácher-Rodríguez *et al.*, «Procesos de transporte de sedimentos en un cauce aluvial con modelación hidráulica bidimensional.», *JIA*, pp. 24-26, 2017.
- [17] J. E. Baque Pozo y L. L. Barzola González, «Estudio de transporte de sedimentos en el cauce de un río cuenca Manglaralto en la comuna Manglaralto, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.», bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021., 2021. Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6501>
- [18] S. A. Ochoa García, «Simulación Hidrodinámica Tridimensional con Procesos de Transporte de Sedimentos en un Cauce Natural», doctoralThesis, 2018. Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/6496>
- [19] N. Ahmad, H. Bihs, D. Myrhaug, A. Kamath, y Ø. A. Arntsen, «Three-dimensional numerical modelling of wave-induced scour around piles in a side-by-side arrangement», *Coastal Engineering*, vol. 138, pp. 132-151, ago. 2018, doi: 10.1016/j.coastaleng.2018.04.016.
- [20] V. Bui, M. Bui, y P. Rutschmann, «Advanced Numerical Modeling of Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers», *Water*, vol. 11, n.º 3, p. 550, mar. 2019, doi: 10.3390/w11030550.
- [21] I. Pérez y L. Rumbo, «Evaluación de la capacidad de transporte de sedimentos en el Río Tinaco, municipio Tinaco del estado Cojedes», *Agrollanía*, vol. 14, pp. 74-80, 2017.
- [22] R. de A. O. Peixoto, C. E. Pereira, M. R. Salla, J. E. Alamy Filho, y A. Nishimura, «Determinação da relação entre vazões líquida e sólida e análise de fatores que influenciam a dinâmica do transporte de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (UPGRH-PN 1)», *Eng. Sanit. Ambient.*, vol. 25, pp. 921-931, dic. 2020, doi: 10.1590/S1413-4152202020180137.
- [23] C. Sota y F. Robin, «“Estudio de socavación de la subestructura de puente y análisis de estabilidad – caso puente Nicolás Dueñas de la ciudad de Lima en el 2017”», *Universidad César Vallejo*, 2017, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2973003>
- [24] R. Alonzo y M. Alva, «Análisis geomorfológico y dinámica fluvial del río Huallaga en la localidad de Yurimaguas», *Investigaciones Sociales*, vol. 23, pp. 71-85, ago. 2020, doi: 10.15381/is.v23i43.18487.
- [25] I. A. Talledo Chumacero y A. S. Noriega Aponte, «Vulnerabilidad de la sección hidráulica del puente Bolsico para soportar caudales de crecidas extraordinarias del río Zarumilla - 2019», *Universidad Nacional de Tumbes*, 2019, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/444>
- [26] V. R. Luis y R. H. Llique Mondragón, «Efectos de la contracción del cauce, lecho no cohesivo y pendiente de ríos, en la profundidad de socavación en estructuras de captación», *Universidad Nacional de Cajamarca*, abr. 2019, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3097>
- [27] G. G. Arriola Carrasco, L. M. Bejarano Trujillo, J. Arbulú Ramos, O. Coronado Zuloeta, y G. D. S. Sotomayor Nunura, «Influencia del proceso de acorazamiento en la socavación de los pilares del puente Reque», *Revista Científica Ingeniería Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 4, n.º 2, pp. 82-97, 2017.
- [28] C. J. Cordova Diaz, «Modelación hidráulica del río “La Leche” con el programa HEC-RAS en un tramo de 4km. En el distrito de Íllimo, y departamento de Lambayeque», *REPOSITORIO ACADÉMICO USMP*, 2017, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3319>
- [29] J. Imbert-González, O. García-Valladares, y R. Guillen-Gordin, «Análisis hidrodinámico de un flujo turbulento en un espacio anular con espirales insertadas», *Revista mexicana de ingeniería química*, vol. 15, n.º 1, pp. 149-159, 2016.
- [30] E. Sandone, «Solución numérica de las ecuaciones del flujo turbulento basada en trayectorias características, mediante el método del elemento finito: Parte 1: Dominios multi bloques en

- conexión estructurada», *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol. 28, n.º 2, pp. 87-100, jun. 2013.
- [31] A. Olmo-Velázquez, M.-V. Piedra-Díaz, L. Rojas-Mazaira, M. Rodríguez-Madrigal, y E. Martínez-Martín, «Estudio y modelación del flujo bifásico líquido-gas para bajos valores de Reynolds», *Ingeniería Mecánica*, vol. 18, n.º 1, pp. 1-11, abr. 2015.
- [32] M. L. Guerra-Mazo, M. V. García-Buitrago, y E. Rodríguez-Acevedo, «Estudio comparativo de flujo de fluido a través de una placa de orificio usando las ecuaciones de Stokes y de Navier-Stokes», *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 25, n.º 42, pp. 99-110, may 2016, doi: 10.19053/01211129.4633.
- [33] M. Velasco Ocaña, «Investigación hidráulica y sedimentológica del tramo urbano del río Piura», *Universidad de Piura*, sep. 2012, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1170>
- [34] G. Gilja, M. Valyrakis, P. Michalis, D. Bekic, N. Kuspilić, y E. Mckeogh, «Assessment of bridge abutment scour and sediment transport under various flow conditions», abr. 2017.
- [35] A. V. Alvarado, A. J. O. Rodríguez, Á. G. P. Aponte, y C. A. M. Robles, «Escorrentía y producción de sedimentos en encinares incendiados de la Sierra Madre Oriental, México», *Revista mexicana de ciencias forestales*, vol. 9, n.º 48, pp. 4-26.
- [36] N. Canale *et al.*, «Sedimentology and Ichnology of fluvio-dominated deltas affected by hyperpycnal discharges Lajas Formation (Middle Jurassic), Neuquén Basin, Argentina.», *Andean Geology*, vol. 42, n.º 1, Art. n.º 1, dic. 2014, doi: 10.5027/andgeoV42n1-a07.
- [37] B. C. Comini de Andrade y J. L. Zegarra Tarqui, «Determinación experimental de la velocidad de caída de sedimentos no cohesivos», *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 28, n.º 2, pp. 236-247, 2020.
- [38] J. Fernández-Gálvez, A. Gálvez, A. Peña, y M. D. Mingorance, «Soil hydrophysical properties resulting from the interaction between organic amendments and water quality in soils from Southeastern Spain—A laboratory experiment», *Agricultural Water Management*, vol. 104, pp. 104-112, feb. 2012, doi: 10.1016/j.agwat.2011.12.004.
- [39] S. Patel, D. Mehta, y S. Yadav, «One Dimensional Hydrodynamic Flood Modeling for Ambica River, South Gujarat», vol. 5, abr. 2018.
- [40] A. F. Prieto, L. C. Cantor, y C. E. Rodríguez, «Modelo de bloque deslizante para analizar el comportamiento cinemático de deslizamientos en suelos a partir de las fuerzas resultantes de un modelo de equilibrio límite», *Obras y proyectos*, n.º 27, pp. 64-77, jun. 2020, doi: 10.4067/S0718-28132020000100064.
- [41] G. Betancur Pérez, F. M. Toro Botero, y A. Gomez Giraldo, «Methodology for hydrodynamic model selection: case study spatial variability of the thermal structure in the Riogrande II tropical reservoir, Colombia», *DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, vol. 83, n.º 198, pp. 154-164, 2016.
- [42] J. Artigas, J. L. López, y J. R. Córdova, «Methodology to estimate the total sediment transport in mountainous river basins», *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 29, n.º 3, pp. 221-234, dic. 2006.
- [43] G. F. de C. Martínez, L. V. Selem, J. L. P. Prieto, A. P. Higuera, y A. G. Romero, «Geomorfometría y cálculo de erosión hídrica en diferentes litologías a través de fotogrametría digital con drones», *Investigaciones Geográficas*, n.º 96, pp. 01-17, ene. 2018, doi: 10.14350/ig.59548.
- [44] A. Hernández Jiménez *et al.*, «Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador», *Cultivos Tropicales*, vol. 38, n.º 1, pp. 50-56, mar. 2017.
- [45] Y.-M. Chiew, «Scour and scour countermeasures at bridge sites», *Trans. Tianjin Univ.*, vol. 14, n.º 4, pp. 289-295, ago. 2008, doi: 10.1007/s12209-008-0049-z.
- [46] J. L. Tauta Muñoz, J. H. Camacho Tamayo, Universidad Nacional de Colombia, G. A. Rodríguez Borray, y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, «Estimación de erosión potencial bajo dos sistemas de corte de caña panelera utilizando la ecuación universal de pérdida

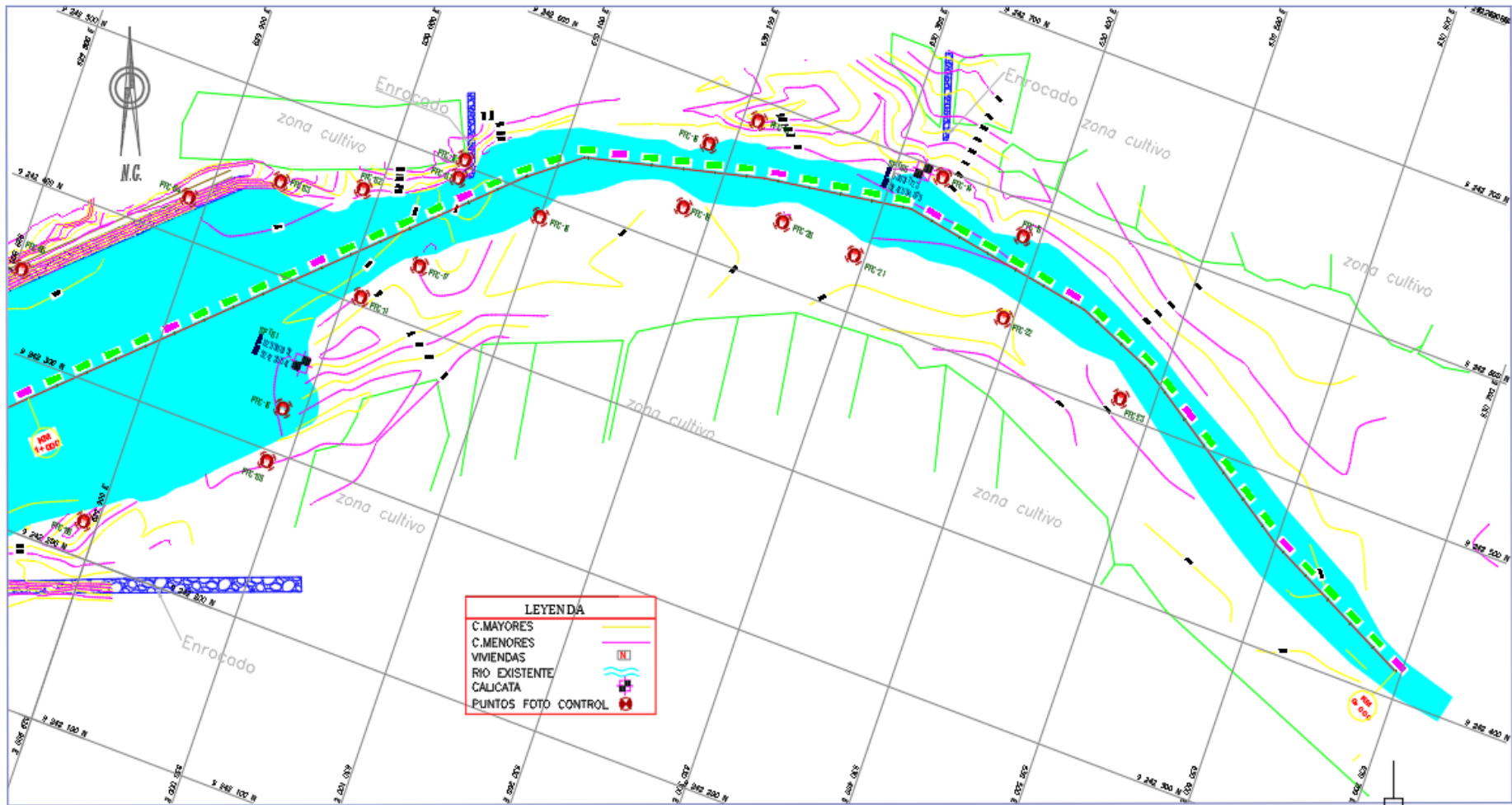
- de suelos», en *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, dic. 2018. doi: 10.31910/rudca.v21.n2.2018.1074.
- [47] R. Schindler, S. Stripling, R. Whitehouse, y J. Harris, «The influence of physical cohesion on scour around a monopile», en *Scour and Erosion*, Oxford, Uk: CRC Press, ago. 2016, pp. 325-334. doi: 10.1201/9781315375045-39.
- [48] F.-Z. Lee, J.-S. Lai, Y.-B. Lin, K.-C. Chang, X. Liu, y C.-C. Huang, «Prediction of Bridge Pier Scour Depth and Field Scour Depth Monitoring», *E3S Web Conf.*, vol. 40, p. 03007, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20184003007.
- [49] O. V. Viza, F. H. Mamani, y M. Cuentas, «Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque - Puno», *Revista de Medio Ambiente y Minería*, ene. 2019, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/42202242/Evaluaci%C3%B3n\\_de\\_riesgos\\_de\\_pasivos\\_ambientales\\_mineros\\_en\\_la\\_comunidad\\_de\\_Condoraque\\_Puno](https://www.academia.edu/42202242/Evaluaci%C3%B3n_de_riesgos_de_pasivos_ambientales_mineros_en_la_comunidad_de_Condoraque_Puno)
- [50] M. L. Reynares, G. B. Scacchi, M. L. Possi, y M. I. Schreider, «Protección de estribos de puentes mediante el uso de muros guía / Guide walls as a countermeasure for bridge abutments», *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 11, n.º 3, Art. n.º 3, may 2020, doi: 10.24850/j-tyca-2020-03-05.
- [51] E. A. Benites Liñan y C. A. Beltrán Sáenz, «Estudio de la erosión local en los pilares del puente punta moreno emplazado en el cauce del río Chicama, la libertad 2019», *Universidad Privada Antenor Orrego*, 2020, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/6797>
- [52] E. Díaz y M. A. Neil, «Evaluación de métodos para el calculo de la socavación en puentes. caso del puente sobre el Rio Shanusi en el Distrito de Yurimaguas, Provincia de Alto Amazonas, 2018», *Universidad Nacional de Trujillo*, mar. 2019, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4750967>
- [53] C. A. Reyes-Ramírez y J. C. Reyes-Ramírez, «Determinación de la socavación para las pilas del puente localizado en el municipio de Riosucio Caldas», 2020, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/1483319d-3d14-4309-a4f3-b0c83b150bd1/full>
- [54] A. Chowdhury, A. Reshad, y M. Kumruzzaman, «Hydrodynamic Flood Modelling For The Jamuna River Using HEC-RAS & MIKE11», may 2021.
- [55] M. P. Lamb, F. Brun, y B. M. Fuller, «Hydrodynamics of steep streams with planar coarse-grained beds: Turbulence, flow resistance, and implications for sediment transport», *Water Resour. Res.*, vol. 53, n.º 3, pp. 2240-2263, mar. 2017, doi: 10.1002/2016WR019579.
- [56] M. Ebrahimi *et al.*, «Hydrodynamic effects of debris blockage and scour on masonry bridges: Towards experimental modelling», *Scour and Erosion*, pp. 743-750, oct. 2016, doi: 10.1201/9781315375045-93.
- [57] Y. C. Bardales Guanilo y L. M. Concepción Bustos, «Modelamiento hidrológico e hidráulico aplicado al cálculo de socavación en Puentes Potrero (km 165+527.00) y Maygasbamba (km 197+688.15), ubicados en carretera Chota – Bambamarca – Hualgayoc», *Universidad Privada Antenor Orrego*, 2014, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/691>
- [58] M. N. Cabrejos Valdivia, «Modelamiento geoespacial en la determinación del riesgo, vulnerabilidad y de la cuantificación de la erosión hídrica en la microcuenca del río Atuén - Amazonas», *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 2016, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1951>
- [59] T. Silva y K. Manfredt, «Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en los elementos estructurales del puente independencia (long. 227m) –Distrito de Catacaos – Provincia Piura, Departamento de Piura, Febrero 2019.», *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*, may 2019, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4826962>

- [60] C. C. García y P. P. Cutillas, «Alteraciones geomorfológicas recientes en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. Síntomas y problemas de incisión en los cauces», *Revista de Geografía Norte Grande*, n.º 59, Art. n.º 59, 2014, doi: 10.4067/S0718-34022014000300003.
- [61] K. M. S. Evangelista Otoyá, «Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el río Chancay – 2017», *Universidad César Vallejo*, 2017, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1431>
- [62] M. N. Rinaudi, «Formulación de un modelo de comportamiento de pilas fundadas con pilotes sometidas a erosión para la inspección y mantenimiento de puentes», bachelorThesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales., 2016. Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/4804>
- [63] S. Ochoa García, T. Reyna, S. Reyna, M. García, A. Patalano, y M. Lábaque, «Evaluación de modelos hidrodinámicos para representar flujos en cauces naturales», *Revista Científica Maskana*, vol. 5, pp. 83-95, dic. 2014.
- [64] C. P. Múnera Mesa, «Análisis comparativo de los modelos HEC-RAS, CCHE2D, G-STARS y BRI-STARS para la modelación hidráulico-morfológica en un cauce aluvial», oct. 2013, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20978>
- [65] C. Velarde y E. Abraham, «Modelación hidrodinámica unidimensional de los grandes ríos de la cuenca amazónica», *Universidad Nacional Agraria La Molina*, abr. 2018, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1369291>
- [66] J. C. Pinto Albarracín y L. G. Rivera Mora, «Validación experimental de modelos hidrodinámicos», 2010, Accedido: 2 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7001>
- [67] J. H. Vigil Cárdenas y A. H. Campos Chávez, «Propuesta de un modelo hidráulico para los pilares del puente Reque empleando la superposición de los componentes de socavación», *Revista Científica Ingeniería Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 1, n.º 2, pp. 29-39, 2014.

