

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Determinación de la distribución granulométrica de suelos
granulares mediante el análisis de imágenes aplicando el
software ImageJ**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Cessy Jhoselyn Huerta Rosales

Asesor:

Ing. Ferrer Canaza Rojas

Lima, septiembre de 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ferrer Canaza Rojas, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

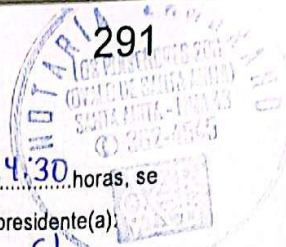
Que la presente investigación titulada: **“Determinación de la distribución granulométrica de suelos granulares mediante el análisis de imágenes aplicando el software ImageJ”** de la autora Cessy Jhoselyn Huerta Rosales tiene un índice de similitud de 4 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 28 días del mes de abril del año 2025.



Ferrer Canaza Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Lima, Naña, Villa Unión, a 02 día(s) del mes de abril del año 2025, siendo las 14:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtra. Fiorella Maira Zapata Antesana Flores, el (la) secretario(a): Dr. Leopoldo Choque Pari y los demás miembros: Mg. Juana Beatriz Aguiar y el (la) asesor(a) Ing. Ferrer Canaza Rojas

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Determinación de la distribución granulométrica de suelos granulares mediante el análisis de imágenes aplicando el software ImageJ" del(los) bachiller/es: a) Cessy Thoselyn Huerta Rosales

b)
c)
conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Cessy Thoselyn Huerta Rosales

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobación</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy bueno</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Asesor/a

Bachiller (a)

Secretario/a

Miembro

Miembro

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica según conforme al Reglamento General de Grados y Títulos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida, porque ha permitido que pueda aprender a lo largo del desarrollo de esta investigación, aprendizaje en diversos aspectos, que me ha enseñado fortaleza y perseverancia. Agradezco a Dios por su protección, por que es el dador de la vida y del esfuerzo humano que sin ello no se podría realizar nada. A él sean los méritos de todo.

Agradezco a mis padres por su constante apoyo, soporte, comprensión y esfuerzo. Siempre me aconsejaron, comprendieron y me ayudaron. Agradezco también sus oraciones, agradezco su preocupación y constante motivación.

Agradezco a mis familiares, amigos y profesionales que estuvieron brindando su apoyo a lo largo de la investigación, cada uno con su grano de arena ha sido parte de esta experiencia muy importante.

Agradezco también a mi asesor, que me ha motivado a realizar esta investigación. Agradezco a su guía precisa para la investigación. Gracias a mi asesor este trabajo fue posible por su guía directa e indirecta mediante su ejemplo como profesional, docente y asesor de otros investigadores. Ha sido una inspiración para esforzarme en la investigación.

Agradezco también a la UPeU, por la grata experiencia a lo largo de mi formación académica. Agradezco por brindar la información ordenada en el proceso de tesis y por la orientación adecuada de los dictaminadores. Agradezco también por su estrategia de fomentar la publicación de artículos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1 Selección de la muestra	9
2.2 Extracción de la muestra digital	9
2.3 Selección de la muestra	10
2.4 Extracción de la muestra digital	10
2.4.1 Calibración en ImageJ.....	10
2.4.2 Procesamiento de imágenes en ImageJ	11
2.4.3 Elaboración de la curva granulométrica	11
2.5 Análisis comparativo con el método de Bland-Altman	12
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
3.1 Resultados y comparación de curvas granulométricas	13
3.2 Análisis estadístico	13
3.3 Discusión	15
3.3.1 Métodos de extracción de muestra digital	15
3.3.2 Curvas granulométricas comparativas	15
3.3.3 Factor del Método de Bland Altman	15
4. CONCLUSIONES	15
5. REFERENCIAS	15

DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS GRANULARES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE IMÁGENES APLICANDO EL SOFTWARE IMAGEJ

Cessy Huerta-Rosales ¹, Ferrer Canaza-Rojas ²

Resumen

Este estudio plantea analizar la aplicabilidad del análisis de imágenes para determinar la distribución granulométrica de suelos granulares, específicamente este estudio analiza partículas gruesas, es decir los agregados de 1/2" y 3/4". El análisis de imágenes es ampliamente utilizado, por su gran capacidad para el estudio de partículas y su contribución en la disminución de costos y tiempo, en contraste con los procesamientos tradicionales para el análisis de partículas. Existen diferentes herramientas para el análisis de imágenes de partículas, el software ImageJ una de las más utilizadas por su versatilidad, este software permite identificar las partículas y analizar sus dimensiones. Para el presente estudio identificaron 3 canteras, de las cuales se trabajó con partículas gruesas de 1/2" y 3/4", posteriormente se extraen las muestras fotográficas de las muestras por 4 diferentes métodos, luego se analizan las partículas en laboratorio y finalmente se contrastan los resultados obtenidos por el método del laboratorio y el método propuesto con el análisis de imágenes. El análisis de los resultados mediante el método de Bland Altman, concluye que los datos pueden ser intercambiables, porque existe concordancia en los resultados, comprobando la capacidad del análisis de imágenes para la determinación de la granulometría. El análisis de imágenes se presenta como una herramienta eficiente y viable para el control de calidad de agregados de 1/2" y 3/4" en canteras. Este enfoque mejora la eficiencia de la industria de los agregados y podría ser escalable a otros tamaños de partículas y tipos de materiales.

Palabras claves: Análisis de imágenes, software ImageJ, Bland Altman, granulometría, suelos granulares.

Abstract

This study aims to analyze the applicability of image analysis to determine the particle size distribution of granular soils. Specifically, this study analyzes coarse particles, that is, the 1/2" and 3/4" aggregates. Image analysis is widely used, due to its great capacity for the study of particles and its contribution to the reduction of costs and time, in contrast to traditional processing for particle analysis. There are different tools for the analysis of particle images, the ImageJ software is one of the most used due to its versatility, this software allows to identify the particles and analyze their dimensions. For the present study, 3 quarries were identified, from which coarse particles of 1/2" and 3/4" were worked, later the photographic samples of the samples are extracted by 4 different methods, then the particles are analyzed in the laboratory and finally the results obtained by the laboratory method and the proposed method are compared with the image analysis. The analysis of the results using the Bland Altman method concludes that the data can be interchanged, because there is agreement in the results, proving the capacity of image analysis to determine particle size distribution. Image analysis is presented as an efficient and viable tool for quality control of 1/2" and 3/4" aggregates in quarries. This approach improves the efficiency of the aggregate industry and could be scalable to other particle sizes and types of materials.

Keywords: Image analysis, ImageJ software, Bland-Altman, granulometry, granular soils.

¹ Facultad de ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú. Autor para correspondencia: cessyhuerta@upeu.edu.pe. <https://orcid.org/0000-0003-1412-4859>

² Universidad Peruana Unión, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-3952-0962>