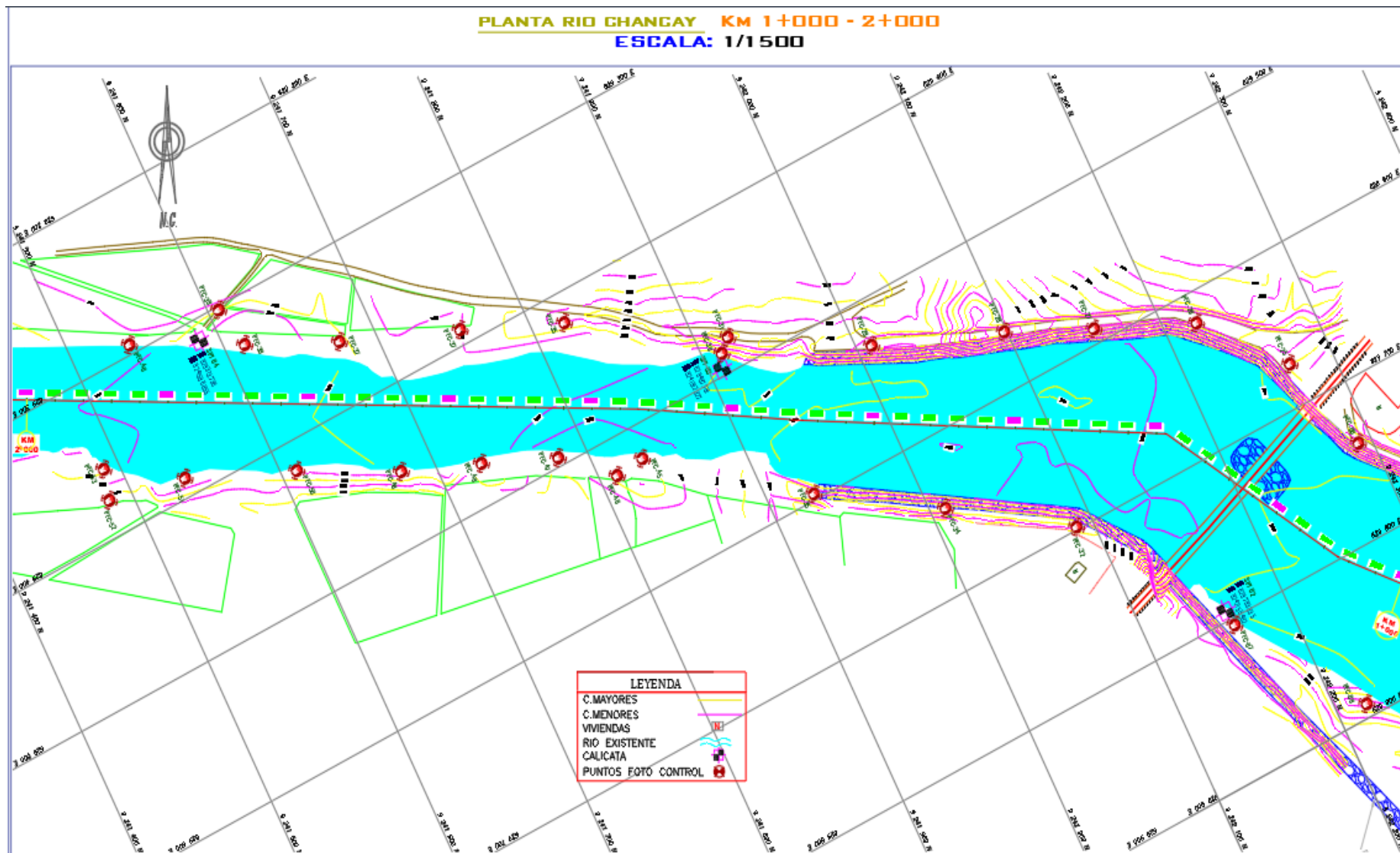
# ANEXOS

## ANEXO I: Plano Topografico Aguas Arriba 1+000 km

**PLANTA RIO CHANGAY Km 0+000 - 1+000**  
**ESCALA: 1/1 500**

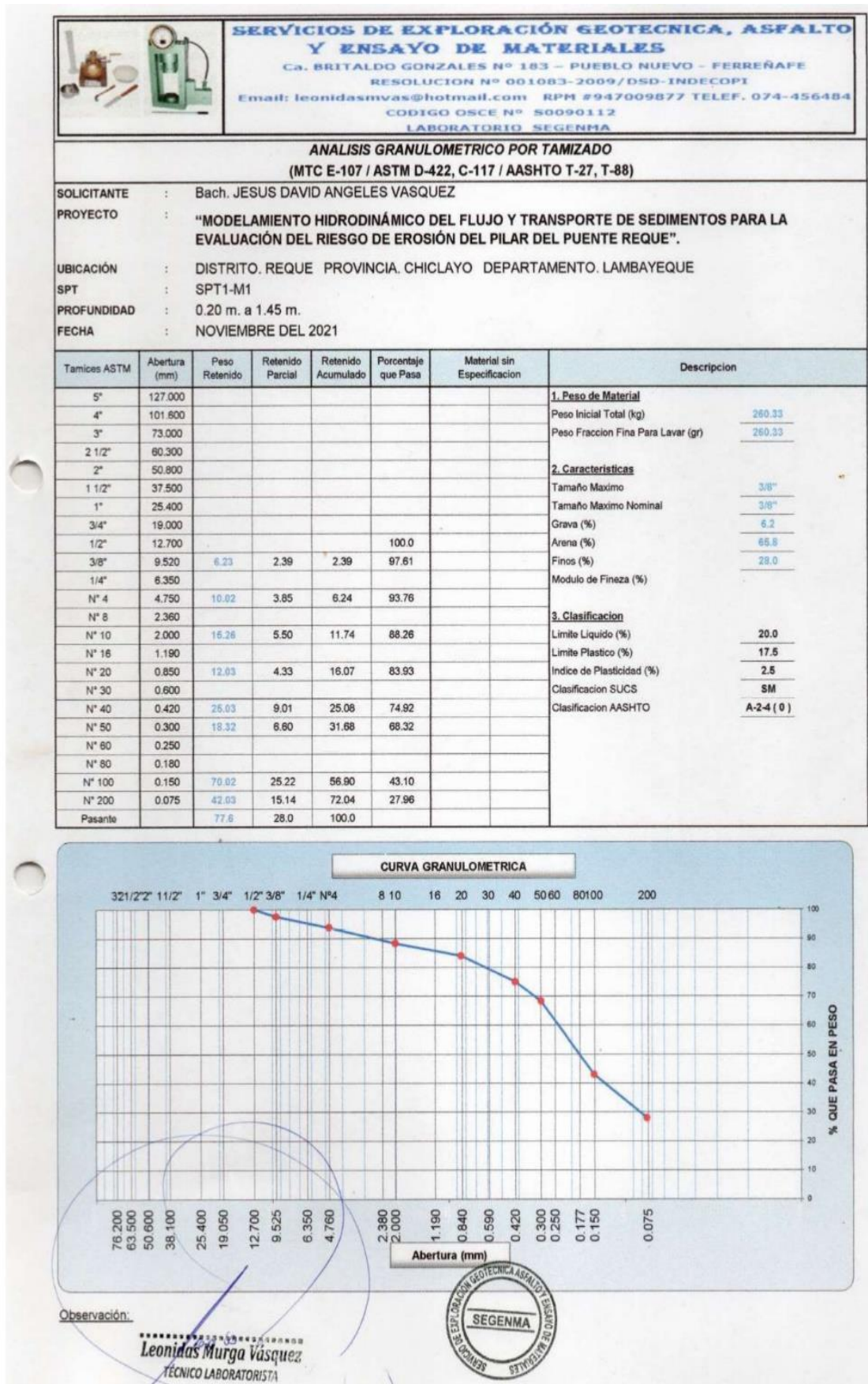


## ANEXO II: Plano Topografico Aguas Abajo 1+000 km





**ANEXO III: Resultados de los Ensayos granulométricos de las calicatas en estudio**





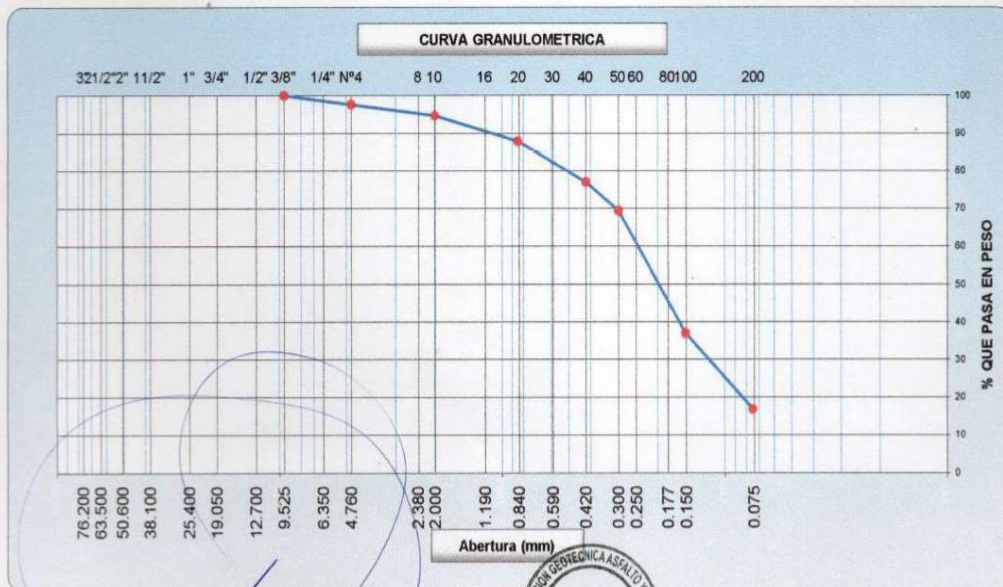


**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**  
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT1-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.45 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>270.00</u>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <u>270.00</u>
2 1/2"	60.300						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Máximo <u>3/8"</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>1/4"</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>2.3</u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>80.9</u>
1/2"	12.700						Finos (%) <u>16.8</u>
3/8"	9.520				100.00		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4.750	6.23	2.31	2.31	97.69		Limite Líquido (%) <u>19.1</u>
N° 8	2.360						Limite Plástico (%) <u>17.1</u>
N° 10	2.000	8.23	2.98	5.29	94.71		Indice de Plasticidad (%) <u>2.0</u>
N° 16	1.190						Clasificación SUCS <u>SM</u>
N° 20	0.850	19.02	6.88	12.17	87.83		Clasificación AASHTO <u>A-2-4 (0)</u>
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	30.02	10.86	23.03	76.97		
N° 50	0.300	21.03	7.61	30.64	69.36		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	89.36	32.33	62.97	37.03		
N° 200	0.075	56.03	20.27	83.24	16.76		
Pasante		46.3	16.8	100.0			



Observación:

20/11/2021  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



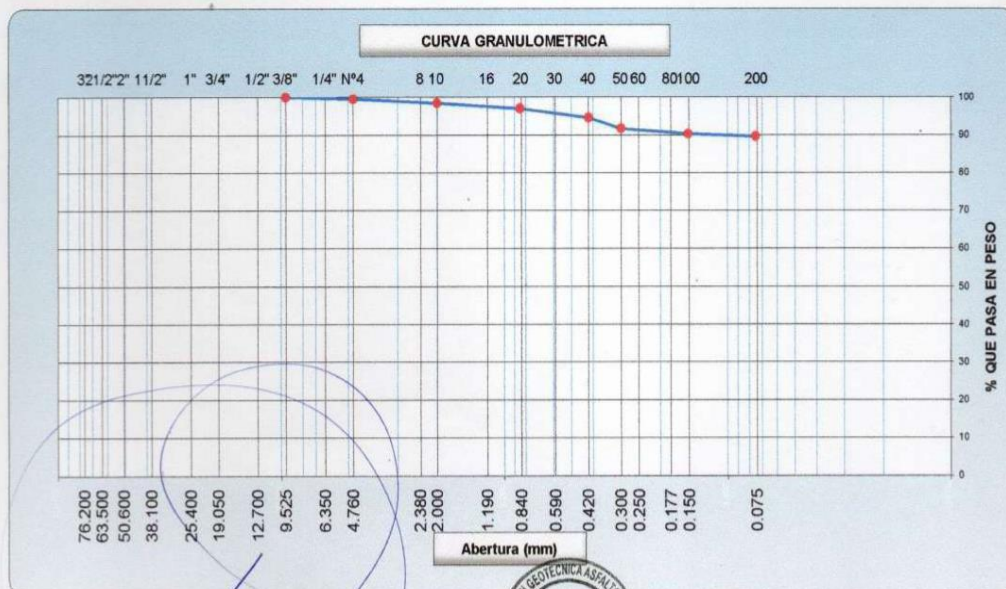


**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**  
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)**

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT1-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>210.00</u>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>210.00</u>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Caracteristicas</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <u>3/8"</u>
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal <u>1/4"</u>
3/4"	19.000						Grava (%) <u>0.6</u>
1/2"	12.700						Arena (%) <u>9.9</u>
3/8"	9.520				100.00		Finos (%) <u>89.6</u>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	1.02	0.49	0.49	99.51		<b>3. Clasificacion</b>
N° 8	2.360						Limite Liquido (%) <u>40.2</u>
N° 10	2.000	2.23	1.06	1.55	98.45		Limite Plastico (%) <u>22.7</u>
N° 16	1.190						Indice de Plasticidad (%) <u>17.5</u>
N° 20	0.850	3.02	1.43	2.98	97.02		Clasificacion SUCS <u>CL</u>
N° 30	0.600						Clasificacion AASHTO <u>A-7-6 ( 11 )</u>
N° 40	0.420	5.12	2.43	5.41	94.59		
N° 50	0.300	6.01	2.85	8.26	91.74		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	3.02	1.43	9.69	90.31		
N° 200	0.075	1.48	0.70	10.39	89.61		
Pasante		189.1	89.6	100.0			



Observación:

*Leonidas Murga Vásquez*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmv@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

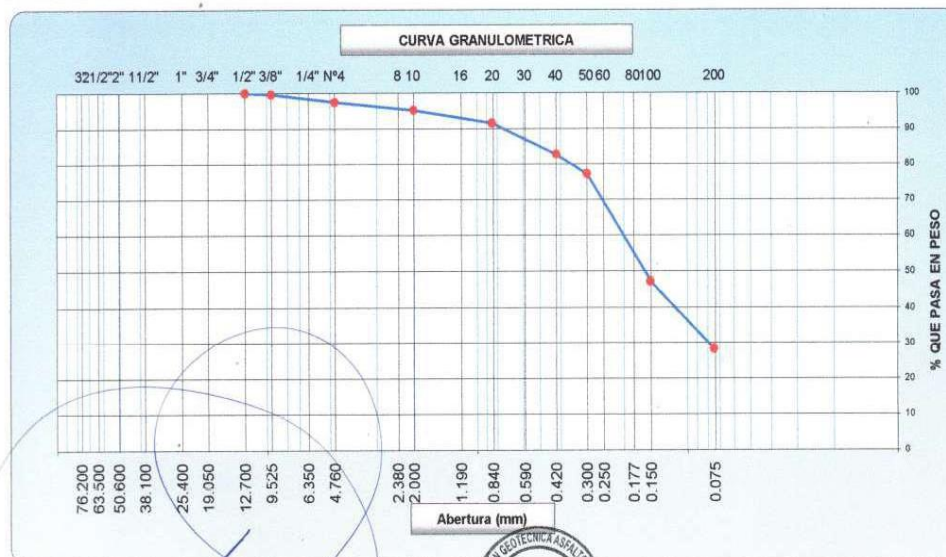
CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)**

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACION DEL RIESGO DE EROSION DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACION : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT2-M1  
 PROFUNDIDAD : 0.20 m. a 1.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>353.62</u>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>353.62</u>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Caracteristicas</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <u>3/8"</u>
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal <u>3/8"</u>
3/4"	19.000						Grava (%) <u>2.5</u>
1/2"	12.700				100.0		Arena (%) <u>69.1</u>
3/8"	9.520	1.31	0.37	0.37	99.63		Finos (%) <u>28.3</u>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	7.64	2.16	2.53	97.47		
N° 8	2.360						<b>3. Clasificacion</b>
N° 10	2.000	8.22	2.27	4.80	95.20		Limite Liquido (%) <u>20.0</u>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <u>18.2</u>
N° 20	0.850	13.42	3.70	8.50	91.50		Indice de Plasticidad (%) <u>1.8</u>
N° 30	0.600						Clasificacion SUCS <u>SM</u>
N° 40	0.420	32.05	8.83	17.33	82.67		Clasificacion AASHTO <u>A-2-4 (0)</u>
N° 50	0.300	19.67	5.48	22.81	77.19		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	108.50	29.93	52.74	47.26		
N° 200	0.075	89.65	18.92	71.66	28.34		
Pasante		102.8	28.3	100.0			



Observación:  
 Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

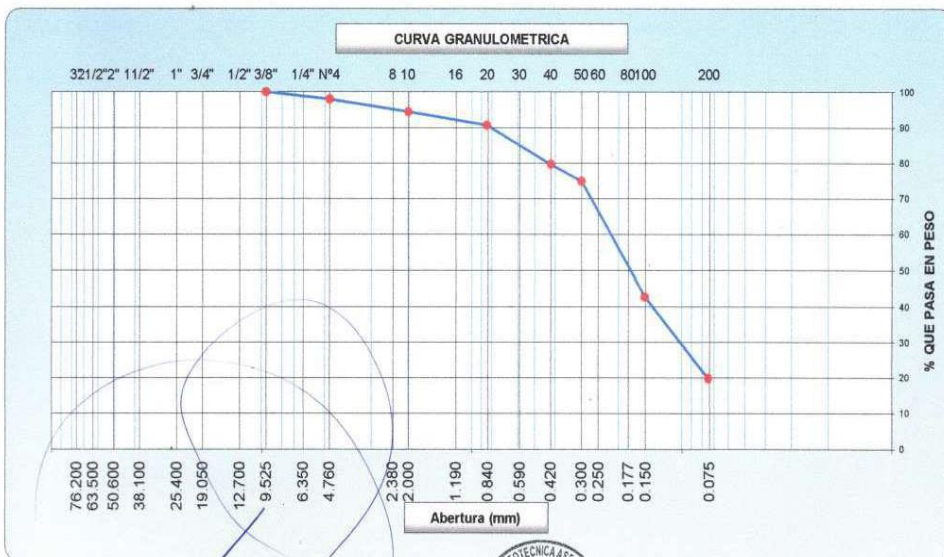
CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT2-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.45 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">312.00</span>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">312.00</span>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">1/4"</span>
3/4"	19.000						Grava (%) <span style="float: right;">2.0</span>
1/2"	12.700						Arena (%) <span style="float: right;">78.3</span>
3/8"	9.520				100.00		Finos (%) <span style="float: right;">19.7</span>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	6.23	2.00	2.00	98.00		
N° 8	2.380						<b>3. Clasificación</b>
N° 10	2.000	11.32	3.56	5.56	94.44		Limite Liquido (%) <span style="float: right;">18.2</span>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <span style="float: right;">16.6</span>
N° 20	0.850	12.02	3.78	9.34	90.66		Indice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">1.6</span>
N° 30	0.600						Clasificación SUCS <span style="float: right;">SM</span>
N° 40	0.420	35.03	11.00	20.34	79.66		Clasificación AASHTO
N° 50	0.300	15.23	4.78	25.12	74.88		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	102.03	32.05	57.17	42.83		
N° 200	0.075	73.54	23.10	80.27	19.73		
Pasante		62.8	19.7	100.0			



Observación:

  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

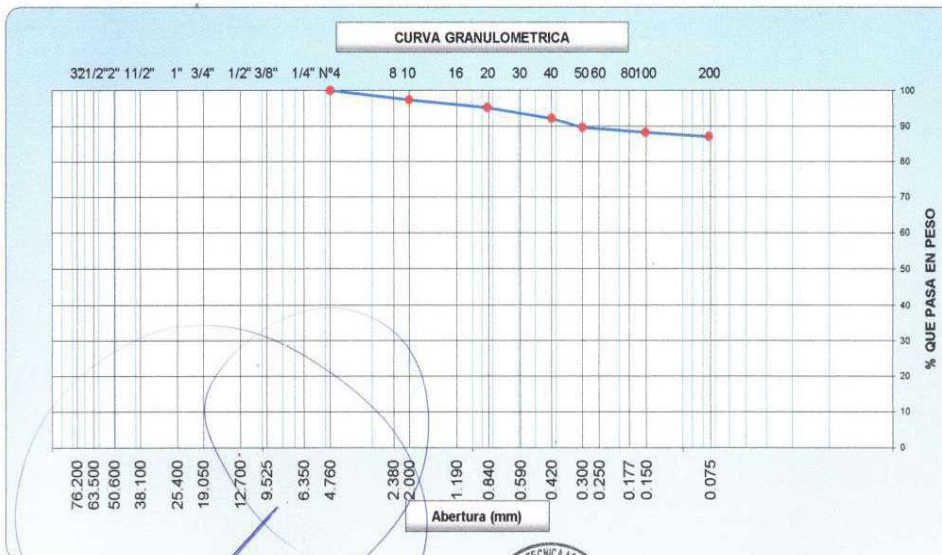
CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)**

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT2-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>200.00</u>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>200.00</u>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <u>3/8"</u>
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal <u>1/4"</u>
3/4"	19.000						Grava (%)
1/2"	12.700						Arena (%) <u>12.9</u>
3/8"	9.520						Finos (%) <u>87.1</u>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750				100.00		
N° 8	2.360						<b>3. Clasificación</b>
N° 10	2.000	5.23	2.62	2.62	97.38		Limite Liquido (%) <u>39.1</u>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <u>20.6</u>
N° 20	0.850	4.23	2.12	4.74	95.26		Indice de Plasticidad (%) <u>18.5</u>
N° 30	0.600						Clasificación SUCS <u>CL</u>
N° 40	0.420	6.11	3.06	7.80	92.20		Clasificación AASHTO <u>A-6 ( 11 )</u>
N° 50	0.300	5.03	2.52	10.32	89.68		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	3.09	1.52	11.84	88.16		
N° 200	0.075	2.18	1.09	12.93	87.07		
Pasante		174.2	87.1	100.0			



Observación:

*10 de 10*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

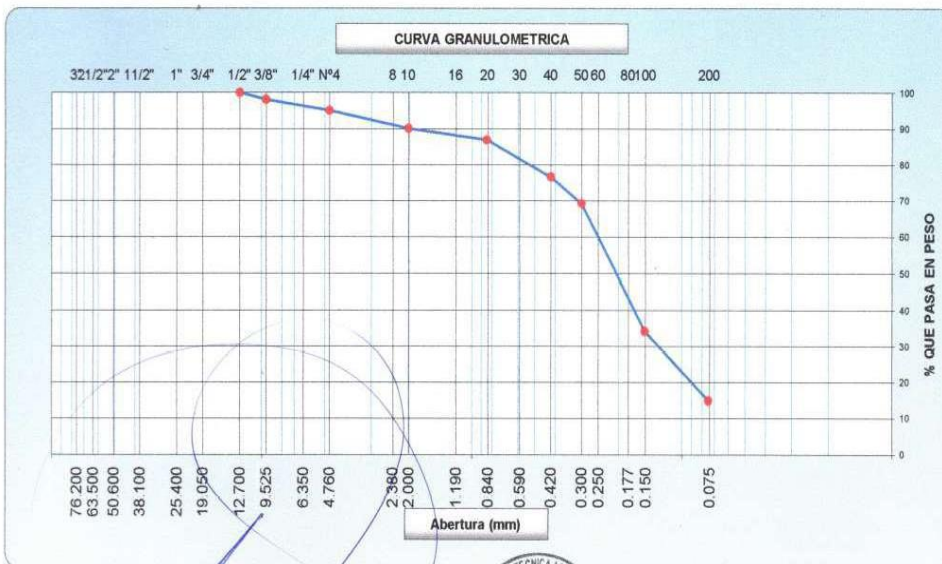
CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT3-M1  
 PROFUNDIDAD : 0.20 m. a 1.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">269.80</span>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">269.80</span>
2 1/2"	60.300						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Maximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">3/8"</span>
1"	25.400						Grava (%) <span style="float: right;">5.0</span>
3/4"	19.000						Arena (%) <span style="float: right;">80.2</span>
1/2"	12.700				100.0		Finos (%) <span style="float: right;">14.9</span>
3/8"	9.520	5.02	1.86	1.86	98.14		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
Nº 4	4.750	0.36	3.10	4.96	95.04		Limite Liquido (%) <span style="float: right;">19.6</span>
Nº 8	2.360						Limite Plastico (%) <span style="float: right;">17.6</span>
Nº 10	2.000	14.03	4.94	9.90	90.10		Indice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">2.0</span>
Nº 16	1.190						Clasificación SUCS <span style="float: right;">SM</span>
Nº 20	0.850	9.23	3.25	13.15	86.85		Clasificación AASHTO <span style="float: right;">A-2-4 ( 0 )</span>
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.420	29.03	10.23	23.38	76.02		
Nº 50	0.300	21.02	7.40	30.78	69.22		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	89.32	34.99	65.77	34.23		
Nº 200	0.075	55.03	19.38	85.15	14.85		
Pasante		42.1	14.8	100.0			



Observación:

*Leonidas Murga Vásquez*  
TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

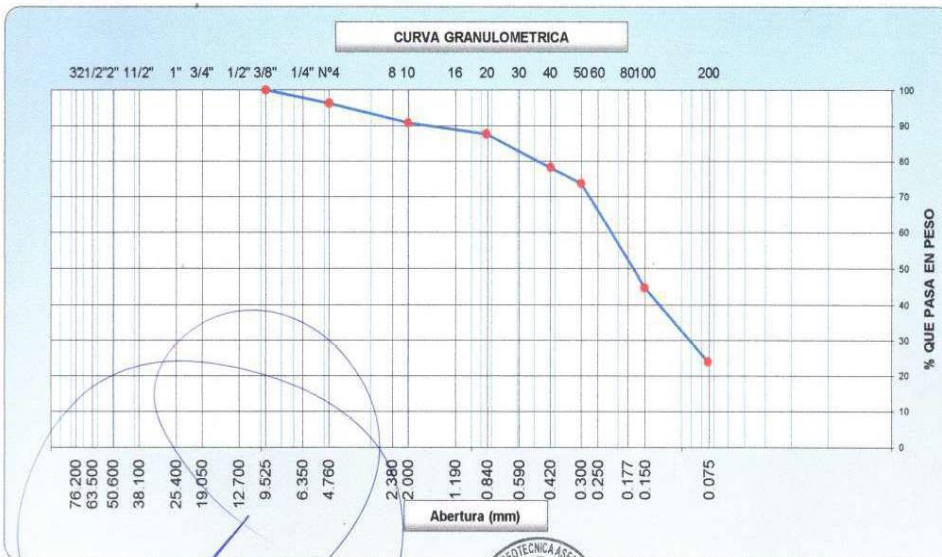
CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)**

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT3-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.45 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">300.00</span>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">300.00</span>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">1/4"</span>
3/4"	19.000						Grava (%) <span style="float: right;">3.7</span>
1/2"	12.700						Arena (%) <span style="float: right;">72.3</span>
3/8"	9.520				100.00		Finos (%) <span style="float: right;">24.0</span>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	11.16	3.72	3.72	96.28		
N° 8	2.360						<b>3. Clasificación</b>
N° 10	2.000	16.95	5.44	9.16	90.84		Limite Liquido (%) <span style="float: right;">18.6</span>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <span style="float: right;">16.9</span>
N° 20	0.850	10.02	3.22	12.38	87.62		Indice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">1.7</span>
N° 30	0.600						Clasificación SUCS <span style="float: right;">SM</span>
N° 40	0.420	29.32	9.41	21.79	78.21		Clasificación AASHTO <span style="float: right;">A-2-4 (0)</span>
N° 50	0.300	14.03	4.50	26.29	73.71		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	90.03	28.89	55.18	44.82		
N° 200	0.075	64.84	20.81	75.99	24.01		
Pasante		74.8	24.0	100.0			



Observación:

*Leonidas Murga Vásquez*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

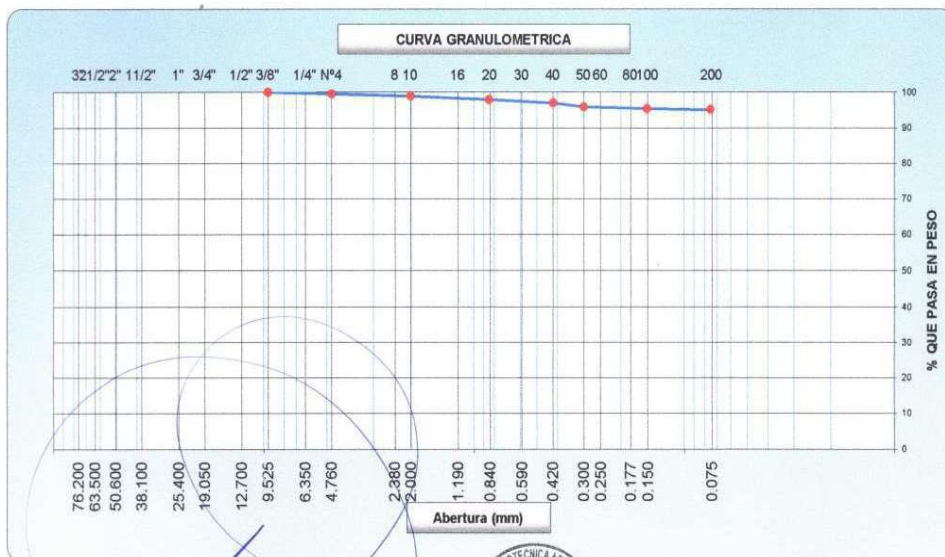
CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)**

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT3-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>200.00</u>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <u>200.00</u>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo <u>3/8"</u>
1"	25.400						Tamaño Máximo Nominal <u>1/4"</u>
3/4"	19.000						Grava (%) <u>0.5</u>
1/2"	12.700						Arena (%) <u>4.5</u>
3/8"	9.520				100.00		Finos (%) <u>95.1</u>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
Nº 4	4.750	0.89	0.45	0.45	99.55		
Nº 8	2.360						<b>3. Clasificación</b>
Nº 10	2.000	1.04	0.52	0.97	99.03		Limite Líquido (%) <u>39.8</u>
Nº 16	1.190						Limite Plástico (%) <u>22.1</u>
Nº 20	0.850	2.21	1.10	2.07	97.93		Indice de Plasticidad (%) <u>17.7</u>
Nº 30	0.600						Clasificación SUCS <u>CL</u>
Nº 40	0.420	1.88	0.94	3.01	96.99		Clasificación AASHTO <u>A-6 (11)</u>
Nº 50	0.300	2.23	1.11	4.12	95.88		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	1.02	0.51	4.63	95.37		
Nº 200	0.075	0.54	0.27	4.90	95.10		
Pasante		191.1	95.1	100.0			



Observación:

  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

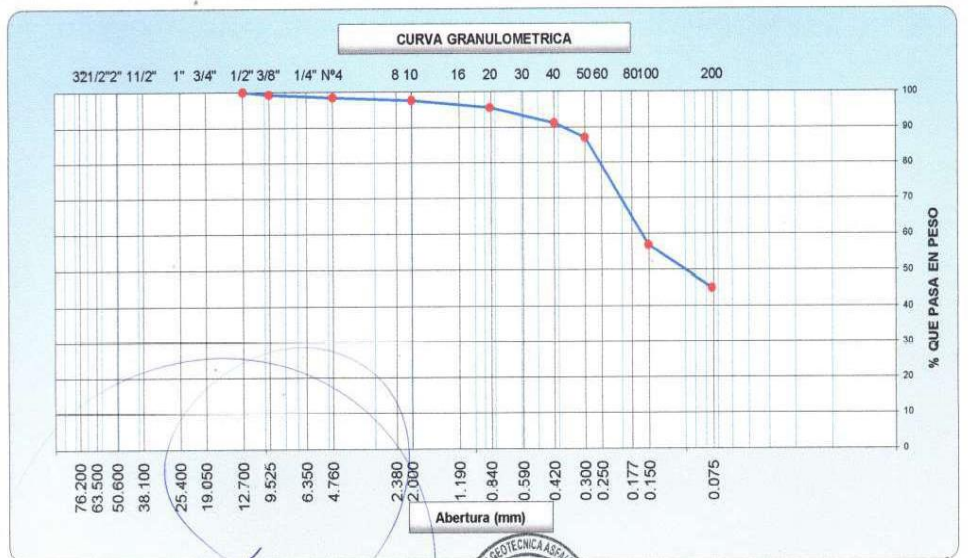
CODIGO QSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT4-M1  
 PROFUNDIDAD : 0.30 m. a 1.50 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">300.00</span>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">300.00</span>
2 1/2"	60.300						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Máximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <span style="float: right;">3/8"</span>
1"	25.400						Grava (%) <span style="float: right;">1.6</span>
3/4"	19.000						Arena (%) <span style="float: right;">53.4</span>
1/2"	12.700				100.0		Finos (%) <span style="float: right;">45.0</span>
3/8"	9.520	2.27	0.76	0.76	99.24		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
Nº 4	4.750	2.36	0.79	1.55	98.45		Límite Líquido (%) <span style="float: right;">26.1</span>
Nº 8	2.360						Límite Plástico (%) <span style="float: right;">20.6</span>
Nº 10	2.000	2.29	0.75	2.30	97.70		Índice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">5.5</span>
Nº 16	1.190						Clasificación SUCS <span style="float: right;">SM-SC</span>
Nº 20	0.850	6.84	2.24	4.54	95.46		Clasificación AASHTO <span style="float: right;">A-4 ( 2 )</span>
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.420	13.04	4.28	8.82	91.18		
Nº 50	0.300	12.55	4.12	12.94	87.06		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	92.06	30.21	43.15	56.85		
Nº 200	0.075	36.09	11.84	54.99	45.01		
Pasante		137.1	45.0	100.0			



Observación:

*Leonidas Murga Vásquez*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





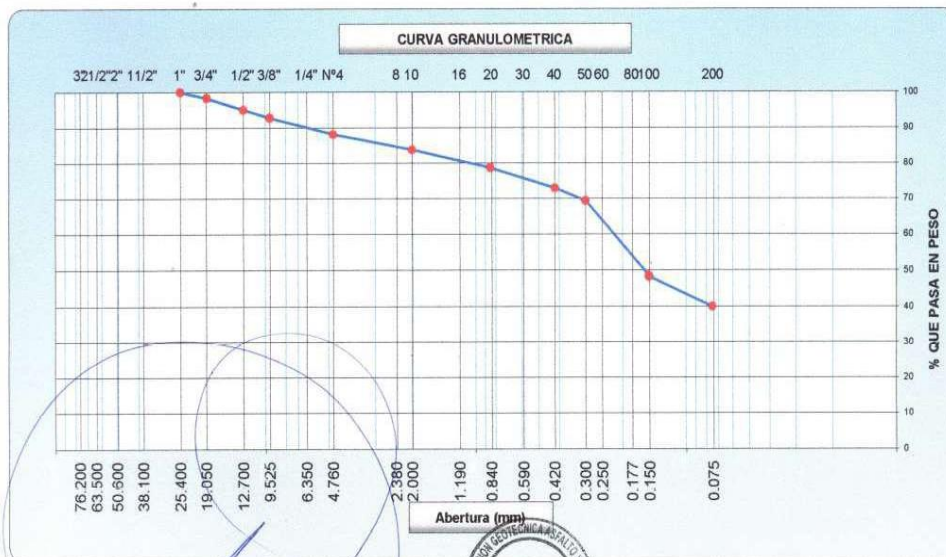
**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° 50090112  
LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)**

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT4-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.50 m. a 2.90 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">416.40</span>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">416.40</span>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Caracteristicas</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <span style="float: right;">1"</span>
1"	25.400				100.0		Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">3/4"</span>
3/4"	19.000	6.84	1.6	1.6	98.4		Grava (%) <span style="float: right;">11.9</span>
1/2"	12.700	13.62	3.3	4.9	95.1		Arena (%) <span style="float: right;">48.1</span>
3/8"	9.520	9.71	2.33	7.24	92.76		Finos (%) <span style="float: right;">40.0</span>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	19.42	4.66	11.90	88.10		
N° 8	2.360						<b>3. Clasificacion</b>
N° 10	2.000	20.93	4.43	16.33	83.67		Limite Liquido (%) <span style="float: right;">28.1</span>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <span style="float: right;">20.1</span>
N° 20	0.850	23.84	5.04	21.37	78.63		Indice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">8.0</span>
N° 30	0.600						Clasificacion SUCS <span style="float: right;">SC</span>
N° 40	0.420	27.12	5.74	27.11	72.89		Clasificacion AASHTO <span style="float: right;">A-4 (1)</span>
N° 50	0.300	16.79	3.55	30.66	69.34		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	98.99	20.94	51.60	48.40		
N° 200	0.075	39.87	8.44	60.04	39.96		
Pasante		188.9	40.0	100.0			



Observación:

  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

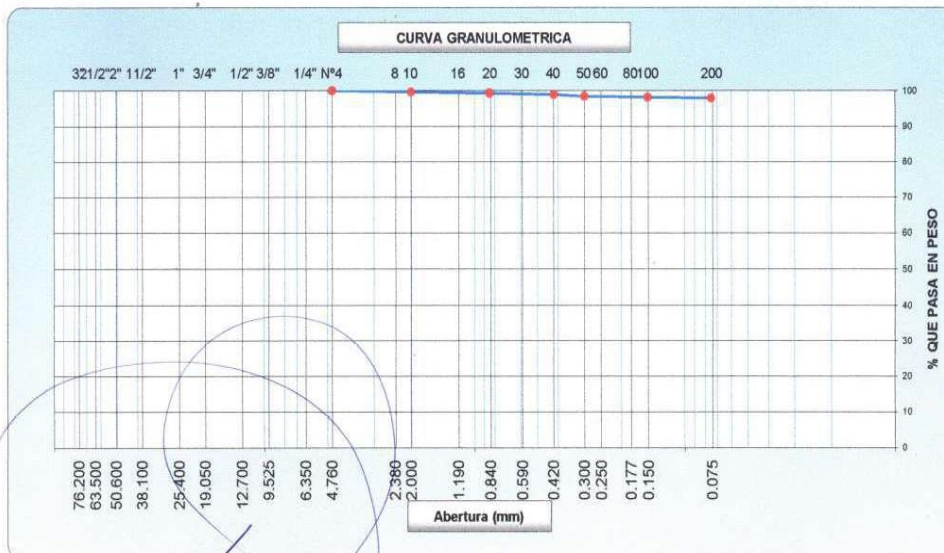
CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT4-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.90 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">200.00</span>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">200.00</span>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">1/4"</span>
3/4"	19.000						Grava (%) <span style="float: right;">0</span>
1/2"	12.700						Arena (%) <span style="float: right;">2.0</span>
3/8"	9.520						Finos (%) <span style="float: right;">98.0</span>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%) <span style="float: right;">0</span>
Nº 4	4.750				100.00		
Nº 8	2.360						<b>3. Clasificación</b>
Nº 10	2.000	0.69	0.35	0.35	99.65		Límite Líquido (%) <span style="float: right;">40.2</span>
Nº 16	1.190						Límite Plástico (%) <span style="float: right;">22.3</span>
Nº 20	0.850	0.48	0.24	0.59	99.41		Índice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">17.9</span>
Nº 30	0.600						Clasificación SUCS <span style="float: right;">CL</span>
Nº 40	0.420	1.02	0.51	1.10	98.90		Clasificación AASHTO <span style="float: right;">A-7-6 (11)</span>
Nº 50	0.300	0.88	0.44	1.54	98.46		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	0.56	0.28	1.82	98.18		
Nº 200	0.075	0.41	0.21	2.03	97.97		
Pasante		196.0	98.0	100.0			



Observación:

*Leonidas Murga Vásquez*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

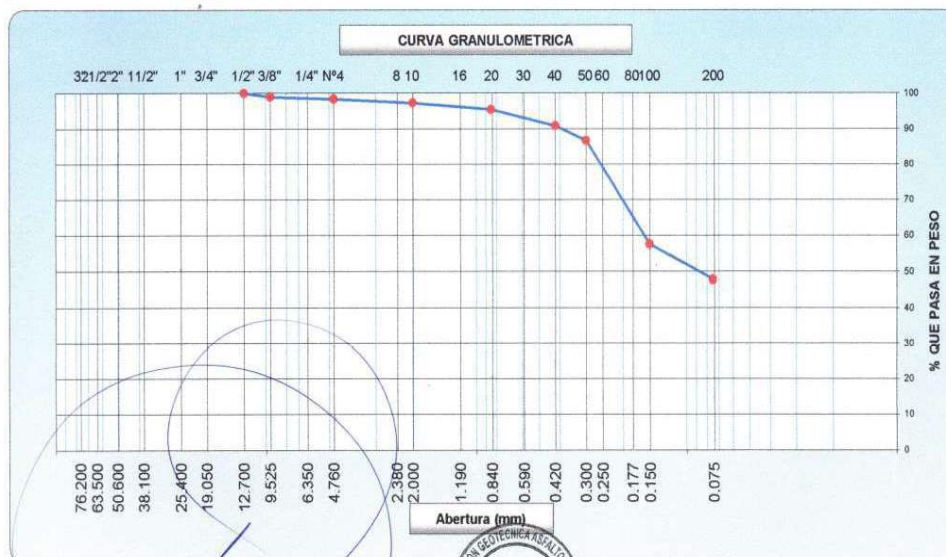
CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)**

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT5-M1  
 PROFUNDIDAD : 0.20 m. a 1.10 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">305.00</span>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">305.00</span>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Caracteristicas</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">3/8"</span>
3/4"	19.000						Grava (%) <span style="float: right;">1.7</span>
1/2"	12.700				100.0		Arena (%) <span style="float: right;">60.5</span>
3/8"	9.520	3.02	0.99	0.99	99.01		Finos (%) <span style="float: right;">47.9</span>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	2.01	0.66	1.65	98.35		
N° 8	2.360						<b>3. Clasificacion</b>
N° 10	2.000	3.21	1.04	2.69	97.31		Limite Liquido (%) <span style="float: right;">25.8</span>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <span style="float: right;">20.6</span>
N° 20	0.850	6.03	1.94	4.63	95.37		Indice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">5.2</span>
N° 30	0.600						Clasificacion SUCS <span style="float: right;">SM-SC</span>
N° 40	0.420	14.02	4.52	9.15	90.85		Clasificacion AASHTO
N° 50	0.300	12.69	4.16	13.31	86.69		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	90.33	29.13	42.44	57.56		
N° 200	0.075	30.02	9.68	52.12	47.88		
Pasante		148.5	47.9	100.0			



Observación:

e.o.c.6  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

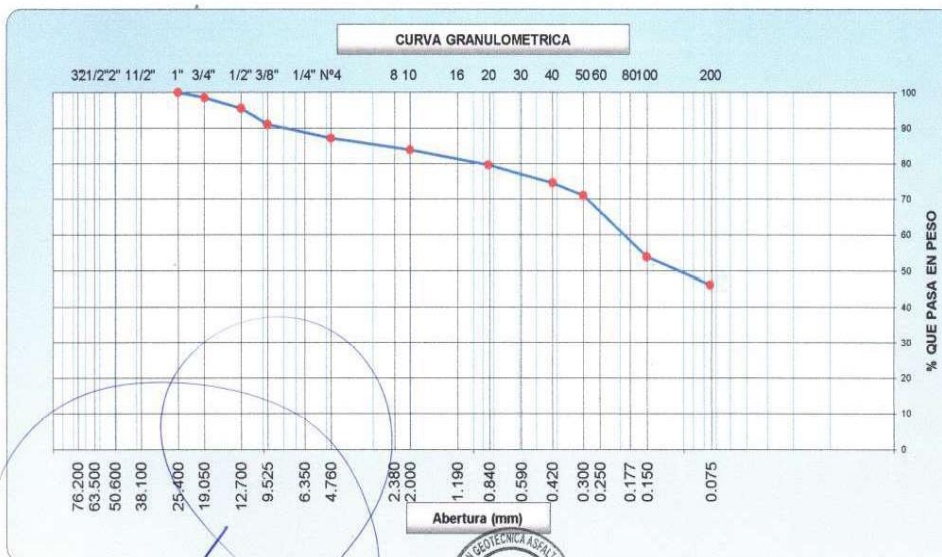
CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT5-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.10 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">512.32</span>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">512.32</span>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <span style="float: right;">1"</span>
1"	25.400				100.0		Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">3/4"</span>
3/4"	19.000	7.25	1.4	1.4	98.6		Grava (%) <span style="float: right;">12.8</span>
1/2"	12.700	15.20	3.0	4.4	95.6		Arena (%) <span style="float: right;">41.0</span>
3/8"	9.520	23.26	4.54	8.93	91.07		Finos (%) <span style="float: right;">46.2</span>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	20.02	3.91	12.84	87.16		
N° 8	2.360						<b>3. Clasificación</b>
N° 10	2.000	19.02	3.24	16.08	83.92		Limite Liquido (%) <span style="float: right;">29.2</span>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <span style="float: right;">20.8</span>
N° 20	0.850	25.52	4.34	20.42	79.58		Indice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">8.4</span>
N° 30	0.600						Clasificación SUCS <span style="float: right;">SC</span>
N° 40	0.420	29.56	5.03	25.45	74.55		Clasificación AASHTO <span style="float: right;">A-4 ( 2 )</span>
N° 50	0.300	21.02	3.58	29.03	70.97		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	100.02	17.12	46.15	53.85		
N° 200	0.075	45.03	7.66	53.81	46.19		
Pasante		271.6	46.2	100.0			



Observación:

*No es So*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

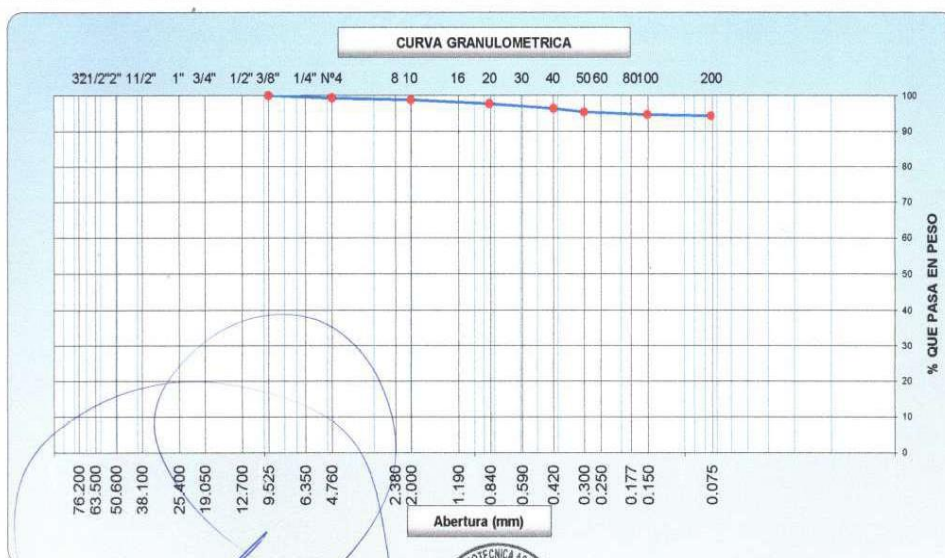
CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT5-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">204.23</span>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <span style="float: right;">204.23</span>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1"	25.400						Tamaño Máximo Nominal <span style="float: right;">1/4"</span>
3/4"	19.000						Grava (%) <span style="float: right;">0.6</span>
1/2"	12.700						Arena (%) <span style="float: right;">5.1</span>
3/8"	9.520				100.00		Finos (%) <span style="float: right;">94.3</span>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
Nº 4	4.750	1.29	0.63	0.63	99.37		
Nº 8	2.360						<b>3. Clasificación</b>
Nº 10	2.000	1.05	0.51	1.14	98.86		Limite Liquido (%) <span style="float: right;">38.6</span>
Nº 16	1.190						Limite Plastico (%) <span style="float: right;">19.8</span>
Nº 20	0.850	2.32	1.13	2.27	97.73		Indice de Plasticidad (%) <span style="float: right;">18.8</span>
Nº 30	0.600						Clasificación SUCS <span style="float: right;">CL</span>
Nº 40	0.420	2.65	1.29	3.58	96.44		Clasificación AASHTO <span style="float: right;">A-8 (12)</span>
Nº 50	0.300	2.06	1.00	4.56	95.44		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	1.45	0.71	5.27	94.73		
Nº 200	0.075	0.89	0.43	5.70	94.30		
Pasante		193.8	94.3	100.0			



Observación:

Leonidas Murga Vásquez  
TÉCNICO LABORATORISTA





## ANEXO IV: Resultados de los Ensayos de Limites de Consistencia

	<b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b> Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI Email: leonidasnmvas@hotmail.com RPH #947009877 TELEF. 074-456484 CODIGO OSCE N° S0090112 LABORATORIO SEGENMA
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

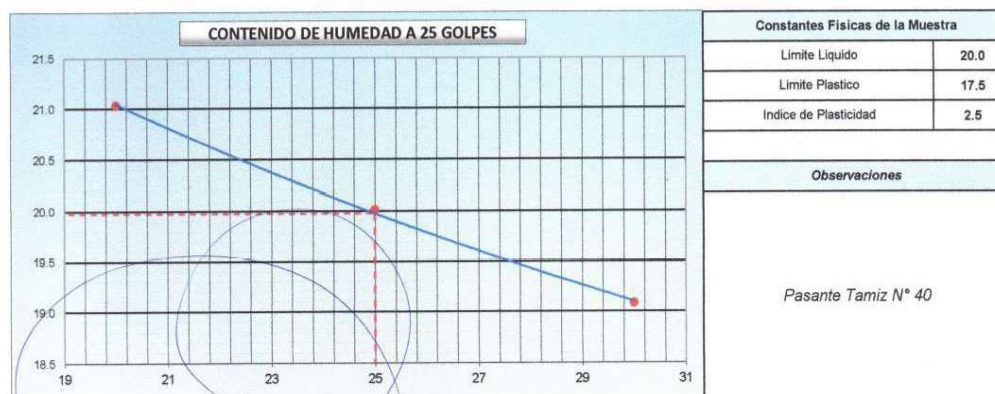
SOLICITANTE	: Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ
PROYECTO	: "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".
UBICACIÓN	: DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
SPT	: SPT1-M1
PROFUNDIDAD	: 0.20 m. a 1.45 m.
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2021

### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		5	6	7	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	44.87	56.60	46.41	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	40.73	51.34	42.01	
Peso de Tarro	gr.	21.05	25.04	18.95	
Peso de Agua	gr.	4.14	5.26	4.40	
Peso del Suelo Seco	gr.	19.68	26.30	23.06	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	21.03	20.01	19.08	<b>20.0</b>
Numero de Golpes		20	25	30	

### DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		8	9		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	51.91	61.36		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	47.48	56.13		
Peso de Tarro	gr.	21.45	27.11		
Peso de Agua	gr.	4.43	5.23		
Peso de Suelo seco	gr.	26.03	29.02		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	17.02	18.03		<b>17.5</b>



  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

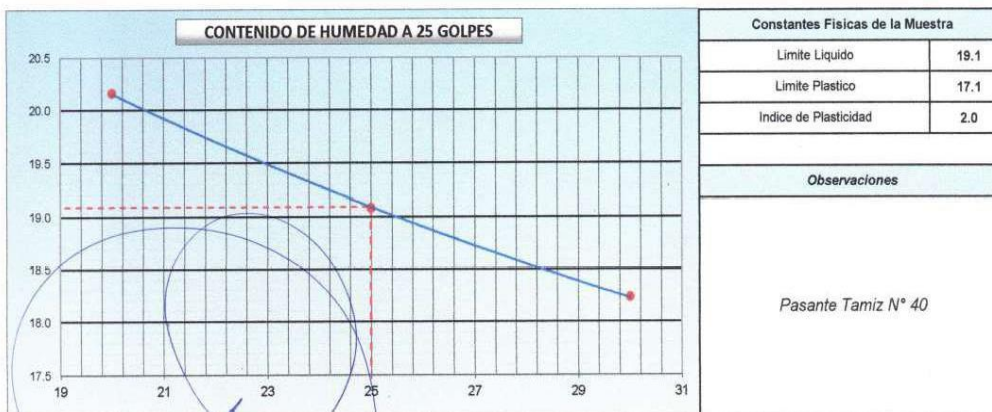
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT1-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.45 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		20	25	26	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	38.93	44.16	44.69	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	35.25	40.29	40.74	
Peso de Tarro	gr.	17.02	20.03	19.08	
Peso de Agua	gr.	3.68	3.87	3.95	
Peso del Suelo Seco	gr.	18.23	20.26	21.66	
Contenido de Humedad	%	20.16	19.08	18.23	
Numero de Golpes		20	25	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		29	32		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	48.32	45.49		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	44.43	41.90		
Peso de Tarro	gr.	20.87	21.54		
Peso de Agua	gr.	3.89	3.59		
Peso de Suelo seco	gr.	23.56	20.36		
Contenido de Humedad	%	16.50	17.65		



*Leonidas Murga Vásquez*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERRENAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

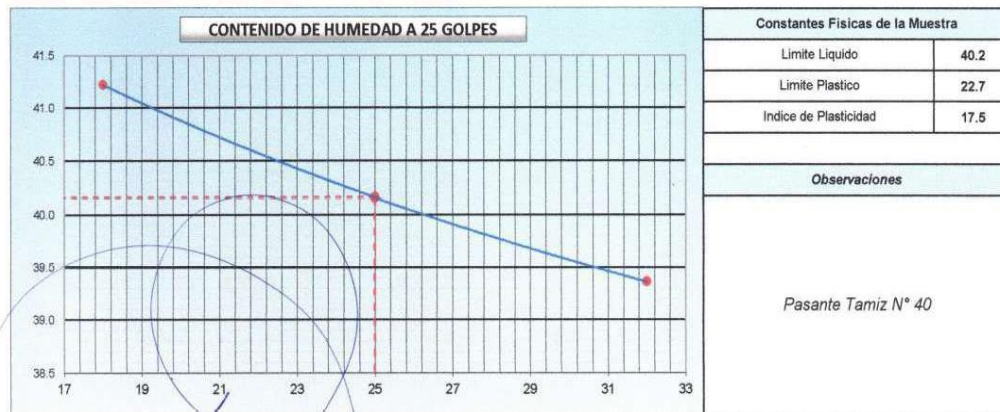
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT1-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		39	45	48	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.12	45.26	50.05	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	44.53	37.40	42.03	
Peso de Tarro	gr.	23.69	17.84	21.65	
Peso de Agua	gr.	8.59	7.86	8.02	
Peso del Suelo Seco	gr.	20.84	19.56	20.38	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	41.22	40.16	39.36	40.2
Numero de Golpes		18	25	32	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		40	50	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	41.04	52.22	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	37.17	46.65	
Peso de Tarro	gr.	19.68	22.62	
Peso de Agua	gr.	3.87	5.57	
Peso de Suelo seco	gr.	17.49	24.03	Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	22.13	23.19	22.7



Leonidas Murga Vásquez  
TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERRENAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° 50090112  
LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

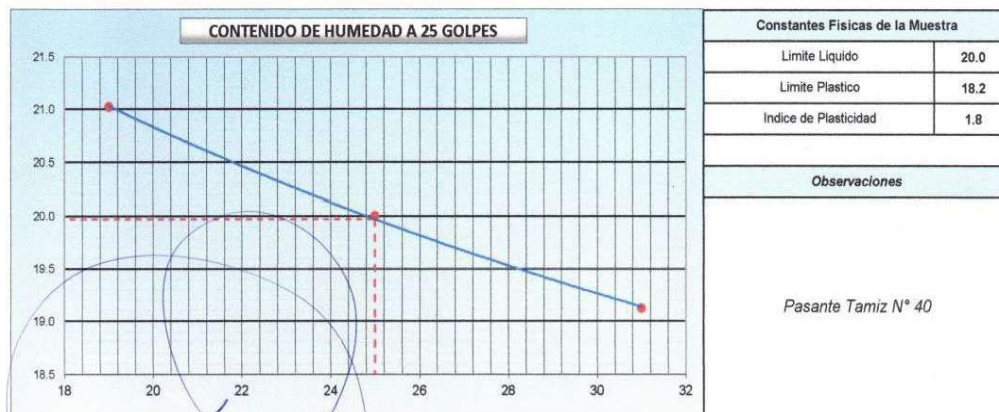
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT2-M1  
 PROFUNDIDAD : 0.20 m. a 1.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		51	52	53	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	52.24	49.92	51.05	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	46.51	45.08	46.53	
Peso de Tarro	gr.	19.26	20.89	22.91	
Peso de Agua	gr.	5.73	4.84	4.52	
Peso del Suelo Seco	gr.	27.25	24.19	23.62	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	21.02	20.00	19.12	20.0
Numero de Golpes		19	25	31	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		54	55		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	46.06	52.71		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	42.44	48.14		
Peso de Tarro	gr.	21.82	23.96		
Peso de Agua	gr.	3.62	4.57		
Peso de Suelo seco	gr.	20.62	24.18		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	17.58	18.91		18.2




 Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

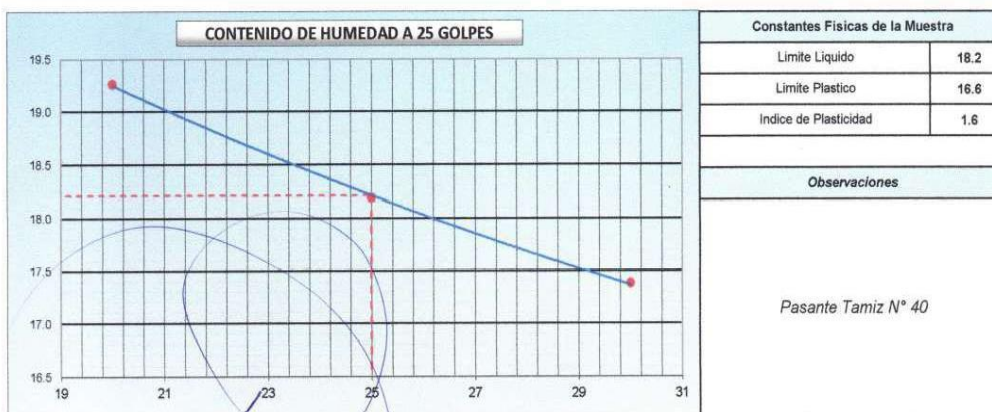
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT2-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.45 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		56	57	58	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	44.55	49.69	43.96	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	41.08	45.59	40.54	
Peso de Tarro	gr.	23.06	23.05	20.87	
Peso de Agua	gr.	3.47	4.10	3.42	
Peso del Suelo Seco	gr.	18.02	22.54	19.67	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	19.26	18.19	17.38	18.2
Numero de Golpes		20	25	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		59	60		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	47.49	48.99		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	44.19	44.73		
Peso de Tarro	gr.	23.60	19.89		
Peso de Agua	gr.	3.30	4.26		
Peso de Suelo seco	gr.	20.59	24.84		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	16.03	17.15		16.6



*Leonidas Murga Vásquez*  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° 50090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

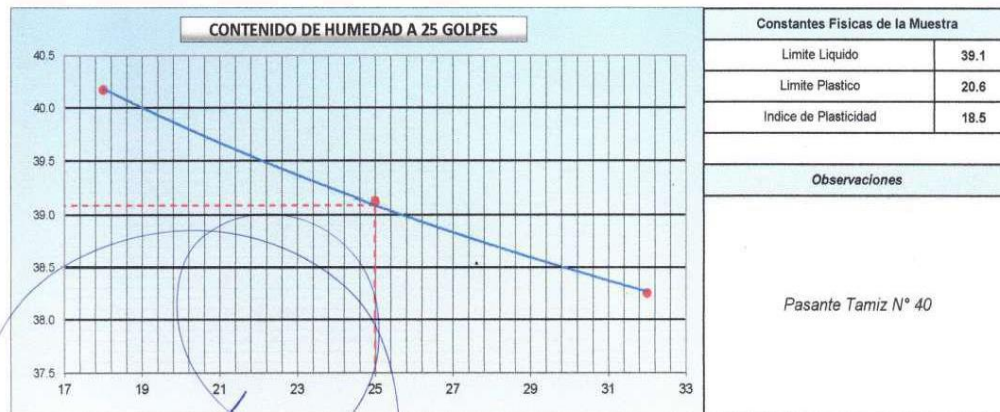
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT2-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		61	62	63	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	43.11	48.27	46.26	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	35.87	40.20	39.00	
Peso de Tarro	gr.	17.84	19.56	20.03	
Peso de Agua	gr.	7.24	8.07	7.26	
Peso del Suelo Seco	gr.	18.03	20.64	18.97	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	40.17	39.12	38.25	39.1
Numero de Golpes		18	25	32	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		64	65		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.31	48.86		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	45.55	42.24		
Peso de Tarro	gr.	21.86	20.44		
Peso de Agua	gr.	4.76	4.62		
Peso de Suelo seco	gr.	23.69	21.80		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.09	21.18		20.6



Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**  
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasymas@hotmail.com RPH #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

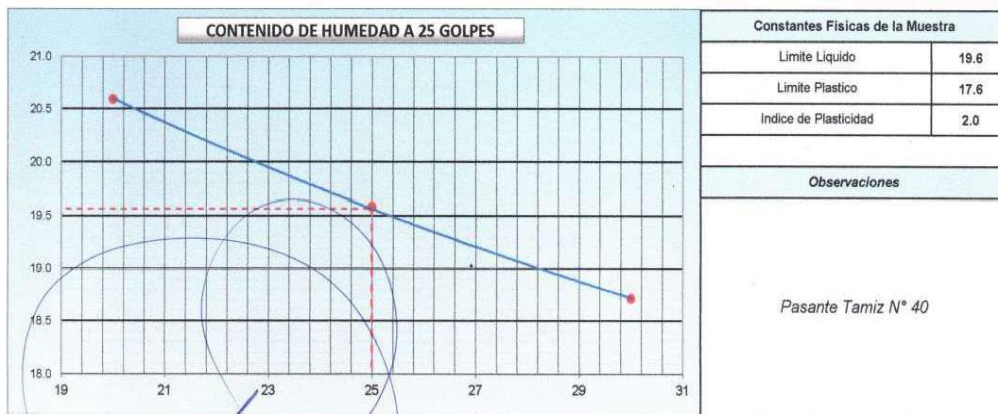
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT3-M1  
 PROFUNDIDAD : 0.20 m. a 1.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		70	71	72	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	55.17	43.94	40.04	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	49.86	39.96	36.50	
Peso de Tarro	gr.	24.05	19.63	17.56	
Peso de Agua	gr.	5.31	3.98	3.54	
Peso del Suelo Seco	gr.	25.81	20.33	18.94	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	20.59	19.58	18.71	19.6
Numero de Golpes		20	25	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		73	74		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	48.22	41.60		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	44.32	38.24		
Peso de Tarro	gr.	21.52	19.62		
Peso de Agua	gr.	3.90	3.36		
Peso de Suelo seco	gr.	22.80	18.62		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	17.12	18.03		17.6



Leonidas Murga Vásquez  
TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**  
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPH #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

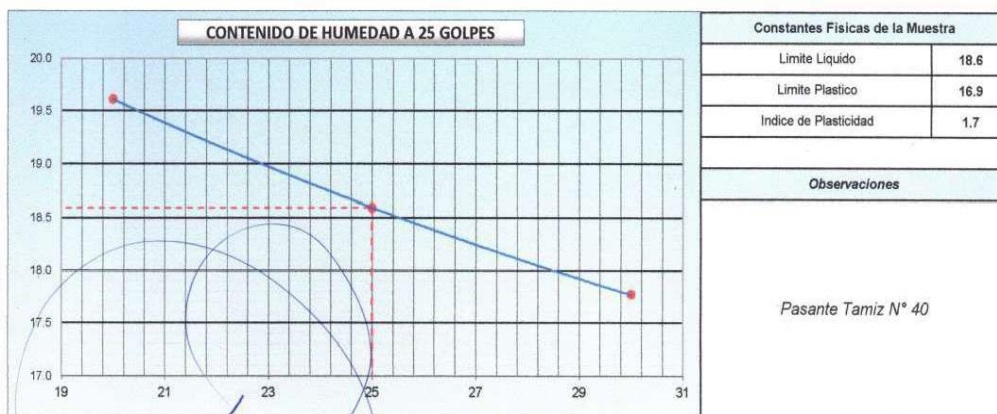
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT3-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.45 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		75	76	77	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	46.66	47.70	41.97	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	42.60	43.30	38.78	
Peso de Tarro	gr.	21.89	19.65	20.84	
Peso de Agua	gr.	4.06	4.40	3.19	
Peso del Suelo Seco	gr.	20.71	23.65	17.94	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	19.61	18.59	17.77	18.6
Numero de Golpes		20	25	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		78	79	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	36.68	43.62	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	33.81	40.21	
Peso de Tarro	gr.	16.32	20.58	
Peso de Agua	gr.	2.87	3.41	
Peso de Suelo seco	gr.	17.49	19.63	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	16.41	17.38	16.9



*Leo el So*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





	<b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b>
	Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI Email: leonidasmv@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484 CODIGO OSCE N° S0090112 LABORATORIO SEGENMA

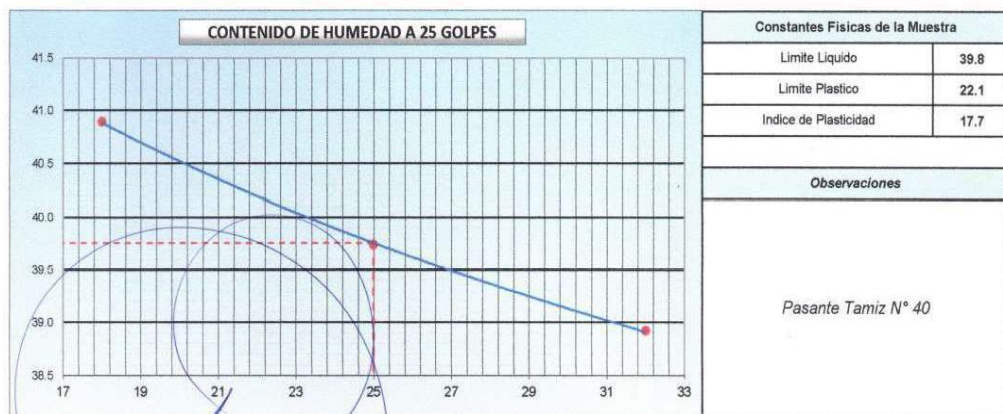
LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)	
SOLICITANTE :	Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ
PROYECTO :	“MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE”.
UBICACIÓN :	DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
SPT :	SPT3-M3
PROFUNDIDAD :	2.45 m. a 5.00 m.
FECHA :	NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		85	89	90	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	42.26	50.90	48.96	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	34.94	42.81	40.84	
Peso de Tarro	gr.	17.05	22.46	19.98	
Peso de Agua	gr.	7.32	8.09	8.12	
Peso del Suelo Seco	gr.	17.89	20.35	20.86	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	40.89	39.74	38.92	39.8
Numero de Golpes		18	25	32	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		94	95		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	51.64	49.76		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	46.34	45.19		
Peso de Tarro	gr.	21.78	25.03		
Peso de Agua	gr.	5.30	4.57		
Peso de Suelo seco	gr.	24.56	20.16		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	21.56	22.68		22.1



  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° 50090112  
LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".

UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE

SPT : SPT4-M1

PROFUNDIDAD : 0.30 m. a 1.50 m.

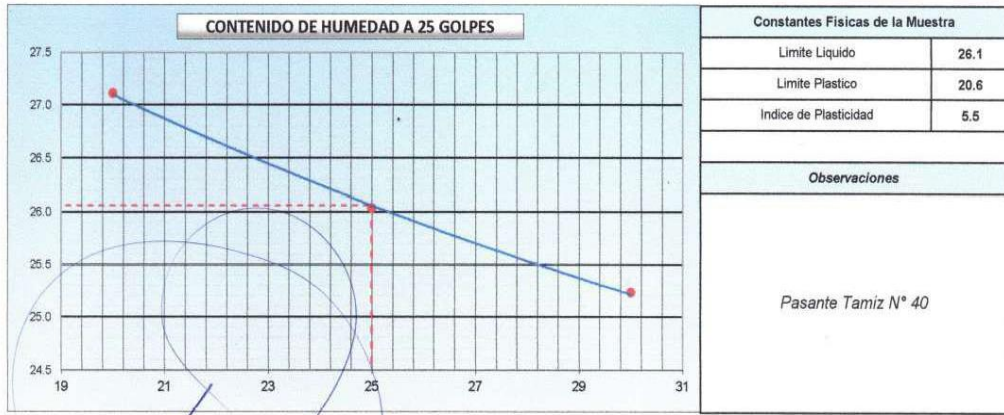
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		111	122	125	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	42.53	47.74	42.80	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	37.21	42.19	38.30	
Peso de Tarro	gr.	17.58	20.87	20.46	
Peso de Agua	gr.	5.32	5.55	4.50	
Peso del Suelo Seco	gr.	19.63	21.32	17.84	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	27.11	26.03	25.23	<b>26.1</b>
Numero de Golpes		20	25	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		187	195		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.27	48.09		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	45.16	43.81		
Peso de Tarro	gr.	19.68	23.62		
Peso de Agua	gr.	5.11	4.28		
Peso de Suelo seco	gr.	25.48	20.19		<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	20.05	21.19		<b>20.6</b>




  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".

UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE

SPT : SPT4-M2

PROFUNDIDAD : 1.50 m. a 2.90 m.

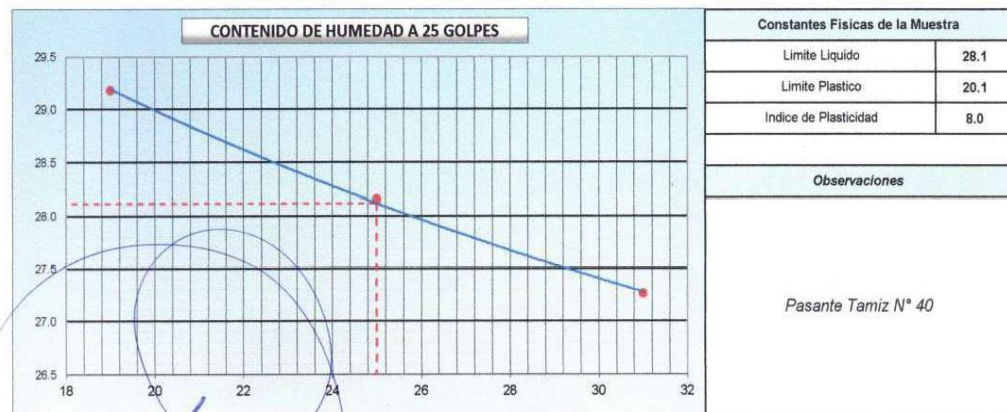
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		198	199	200	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	43.11	53.23	44.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	37.40	46.56	38.13	
Peso de Tarro	gr.	17.84	22.87	16.59	
Peso de Agua	gr.	5.71	6.67	5.87	
Peso del Suelo Seco	gr.	19.56	23.69	21.54	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	29.18	28.15	27.26	<b>28.1</b>
Numero de Golpes		19	25	31	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		201	202		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	43.55	47.49		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	39.71	43.17		
Peso de Tarro	gr.	20.08	22.32		
Peso de Agua	gr.	3.84	4.32		
Peso de Suelo seco	gr.	19.63	20.85		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	19.56	20.71		<b>20.1</b>



20 d' 50  
**Leonidas Murga Vásquez**  
TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

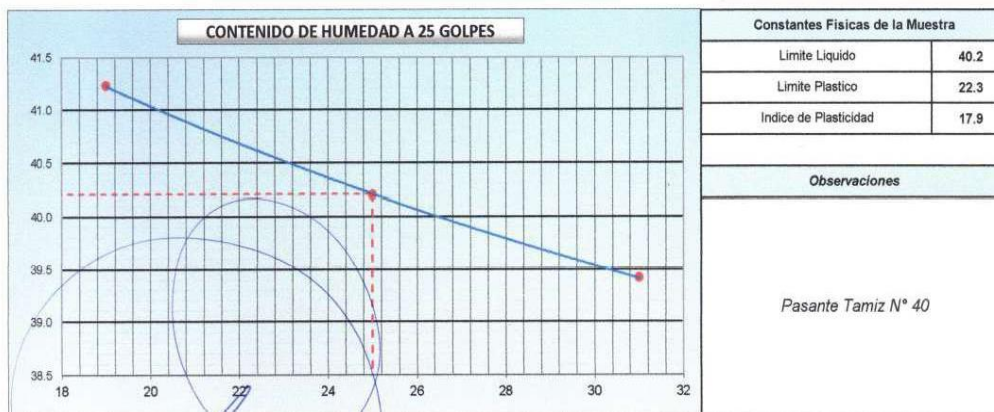
SOLICITANTE	: Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ
PROYECTO	: "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".
UBICACIÓN	: DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
SPT	: SPT4-M3
PROFUNDIDAD	: 2.90 m. a 5.00 m.
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		205	215	218	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	44.30	44.56	52.75	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	37.27	36.94	44.52	
Peso de Tarro	gr.	20.21	17.98	23.65	
Peso de Agua	gr.	7.03	7.62	8.23	
Peso del Suelo Seco	gr.	17.06	18.96	20.87	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	41.23	40.20	39.42	40.2
Numero de Golpes		19	25	31	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		219	220		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	47.54	46.89		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	42.42	42.17		
Peso de Tarro	gr.	18.96	21.48		
Peso de Agua	gr.	5.12	4.72		
Peso de Suelo seco	gr.	23.46	20.69		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	21.82	22.79		22.3



Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".

UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE

SPT : SPT5-M1

PROFUNDIDAD : 0.20 m. a 1.10 m.

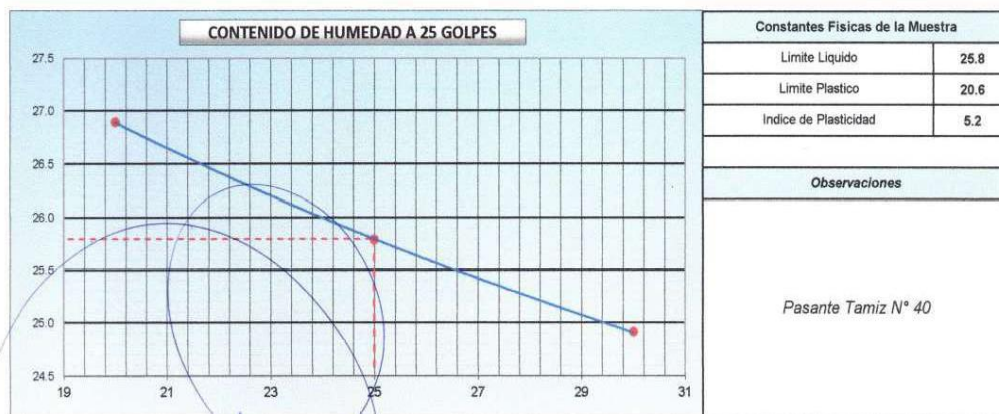
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		220	236	245		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	46.11	45.37	54.76	" "	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	40.25	40.24	48.83		
Peso de Tarro	gr.	18.46	20.35	25.04		
Peso de Agua	gr.	5.86	5.13	5.93		
Peso del Suelo Seco	gr.	21.79	19.89	23.79		<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	26.89	25.79	24.91		<b>25.8</b>
Numero de Golpes		20	25	30		

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		259	260			
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	43.94	42.25		" "	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	39.95	38.52			
Peso de Tarro	gr.	20.06	20.87			
Peso de Agua	gr.	3.99	3.73			
Peso de Suelo seco	gr.	19.89	17.65			<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	20.06	21.11			<b>20.6</b>



  
 Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

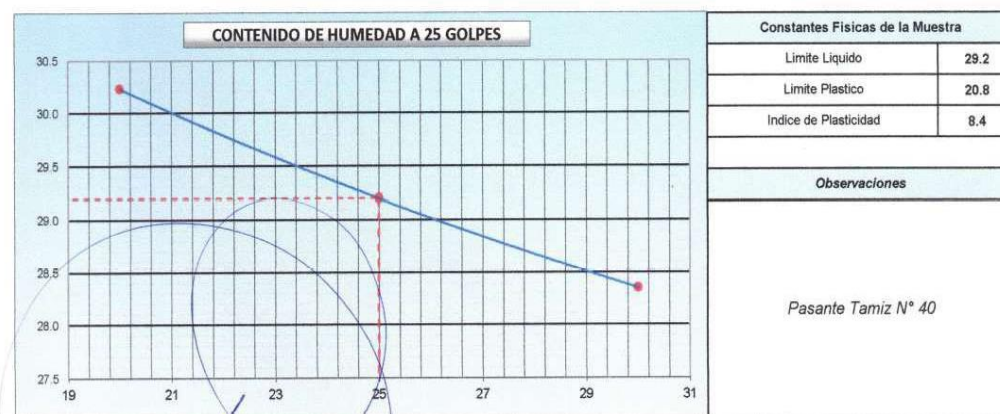
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT5-M2  
 PROFUNDIDAD : 1.10 m. a 2.45 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		265	266	267	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	42.85	50.62	46.29	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	37.39	44.52	40.72	
Peso de Tarro	gr.	19.32	23.64	21.09	
Peso de Agua	gr.	5.46	6.10	5.57	
Peso del Suelo Seco	gr.	18.07	20.88	19.63	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	30.23	29.20	28.35	29.2
Numero de Golpes		20	25	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		291	295		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	48.39	48.16		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	44.25	43.84		
Peso de Tarro	gr.	23.79	23.66		
Peso de Agua	gr.	4.14	4.32		
Peso de Suelo seco	gr.	20.46	20.18		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	20.23	21.39		20.8



*Leonidas Murga Vásquez*  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

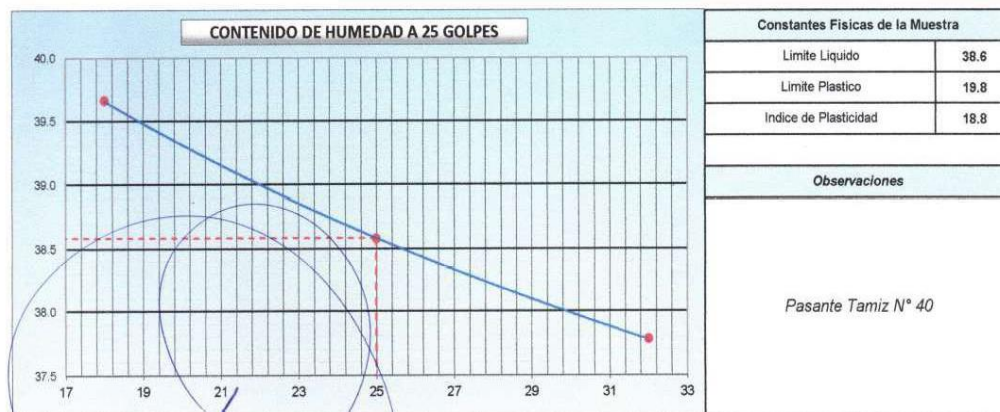
SOLICITANTE : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 SPT : SPT5-M3  
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 5.00 m.  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		299	305	308	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	51.60	51.11	51.29	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	42.26	42.71	43.72	
Peso de Tarro	gr.	18.70	20.94	23.69	
Peso de Agua	gr.	9.34	8.40	7.57	
Peso del Suelo Seco	gr.	23.56	21.77	20.03	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	39.66	38.58	37.78	<b>38.6</b>
Numero de Golpes		18	25	32	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		312	313		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	47.76	45.87		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	43.96	41.67		
Peso de Tarro	gr.	24.18	21.03		
Peso de Agua	gr.	3.80	4.20		
Peso de Suelo seco	gr.	19.78	20.64		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	19.23	20.35		<b>19.8</b>

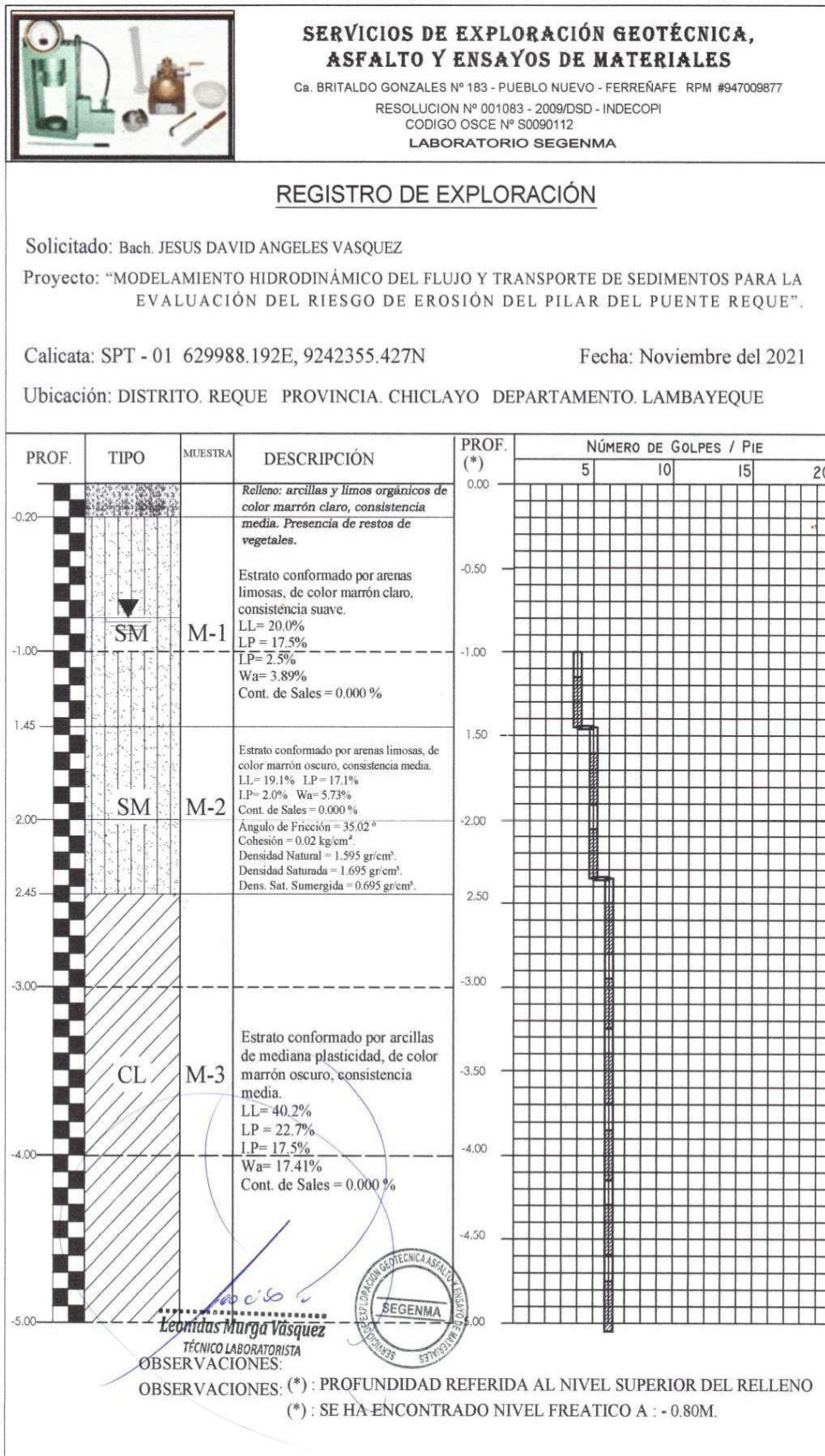


*Leonidas Murga Vásquez*  
 TÉCNICO LABORATORISTA





# ANEXO V: Perfil Estratigráfico de las Calicatas en Estudio





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA,  
ASFALTO Y ENSAYOS DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE RPM #947009877

RESOLUCION N° 001083 - 2009/DSD - INDECOPI

CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

REGISTRO DE EXPLORACIÓN

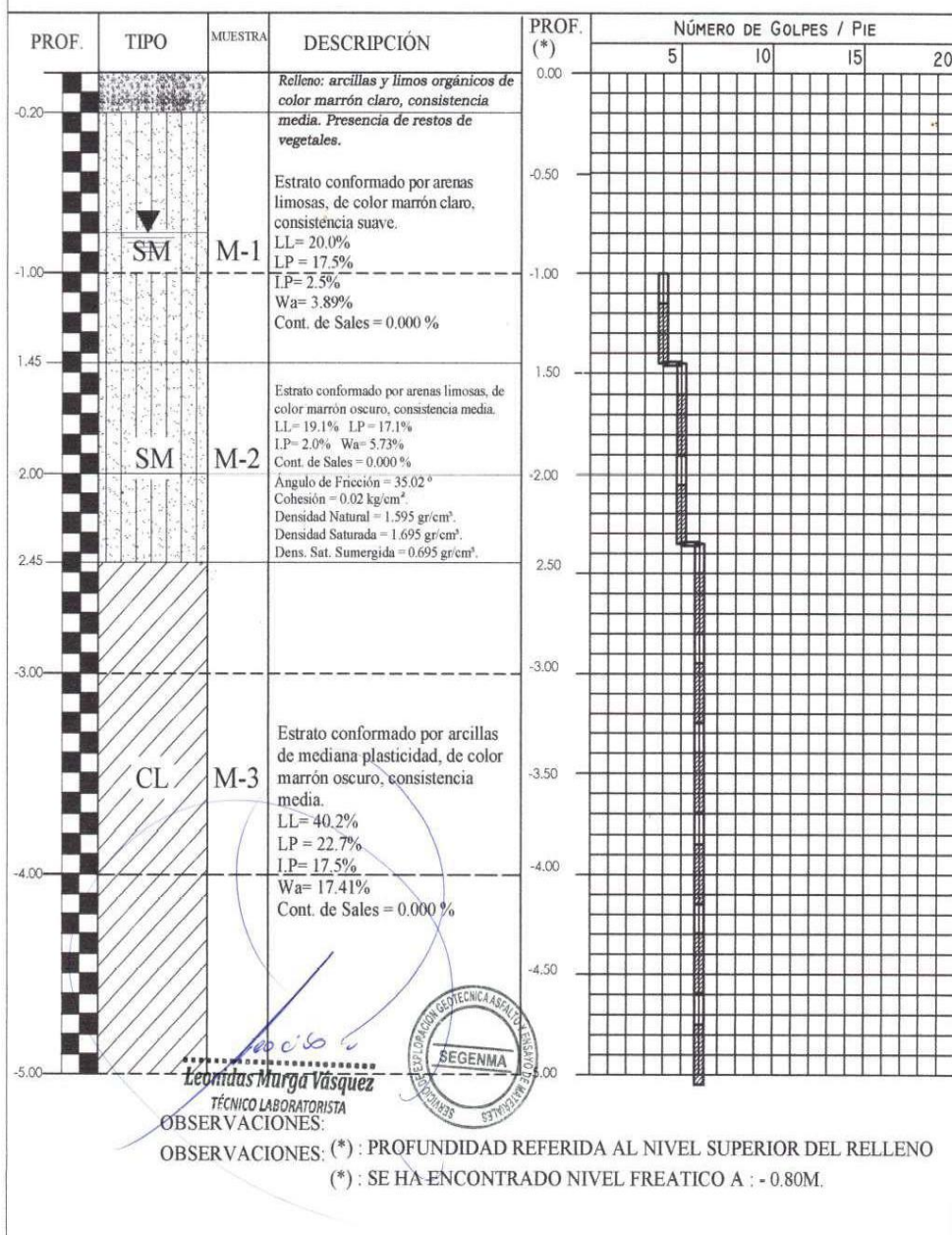
Solicitado: Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ

Proyecto: "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".

Calicata: SPT - 01 629988.192E, 9242355.427N

Fecha: Noviembre del 2021

Ubicación: DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA,  
ASFALTO Y ENSAYOS DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE RPM #947009877  
RESOLUCION N° 001083 - 2009/DSD - INDECOPI  
CODIGO OSCE N° S0090112  
**LABORATORIO SEGENMA**

REGISTRO DE EXPLORACIÓN

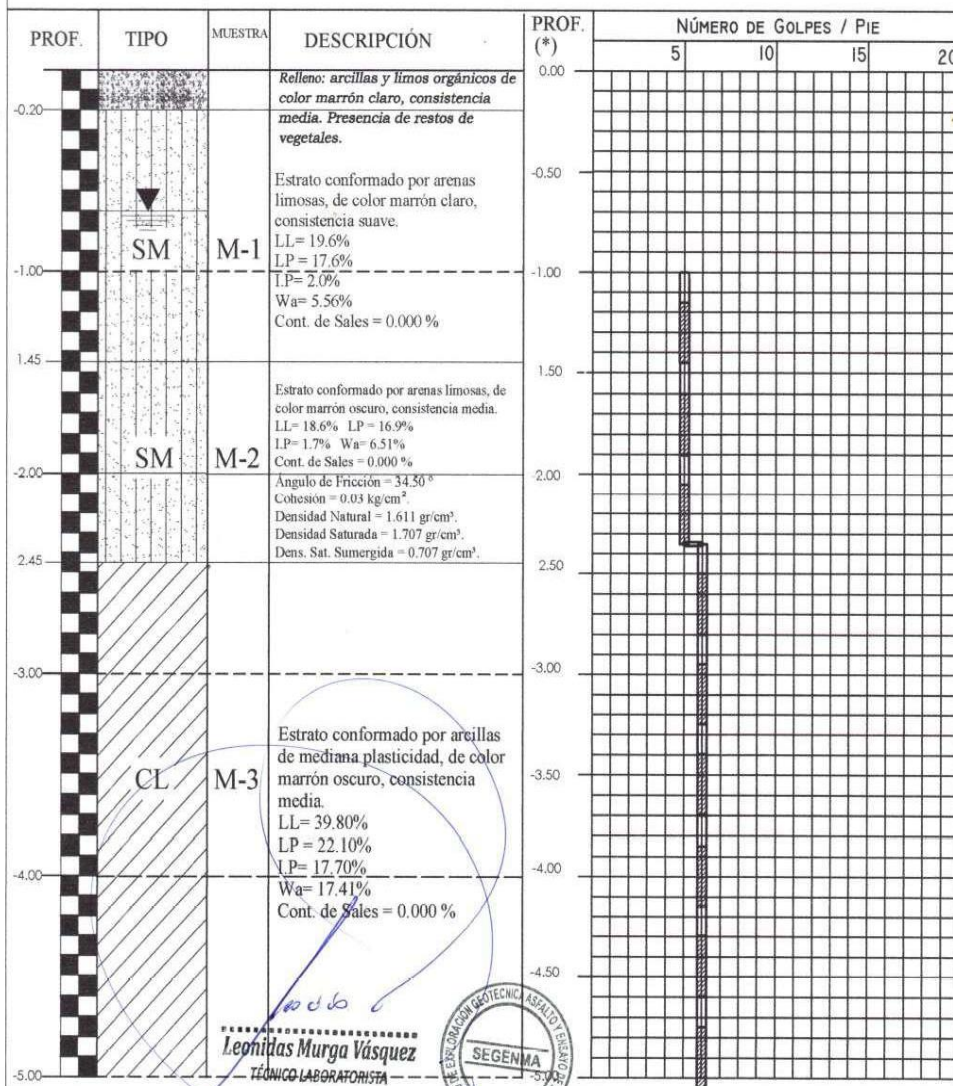
Solicitado: Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ

Proyecto: "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".

Calicata: SPT - 03 629487.781E, 9241912.327N

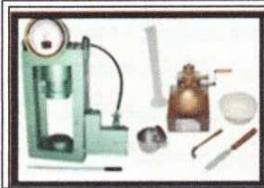
Fecha: Noviembre del 2021

Ubicación: DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE



OBSERVACIONES:  
OBSERVACIONES: (\*) : PROFUNDIDAD REFERIDA AL NIVEL SUPERIOR DEL RELLENO  
(\*) : SE HA ENCONTRADO NIVEL FREÁTICO A : - 0.70M.





## SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE RPM #947009877

RESOLUCION N° 001083 - 2009/DSD - INDECOPI  
CODIGO OSCE N° S0090112

**LABORATORIO SEGENMA**

### REGISTRO DE EXPLORACIÓN

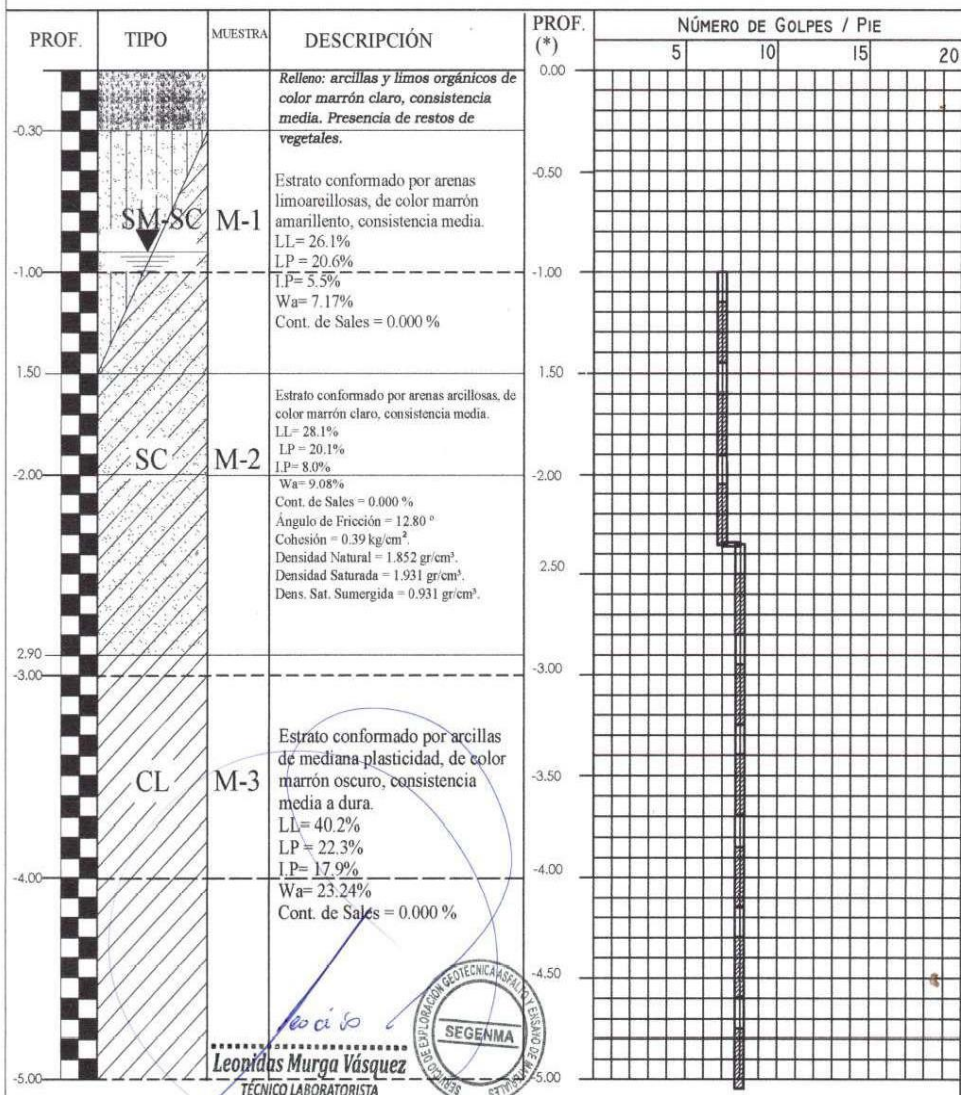
Solicitado: Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ

Proyecto: "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".

Calicata: SPT - 04 929313.736E, 9241586.055N

Fecha: Noviembre del 2021

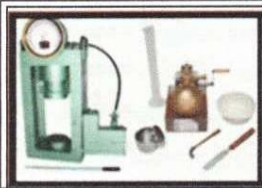
Ubicación: DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE



OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES: (\*) : PROFUNDIDAD REFERIDA AL NIVEL SUPERIOR DEL RELLENO

(\*) : SE HA ENCONTRADO NIVEL FREÁTICO A : - 0.90M.



## SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE RPM #947009877

RESOLUCION N° 001083 - 2009/DSD - INDECOPI  
CODIGO OSCE N° S0090112

**LABORATORIO SEGENMA**

### REGISTRO DE EXPLORACIÓN

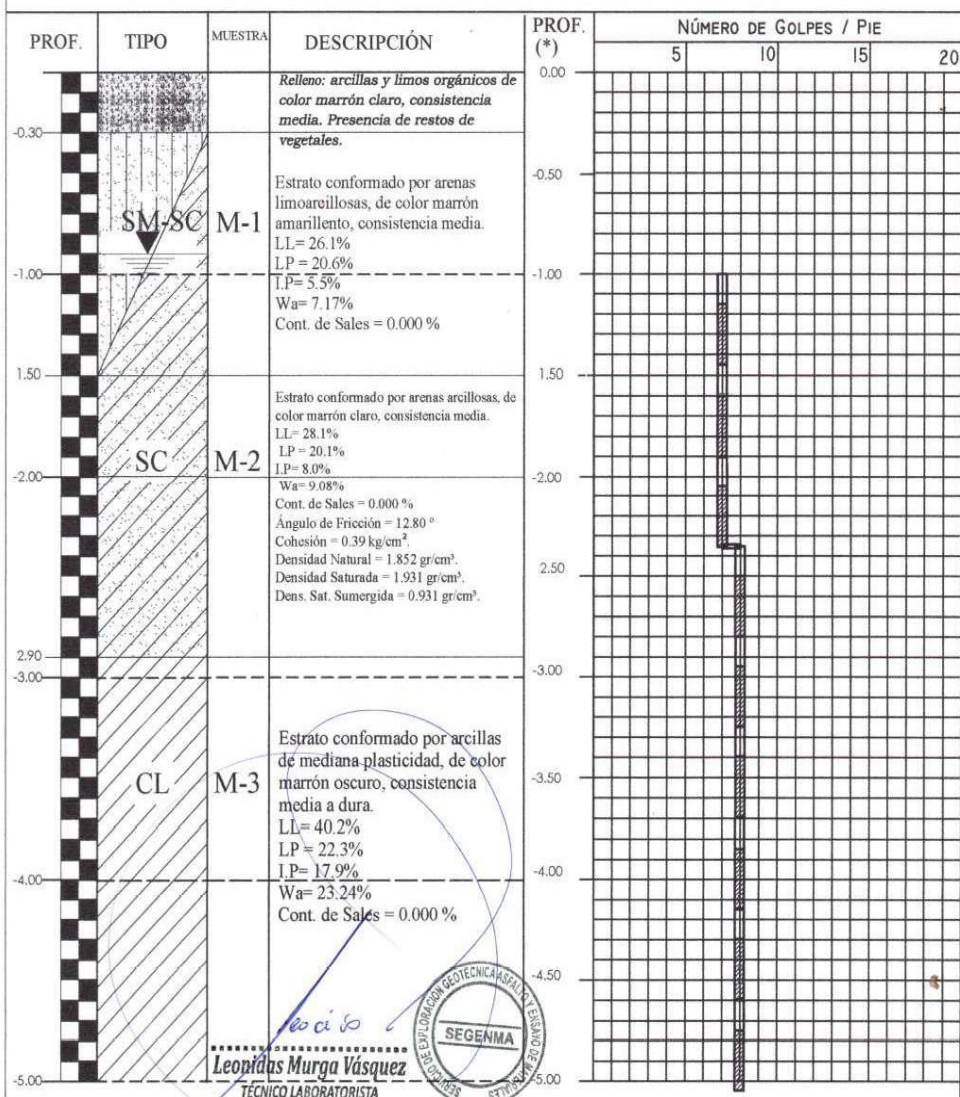
Solicitado: Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ

Proyecto: "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".

Calicata: SPT - 04 929313.736E, 9241586.055N

Fecha: Noviembre del 2021

Ubicación: DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE




OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES: (\*) : PROFUNDIDAD REFERIDA AL NIVEL SUPERIOR DEL RELLENO

(\*) : SE HA ENCONTRADO NIVEL FREÁTICO A : - 0.90M.



## ANEXO VI: Resultados de los Ensayo Determinación de Sal y Contenido Humedad

 <b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b> Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484 CODIGO OSCE N° 50090112 LABORATORIO SEGENMA					
<b>DETERMINACION DE LA SAL (NTP 339.152)</b>					
SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ					
PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".					
UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE					
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021					
POZO - MUESTRA	SPT2- M 1	SPT2- M 2	SPT2- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.20 a 1.45	1.45 a 2.45	2.45 a 5.00		
(1) PESO DEL TARRO	20.89	24.16	22.19		
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	56.39	66.32	45.02		
(3) PESO TARRO SECO + SAL	20.89	24.16	22.19		
(4) PESO SAL ( 3 - 1 )	0.00	0.00	0.00		
(5) PESO AGUA ( 2 - 3 )	35.50	42.16	22.83		
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.000%	0.000%	0.000%		
<b>HUMEDAD NATURAL (ASTM 2216-98)</b>					
SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ					
PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".					
UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE					
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021					
POZO-MUESTRA	SPT2- M 1	SPT2- M 2	SPT2- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.20 a 1.45	1.45 a 2.45	2.45 a 5.00		
N° RECIPIENTE	103	104	105		
1- PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	402.02	366.02	298.02		
2- PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	387.03	349.07	268.03		
3- PESO DEL AGUA	14.99	16.95	29.99		
4- PESO RECIPIENTE	128.94	130.02	128.99		
5- PESO SUELO SECO	258.09	219.05	139.04		
6- PORCENTAJE DE HUMEDAD	5.81%	7.74%	21.57%		

  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**DETERMINACION DE LA SAL (NTP 339.152)**

SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

POZO - MUESTRA	SPT3- M 1	SPT3- M 2	SPT3- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.20 a 1.45	1.45 a 2.45	2.45 a 5.00		
(1) PESO DEL TARRO	17.58	21.63	24.10		
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	61.25	48.23	55.78		
(3) PESO TARRO SECO + SAL	17.58	21.63	24.10		
(4) PESO SAL ( 3 - 1)	0.00	0.00	0.00		
(5) PESO AGUA ( 2 - 3 )	43.67	26.60	31.68		
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.000%	0.000%	0.000%		

**HUMEDAD NATURAL (ASTM 2216-98)**

SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

POZO-MUESTRA	SPT3- M 1	SPT3- M 2	SPT3- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.20 a 1.45	1.45 a 2.45	2.45 a 5.00		
N° RECIPIENTE	106	107	108		
1- PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	593.22	365.02	290.58		
2- PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	568.79	351.06	264.36		
3- PESO DEL AGUA	24.43	13.96	26.22		
4- PESO RECIPIENTE	129.13	136.59	135.05		
5- PESO SUELO SECO	439.66	214.47	129.31		
6- PORCENTAJE DE HUMEDAD	5.56%	6.51%	20.28%		

*Leonidas Murga Vásquez*  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**  
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112  
LABORATORIO SEGENMA

**DETERMINACION DE LA SAL (NTP 339.152)**

SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

POZO - MUESTRA	SPT4- M 1	SPT4- M 2	SPT4- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.30 a 1.50	1.50 a 2.90	2.90 a 5.00		
(1) PESO DEL TARRO	20.64	19.38	21.63		
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	46.36	51.84	50.66		
(3) PESO TARRO SECO + SAL	20.64	19.38	21.63		
(4) PESO SAL ( 3 - 1)	0.00	0.00	0.00		
(5) PESO AGUA ( 2 - 3 )	25.72	32.46	29.03		
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.000%	0.000%	0.000%		

**HUMEDAD NATURAL (ASTM 2216-98)**

SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

POZO-MUESTRA	SPT4- M 1	SPT4- M 2	SPT4- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.30 a 1.50	1.50 a 2.90	2.90 a 5.00		
Nº RECIPIENTE	109	110	111		
1- PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	362.02	405.02	290.58		
2- PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	346.97	382.23	261.25		
3- PESO DEL AGUA	15.05	22.79	29.33		
4- PESO RECIPIENTE	137.05	131.20	135.05		
5- PESO SUELO SECO	209.92	251.03	126.20		
6- PORCENTAJE DE HUMEDAD	7.17%	9.08%	23.24%		

*Leonidas Murga Vásquez*  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO  
Y ENSAYO DE MATERIALES**  
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI  
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° 50090112  
LABORATORIO SEGENMA

### DETERMINACION DE LA SAL (NTP 339.152)

SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

POZO - MUESTRA	SPT5- M 1	SPT5- M 2	SPT5- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.20 a 1.10	1.10 a 2.45	2.45 a 5.00		
(1) PESO DEL TARRO	23.06	20.18	19.68		
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	50.62	49.77	63.25		
(3) PESO TARRO SECO + SAL	23.06	20.18	19.68		
(4) PESO SAL ( 3 - 1)	0.00	0.00	0.00		
(5) PESO AGUA ( 2 - 3 )	27.56	29.59	43.57		
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.000%	0.000%	0.000%		

### HUMEDAD NATURAL (ASTM 2216-98)

SOLICITADO : Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ  
 PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".  
 UBICACIÓN : DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2021

POZO-MUESTRA	SPT5- M 1	SPT5- M 2	SPT5- M 3		
UBICACIÓN					
PROFUNDIDAD (Mt)	0.20 a 1.10	1.10 a 2.45	2.45 a 5.00		
Nº RECIPIENTE	112	113	114		
1- PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	294.02	362.02	351.08		
2- PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	283.32	344.21	316.65		
3- PESO DEL AGUA	10.70	17.81	34.43		
4- PESO RECIPIENTE	129.63	131.05	142.08		
5- PESO SUELO SECO	153.69	213.16	174.57		
6- PORCENTAJE DE HUMEDAD	6.96%	8.36%	19.72%		

  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





ANEXO VII: Resultados de los Ensayo Capacidad Portante

**SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASPALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**PROYECTO: "MODELAMIENTO HIDRODINAMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACION DEL RIESGO DE EROSION DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".**

---

**CAPACIDAD PORTANTE**

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Local</td> <td style="width: 50%;">C2-M2</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">CORRIDO</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">SATURADA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>DETERMINACION</b></td> <td style="text-align: center;"><b>UNIDAD</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>VALOR</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cohesion</td> <td>kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Angulo de friccion interna</td> <td>Grado sexag.</td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico seco #1</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad #1, estado: saturada</td> <td>porcentaje</td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico saturada en el anillo</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico seco #2</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad #2, estado: saturada</td> <td>porcentaje</td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico saturada en el anillo</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico seco #3</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad #3, estado: saturada</td> <td>porcentaje</td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico saturada en el anillo</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico promedio: saturada</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico (γ<sub>1</sub>) saturado y sumergido</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Profundidad del cimientto (D)</td> <td>metros</td> </tr> <tr> <td>Ancho de cimientto (B) o diametro en caso circular (D)</td> <td>metros</td> </tr> <tr> <td><b>CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu</b></td> <td><b>kg/cm<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td>Factor de seguridad</td> <td>adimensional</td> </tr> <tr> <td><b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm</b></td> <td><b>kg/cm<sup>2</sup></b></td> </tr> </table>	Local	C2-M2	CORRIDO		SATURADA		<b>DETERMINACION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>		Cohesion	kg/cm <sup>2</sup>	Angulo de friccion interna	Grado sexag.	Peso volumetrico seco #1	gr/cm <sup>3</sup>	Contenido de humedad #1, estado: saturada	porcentaje	Peso volumetrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup>	Peso volumetrico seco #2	gr/cm <sup>3</sup>	Contenido de humedad #2, estado: saturada	porcentaje	Peso volumetrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup>	Peso volumetrico seco #3	gr/cm <sup>3</sup>	Contenido de humedad #3, estado: saturada	porcentaje	Peso volumetrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup>	Peso volumetrico promedio: saturada	gr/cm <sup>3</sup>	Peso volumetrico (γ <sub>1</sub> ) saturado y sumergido	kg/m <sup>3</sup>	Profundidad del cimientto (D)	metros	Ancho de cimientto (B) o diametro en caso circular (D)	metros	<b>CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Factor de seguridad	adimensional	<b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<p style="text-align: center;">INGRESAR DATOS</p> <p style="text-align: center;">CUADRADA, CIRCULAR O CORRIDO NATURAL O SATURADA</p> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small;">0 = Angulo de Friccion              0 = 44° Nq = 260              0 = 48° Nq = 780</p> </div> <p style="text-align: center;">Factores de Capacidad de Carga para la aplicacion de la Teoria de TERZAGHI</p>
Local	C2-M2																																														
CORRIDO																																															
SATURADA																																															
<b>DETERMINACION</b>	<b>UNIDAD</b>																																														
<b>VALOR</b>																																															
Cohesion	kg/cm <sup>2</sup>																																														
Angulo de friccion interna	Grado sexag.																																														
Peso volumetrico seco #1	gr/cm <sup>3</sup>																																														
Contenido de humedad #1, estado: saturada	porcentaje																																														
Peso volumetrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup>																																														
Peso volumetrico seco #2	gr/cm <sup>3</sup>																																														
Contenido de humedad #2, estado: saturada	porcentaje																																														
Peso volumetrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup>																																														
Peso volumetrico seco #3	gr/cm <sup>3</sup>																																														
Contenido de humedad #3, estado: saturada	porcentaje																																														
Peso volumetrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup>																																														
Peso volumetrico promedio: saturada	gr/cm <sup>3</sup>																																														
Peso volumetrico (γ <sub>1</sub> ) saturado y sumergido	kg/m <sup>3</sup>																																														
Profundidad del cimientto (D)	metros																																														
Ancho de cimientto (B) o diametro en caso circular (D)	metros																																														
<b>CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>																																														
Factor de seguridad	adimensional																																														
<b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>																																														

Contenido de humedad natural #1 = 7.02% Contenido de humedad natural #2 = 7.23% Contenido de humedad natural #3 = 7.45% PESO VOLUMETRICO NATURAL = 1.617 gr/cm <sup>3</sup> PESO VOLUMETRICO SATURADO = 1.720 gr/cm <sup>3</sup>	Peso volumetrico natural #1 = 1.617 gr/cm <sup>3</sup>
--	--

**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASPALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

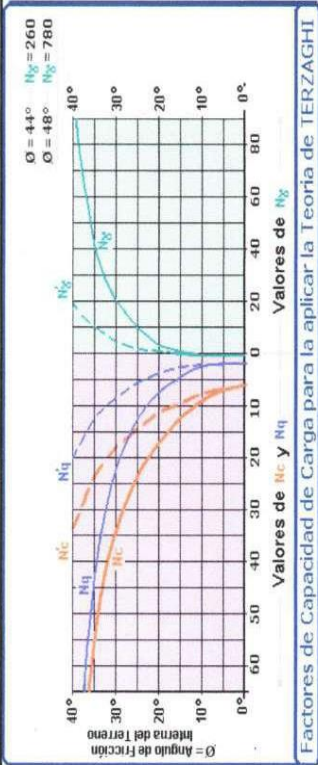
**“MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE”.**

**CAPACIDAD PORTANTE**

Tipo de falla	Local
Denominación	C3-M2
Ubicación	
Tipo de cimentación	
Estado del suelo	CORRIDO SATURADA
DETERMINACIÓN	UNIDAD VALOR
Cohesión	kg/cm <sup>2</sup> 0.03
Ángulo de fricción interna	Grado sexag. 34.50°
Peso volumétrico seco #1	gr/cm <sup>3</sup> 1.516
Contenido de humedad #1, estado: saturada	porcentaje 12.86%
Peso volumétrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup> 1.707
Peso volumétrico seco #2	gr/cm <sup>3</sup> 1.514
Contenido de humedad #2, estado: saturada	porcentaje 12.77%
Peso volumétrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup> 1.708
Peso volumétrico seco #3	gr/cm <sup>3</sup> 1.510
Contenido de humedad #3, estado: saturada	porcentaje 13.05%
Peso volumétrico saturada en el anillo	gr/cm <sup>3</sup> 1.707
Peso volumétrico promedio: saturada	gr/cm <sup>3</sup> 1.707
Peso volumétrico (v1): saturado y sumergido	kg/m <sup>3</sup> 707
Profundidad del cimiento (Df)	metros 1.50
Ancho de cimiento (B) o diámetro en caso circular (D)	metros 1.00
<b>CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA O CARGA LÍMITE qu</b>	kg/cm <sup>2</sup> 1.97
Factor de seguridad	adimensional 3.00
<b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm</b>	kg/cm <sup>2</sup> 0.66

CUADRADA, CIRCULAR O CORRIDO NATURAL O SATURADA

INGRESAR DATOS



Factores de Capacidad de Carga para la aplicación de la Teoría de TERZAGHI

Peso volumétrico natural #1 =	1.611	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad natural #1 =	6.24%	
Contenido de humedad natural #2 =	6.39%	
Contenido de humedad natural #3 =	6.67%	
PESO VOLUMETRICO NATURAL =	1.611	gr/cm <sup>3</sup>
PESO VOLUMETRICO SATURADO =	1.707	gr/cm <sup>3</sup>



Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERRENAFE  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

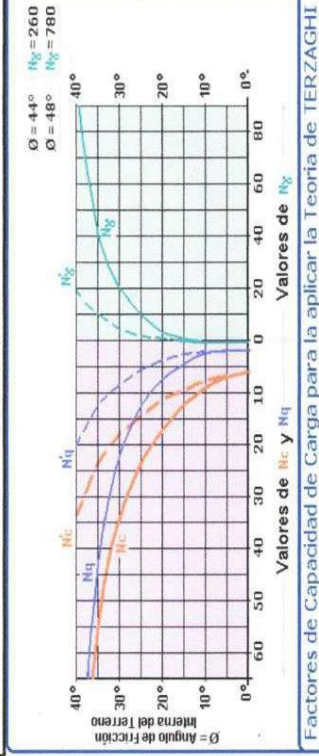
**“MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE”.**

**CAPACIDAD PORTANTE**

Tipo de falla		Local
Denominación		C4-M2
Ubicación		
Tipo de cimentación		CORRIDO
Estado del suelo		SATURADA
<b>DETERMINACIÓN</b>		
Cohesión	UNIDAD	VALOR
Angulo de fricción interna	kg/cm <sup>2</sup>	0.39
Peso volumétrico seco #1	Grado sexag.	12.80°
Contenido de humedad #1, estado: saturada	gr/cm <sup>3</sup>	1.696
Peso volumétrico saturada en el anillo	porcentaje	14.05%
Peso volumétrico seco #2	gr/cm <sup>3</sup>	1.934
Contenido de humedad #2, estado: saturada	gr/cm <sup>3</sup>	1.691
Peso volumétrico saturada en el anillo	porcentaje	14.23%
Peso volumétrico seco #3	gr/cm <sup>3</sup>	1.931
Contenido de humedad #3, estado: saturada	gr/cm <sup>3</sup>	1.686
Peso volumétrico saturada en el anillo	porcentaje	14.29%
Peso volumétrico promedio: saturada	gr/cm <sup>3</sup>	1.927
Peso volumétrico (v1): saturado y sumergido	gr/cm <sup>3</sup>	1.931
Profundidad del cimiento (Df)	kg/m <sup>3</sup>	931
Ancho de cimiento (B) o diámetro en caso circular (D)	metros	1.50
Factor de seguridad	metros	1.00
<b>CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA O CARGA LÍMITE qu</b>	kg/cm <sup>2</sup>	<b>2.57</b>
<b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm</b>	adimensional	<b>3.00</b>
	kg/cm <sup>2</sup>	<b>0.86</b>

CUADRADA, CIRCULAR O CORRIDO NATURAL O SATURADA

INGRESAR DATOS



Contenido de humedad natural #1 =	9.23%	Peso volumétrico natural #1 =	1.852 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad natural #2 =	9.54%		
Contenido de humedad natural #3 =	9.87%		
<b>PESO VOLUMÉTRICO NATURAL =</b>			
<b>PESO VOLUMÉTRICO SATURADO =</b>			

Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASPALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 Email: leonidasmv@hotmial.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° 50090112  
 LABORATORIO SEGENMA

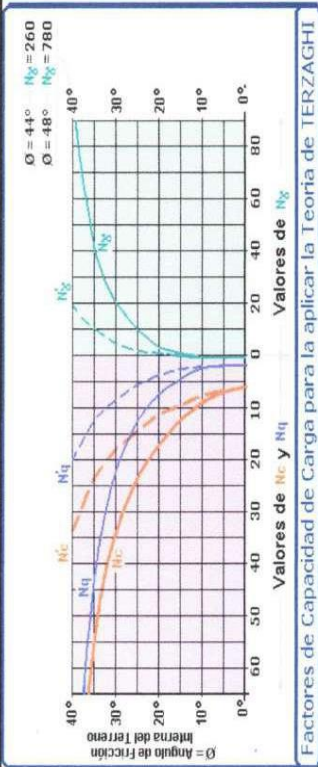
**“MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE”.**

**CAPACIDAD PORTANTE**

Tipo de falla	Local
Denominación	C6-M2
Ubicación	
Tipo de cimentación	CORRIDO
Estado del suelo	SATURADA
<b>DETERMINACIÓN</b>	
Cohesion	UNIDAD VALOR
Ángulo de fricción interna	kg/cm <sup>2</sup> 0.37
Peso volumétrico seco #1	Grado sexag. 13.30°
Contenido de humedad #1, estado: saturada	gr/cm <sup>3</sup> 1.710
Peso volumétrico saturada en el anillo	porcentaje 13.26%
Peso volumétrico seco #2	gr/cm <sup>3</sup> 1.837
Contenido de humedad #2, estado: saturada	gr/cm <sup>3</sup> 1.708
Peso volumétrico saturada en el anillo	porcentaje 13.41%
Peso volumétrico seco #3	gr/cm <sup>3</sup> 1.537
Contenido de humedad #3, estado: saturada	gr/cm <sup>3</sup> 1.705
Peso volumétrico saturada en el anillo	porcentaje 13.97%
Peso volumétrico promedio: saturada	gr/cm <sup>3</sup> 1.843
Peso volumétrico (v1) saturado y sumergido	gr/cm <sup>3</sup> 1.839
Profundidad del cilindro (Df)	kg/m <sup>3</sup> 939
Archo de cimiento (B) o diámetro en caso circular (D)	metros 1.50
<b>CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA O CARGA LÍMITE qu</b>	kg/cm <sup>2</sup> 2.57
Factor de seguridad	adimensional 3.00
<b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm</b>	kg/cm <sup>2</sup> 0.86

CUADRADA, CIRCULAR O CORRIDO NATURAL O SATURADA

INGRESAR DATOS




Contenido de humedad natural #1 =	8.11%	Peso volumétrico natural #1 =	1.849 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad natural #2 =	8.27%		
Contenido de humedad natural #3 =	8.46%		
<b>PESO VOLUMÉTRICO NATURAL =</b>			
<b>PESO VOLUMÉTRICO SATURADO =</b>			



Leonidas Murga Vásquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA

**ANEXO VIII: Resultados de los Ensayo Corte Directo**

		<p align="center"><b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b></p> <p align="center">Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE</p> <p align="center">Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484</p> <p align="center">CODIGO OSCE N° S0090112</p> <p align="center">LABORATORIO SEGENMA</p>				
<p><b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO</b> <b>ASTM D3080-72</b></p>						
<p>SOLICITANTE : <b>Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ</b></p> <p>PROYECTO : <b>"MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".</b></p> <p>SPT : <b>1</b></p> <p>UBICACIÓN : <b>DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE</b></p> <p>FECHA : <b>NOVIEMBRE DEL 2021</b> MUESTRA N° <b>2</b> PROFUNDIDAD: <b>1.50 m</b></p>						
N° DE ESPECIMEN	PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm³)	ESFUERZO NORMAL (kg/Cm²)	PROPORCION DE ESFUERZOS (t/s)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/Cm²)	HUMEDAD SATURADA (%)
1	1.513	0.50	0.741	5.45	0.370	12.02 *
2	1.509	1.00	0.721	5.67	0.721	12.26
3	1.506	1.50	0.714	5.89	1.071	12.58

**RESULTADO**

COHESION (kg/Cm²) : **0.02**

ANGULO DE FRICCION INTERNA (°) : **35.02**

.....  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





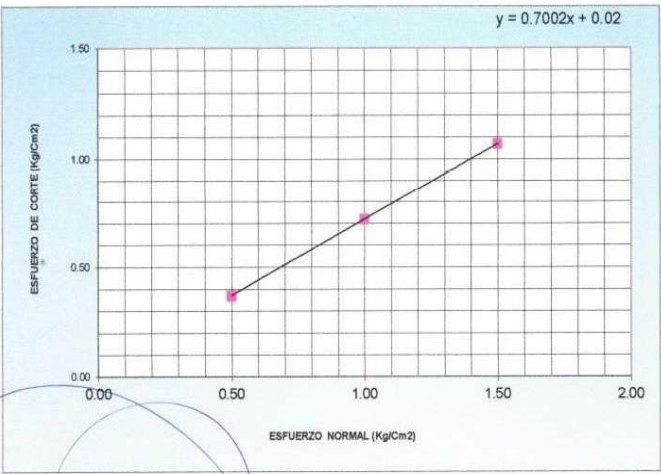
**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
 ASTM D3080-72**

SOLICITANTE : **Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ**  
 PROYECTO : **"MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".**  
 SPT : **2**  
 UBICACIÓN : **DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE**  
 FECHA : **NOVIEMBRE DEL 2021** MUESTRA N° **2** PROFUNDIDAD **1.50 m**

N° DE ESPECIMEN	PESO VOLUMÉTRICO SECO (gr/cm³)	ESFUERZO NORMAL (kg/Cm²)	PROPORCIÓN DE ESFUERZOS (t/s)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/Cm²)	HUMEDAD SATURADA (%)
1	1.511	0.50	0.740	7.02	0.370	13.84
2	1.508	1.00	0.720	7.23	0.720	14.02
3	1.505	1.50	0.714	7.45	1.070	14.26

**RESULTADO**  
 COHESION (kg/Cm²) : **0.02**  
 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°) : **35.00**



*de d 50*  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA







**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE N° S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
 ASTM D3080-72**

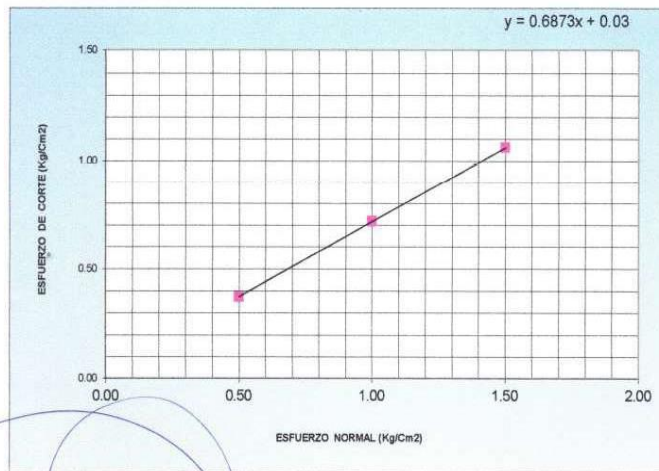
SOLICITANTE : **Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ**  
 PROYECTO :  
**"MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".**

SPT : **3**  
 UBICACIÓN : **DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE**  
 FECHA : **NOVIEMBRE DEL 2021** MUESTRA N° **2** PROFUNDIDAD **1.50 m**

N° DE ESPECIMEN	PESO VOLUMÉTRICO SECO (gr/cm³)	ESFUERZO NORMAL (kg/Cm²)	PROPORCIÓN DE ESFUERZOS (t/s)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/Cm²)	HUMEDAD SATURADA (%)
1	1.516	0.50	0.747	6.24	0.374	12.56
2	1.514	1.00	0.717	6.39	0.717	12.77
3	1.510	1.50	0.707	6.67	1.061	13.05

**RESULTADO**

COHESION (kg/Cm²) : **0.03**  
 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°) : **34.50**



*Handwritten signature and scribbles*

.....  
**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484  
 CODIGO OSCE Nº S0090112  
 LABORATORIO SEGENMA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
 ASTM D3080-72**

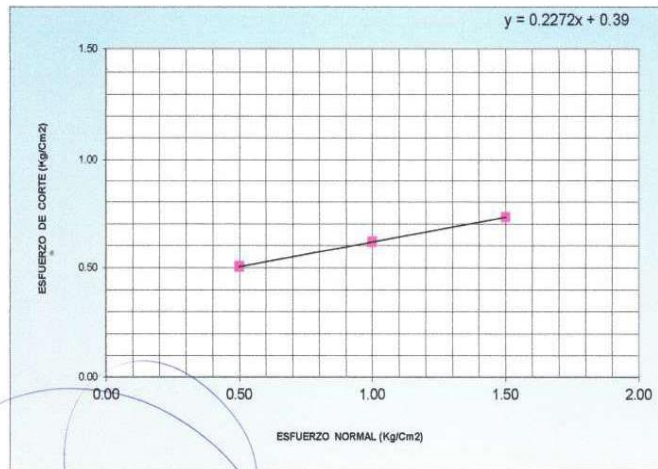
SOLICITANTE : **Bach. JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ**  
 PROYECTO :  
**"MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE".**

SPT : **4**  
 UBICACIÓN : **DISTRITO. REQUE PROVINCIA. CHICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE**  
 FECHA : **NOVIEMBRE DEL 2021** MUESTRA Nº **2** PROFUNDIDAD **1.50 m**

Nº DE ESPECIMEN	PESO VOLUMÉTRICO SECO (gr/cm³)	ESFUERZO NORMAL (kg/Cm²)	PROPORCIÓN DE ESFUERZOS (t/s)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/Cm²)	HUMEDAD SATURADA (%)
1	1.696	0.50	1.007	9.23	0.504	14.05
2	1.691	1.00	0.617	9.54	0.617	14.23
3	1.686	1.50	0.487	9.87	0.731	14.29

**RESULTADO**

COHESION (kg/Cm²) : **0.39**  
 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°) : **12.80**



*Handwritten signature and scribbles*

**Leonidas Murga Vásquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



**ANEXO IX: Carta dirigida a Senamhi por parte de la Universidad Señor de Sipán**



**“AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA”**

Pimentel, 17 de noviembre del 2021

Señor

**SECRETARIO (A) GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE  
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ – SENAMHI**

Ciudad.-

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo – Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán y desearle éxitos en su gestión institucional.

Asimismo, me permito presentar al estudiante del X ciclo **JESUS DAVID ANGELES VASQUEZ** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, con Código Universitario N° 2172801194, identificado con DNI N° 47285994, para quien solicito se le brinde las facilidades para obtener información Hidrometeorológica del SENAMHI a fin de culminar su tesis denominada **“MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL FLUJO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN DEL PILAR DEL PUENTE REQUE”**.

Seguro de contar con su gentil atención, quedo de usted.

Atentamente,



ADMISIÓN E INFORMES  
074 481610 - 074 481632  
CAMPUS USS  
Km. 5, carretera a Pimentel  
Chiclayo, Perú  
[www.uss.edu.pe](http://www.uss.edu.pe)

**ANEXO X: Solicitud para la obtención de datos Meteorológicos a Senamhi**

PROCEDIMIENTOS PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

**ANEXO 02: FORMATO DE SOLICITUD ESTUDIANTES/TESISTAS - DIRECCIÓN ZONAL**

Señor(a)  
DIRECTOR (A) ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E  
HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI

Presente -

*Jesus David Angeles Vasquez*  
(Nombres y Apellidos)

*Los Chasquis 234 - La Victoria - Chclayo*  
(Dirección)

con DNI N° *47285494* Telf. *942626891* Email.....

Universidad/ Instituto: *Senor de Sipan*

Carrera/  
Profesión: *Ingeniería Civil*

Ante usted me presento y expongo:

Que, (detallar el estudio o proyecto que están realizando y el motivo de solicitud de los datos)



*Solite cierta información para poder desarrollar mi proyecto de Tesis denominado "Modelamiento Hidrodinámico del flujo y Transporte de sedimentos para la evaluación del riesgo de erosión del Pinar del Quinto Roque"*

Solicito la siguiente información:



ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS	PERÍODOS
<i>Bocatoma Monsefu-Reque</i>	<i>- Registro caudales, precipitaciones, viento, humedad relativa y Temperatura</i>	<i>2015-2020</i>

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico: *avasquezjesus.da@crece.uvs.edu.pe*

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

*17* de *Noviembre* del 20 *21*

*[Firma]*  
Firma del Usuario 



ANEXO 03: FORMATO DE DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Jesus David Angeles Vasquez identificado (a) con DNI N° 47285994 con domicilio en Los Chasquis 234 en el Distrito de La Victoria Provincia de Chilayo Departamento Lambayeque

DECLARO BAJO JURAMENTO, QUE

La información hidrometeorológica proporcionada por SENAMHI, será de uso exclusivo de mi trabajo/proyecto/tesis titulado (a) "Modelamiento Hidrodinámico del flujo y Transporte de Sedimentos de la Universidad/Instituto Señor de Sipan para la evaluación del riesgo de erosión del pilar del Puente Roque"

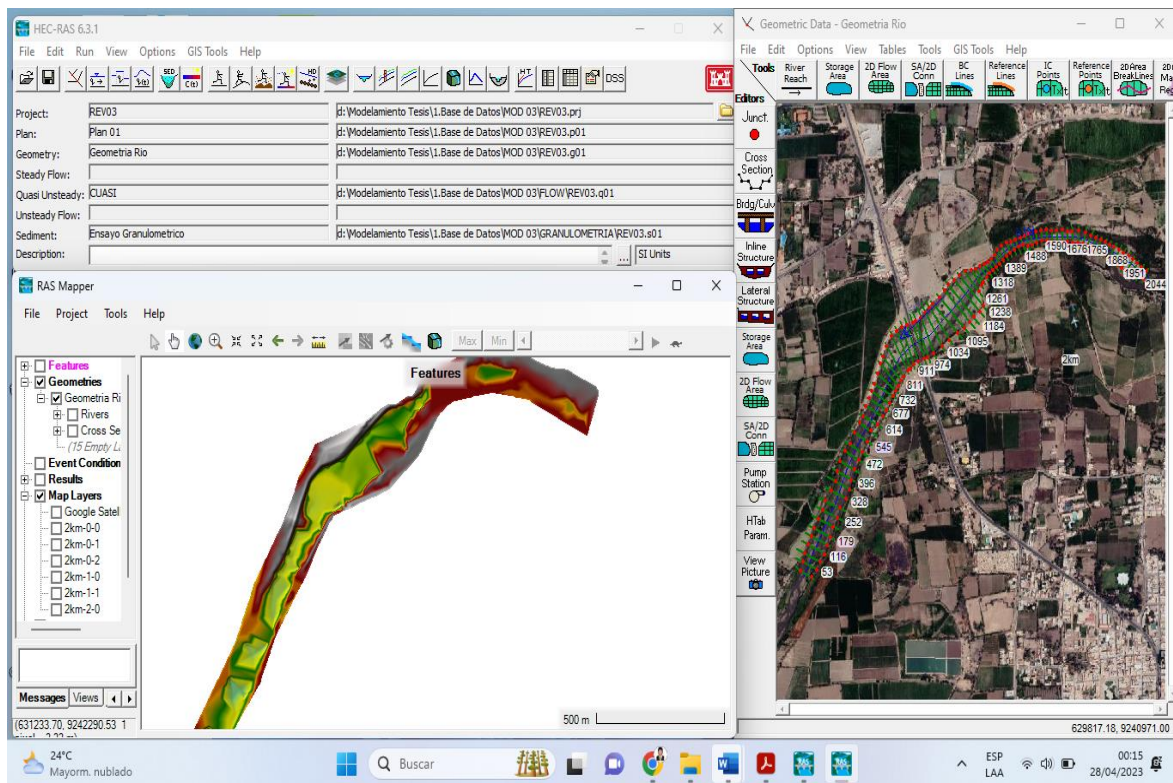
17 de Noviembre del 2021



[Firma]  
Firma del Usuario



## ANEXO XI: Programa Hec-Ras 6.3.1 aplicando en el Modelamiento Hidráulico



## ANEXO XII: Programa HIDROESTA 2 para el cálculo de Probabilidades



**ANEXO XIII: Panel Fotográfico**



**RECONOCIMIENTO VISTA DEL PUENTE REQUE**



**RECONOCIMIENTO DEL TRAMO 1 KM AGUAS ABAJO**





**RECONOCIMIENTO DEL TRAMO 1KM AGUAS ARRIBA**



**IDENTIFICACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL PARA EL INICIO DEL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO AGUAS ARRIBA**



**IDENTIFICACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL PARA EL INICIO DEL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO AGUAS ARRIBA**



**COLOCACION DE PUNTOS FOTOCONTROL PARA EL LEVANTAMIENTO  
FOTOGRAFICO**





**COLOCACION DE PUNTOS FOTOCONTROL PARA EL LEVANTAMIENTO  
FOTOGAMETRICO**



**COLOCACION DE PUNTOS FOTOCONTROL PARA EL LEVANTAMIENTO  
FOTOGAMETRICO**





**INICIO DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO AGUAS ABAJO**



**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EMPLEANDO ESTACION TOTAL**



**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EMPLEANDO ESTACION TOTAL**



**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LOS BORDES DEL RIO**



**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL FONDO DEL RIO**



**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL FONDO DEL RIO**





**REALIZACION DE LA CALICATA N° 01**



**OBTENCION DE MUESTRAS CALICATA N°01**



**REALIZACION DE LA CALICATA N° 02**



**OBTENCION DE MUESTRAS CALICATA N°02**





**REALIZACION DE LA CALICATA N° 03**



**OBTENCION DE MUESTRAS CALICATA N°03**



**REALIZACION DE LA CALICATA N° 04**



**OBTENCION DE MUESTRAS CALICATA N°04**

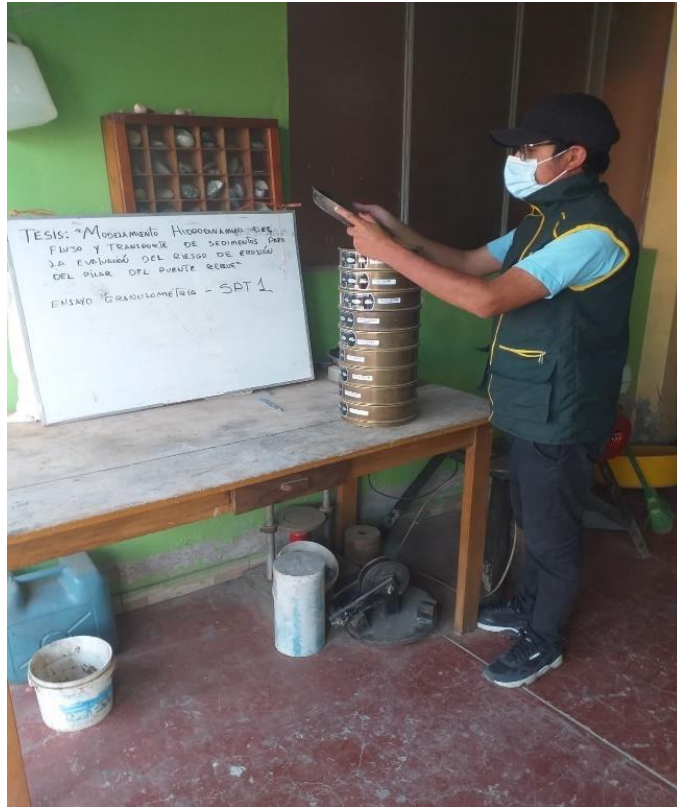




**REALIZACION DE LA CALICATA N° 05**



**OBTENCION DE MUESTRAS CALICATA N°05**



**REALIZACION DEL ENSAYO GRANULOMETRICO**



**REALIZACION DEL ENSAYO GRANULOMETRICO**



**REALIZACION DEL ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA**



**REALIZACION DEL ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA**





**REALIZACION DEL ENSAYO CORTE DIRECTO**



**REALIZACION DEL ENSAYO CORTE DIRECTO**



**REALIZACION DEL ENSAYO SALES SOLUBLES**



**REALIZACION DEL ENSAYO SALES SOLUBLES**



**REALIZACION DEL LA GRAVEDAD ESPECIFICA**



**REALIZACION DEL LA GRAVEDAD ESPECIFICA**