



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Determinación de variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

MAMANI TINTA, Jean Pierre (ORCID: [0000-0001-9586-1302](https://orcid.org/0000-0001-9586-1302))

**ASESOR:**

Dr. PRINCIPE REYES, Roger Alberto (ORCID: [0000-0002-0498-9544](https://orcid.org/0000-0002-0498-9544) )

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres Saturnino Mamani y Belarmina Tinta, quienes son mi inspiración en cada circunstancia de mi vida.

A mi hermano Alex Esteban Mamani Tinta que desde el cielo me guía y me ilumina en la construcción de mi vida profesional.

Por último, en memoria de mi abuelo Alejandro, mis tíos Paulino y Viviana.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme en cada acontecimiento de mi vida, para lograr cada paso propuesto en mis metas trazadas.

Y a mis Padres, por su amor incondicional y sacrificio por todos los años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A mi hermano por su inmenso amor que me brindó durante su existencia.

Agradezco a mi asesor por la orientación quien con su experiencia y enseñanzas me orientó en la Tesis.

.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA.....  | iii  |
| AGRADECIMIENTO.....                                       | iv   |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....                                  | v    |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                    | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                   | viii |
| RESUMEN .....   | ix   |
| ABSTRACT .....  | x    |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                      | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                    | 6    |
| III. METODOLOGIA.....                                     | 30   |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                 | 30   |
| 3.1.1 Tipo de investigación. ....                         | 30   |
| 3.1.2 Diseño de investigación. ....                       | 30   |
| 3.2. Variables y Operacionalización .....                 | 30   |
| 3.2.1 Variable Independiente. ....                        | 30   |
| 3.2.2 Variable Dependiente.....                           | 31   |
| 3.2.3 Operacionalización de las Variables. ....           | 31   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo.....                   | 31   |
| 3.3.1 Población. ....                                     | 31   |
| 3.3.2 Muestra. ....                                       | 31   |
| 3.3.3 Muestreo. ....                                      | 32   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 32   |
| 3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....               | 32   |
| 3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....           | 32   |
| 3.5. Procedimientos .....                                 | 32   |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                     | 36   |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                | 36   |
| IV. RESULTADOS .....                                      | 37   |
| V. DISCUSIÓN .....  | 48   |
| VI. CONCLUSIONES .....                                    | 50   |
| VII. RECOMENDACIONES .....                                | 51   |
| REFERENCIAS.....  | 52   |

|   |    |
|---|----|
| ANEXOS .....  | 55 |
| UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....  | 56 |
| PLANO DE UBICACIÓN.....   | 57 |
| MATRIZ DE CONSISTENCIA.....   | 58 |
| FICHA DE ANALISIS DE CONTENIDO BOLT IOT.....                                | 60 |
| FICHA DE ANALISIS DE CONTENIDO PARA EL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ..... | 61 |
| FICHA DE OBSERVACIÓN PARA LAS MEDICIONES DEL CONTENIDO DE HUMEDAD .....     | 62 |
| PANEL FOTOGRÁFICO .....   | 63 |
| INFORME DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS.....                                | 66 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Relaciones gravimétricas en los suelos.</i> .....         | 16 |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Relaciones volumétricas en los suelos.</i> .....          | 16 |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Espécimen de ensayo.</i> .....                            | 21 |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Operacionalización de Variables.</i> .....                | 31 |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Parámetros de la placa Bolt.</i> .....                    | 33 |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Mediciones por el método geotécnico.</i> .....            | 38 |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Duración de ensayos.</i> .....                            | 38 |
| <b>Tabla 8.</b> <i>Resumen de resultados de estudio.</i> .....               | 39 |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Matriz de correlación de las mediciones.</i> .....        | 39 |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Escala de correlación de Karl Pearson.</i> .....         | 40 |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Estadísticos de bondad de ajuste.</i> .....              | 41 |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Análisis de Varianza (w%)</i> .....                      | 41 |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Parámetros del modelo (w%)</i> .....                     | 42 |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Prueba de Hipótesis.</i> .....                           | 42 |
| <b>Tabla 15.</b> <i>Resumen de mediciones del sistema informático.</i> ..... | 46 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. <i>Idealización del contenido de humedad de un suelo</i> .....                                    | 12 |
| Figura 2. <i>Método gravimétrico estándar para la adquisición del contenido de humedad de suelos</i> . .... | 13 |
| Figura 3. <i>Método volumétrico de conductividad eléctrica</i> . ....                                       | 14 |
| Figura: 4. <i>Relaciones gravimétricas y volumétricas en un suelo</i> . ....                                | 15 |
| Figura 5. <i>Fases del suelo</i> . ....   | 17 |
| Figura 6. <i>Retención de agua en un suelo</i> .....  | 18 |
| Figura 7. <i>Puntos de ensayo sobre la capa de base de la vía en estudio</i> . ....                         | 31 |
| Figura 8. <i>Placa Bolt</i> . ....  | 33 |
| Figura 9. <i>Cables de conexión</i> . ....  | 34 |
| Figura 10. <i>Sensor de humedad FC – 28</i> . ....  | 34 |
| Figura 11. <i>Módulo Wifi de transmisión</i> . ....   | 34 |
| Figura 12. <i>Celda fabricada para el ensayo</i> .....  | 35 |
| Figura 13. <i>Modem inalámbrico Wi-Fi</i> .....   | 35 |
| Figura 14. <i>Servicio de datos en la nube</i> . ....   | 36 |
| Figura 15. <i>Mediciones del sistema informático</i> .....  | 37 |
| Figura 16. <i>Gráfico de la Regresión lineal</i> . ....   | 40 |
| Figura 17. <i>Gráfico de la primera lectura por móvil y computadora</i> . ....                              | 43 |
| Figura 18. <i>Gráfico de la segunda lectura por móvil y computadora</i> . ....                              | 44 |
| Figura 19. <i>Gráfico de la tercera lectura por móvil y computadora</i> . ....                              | 44 |
| Figura 20. <i>Gráfico de la cuarta lectura por móvil y computadora</i> . ....                               | 45 |
| Figura 21. <i>Gráfico de la quinta lectura por móvil y computadora</i> . ....                               | 45 |
| Figura 22. <i>Gráfico de la sexta lectura por móvil y computadora</i> .....                                 | 46 |

## RESUMEN

La presente investigación no experimental, descriptiva – correlacional y con relevancia transversal, tuvo como objetivo determinar la variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020. Se utilizó como muestra 6 puntos del eje de la calle Roberto Acosta con longitud de 70 metros, distanciados a cada 10 metros. Donde se realizó mediciones del contenido de humedad mediante un sistema informático conformado por un dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad y mediante un ensayo de laboratorio geotécnico. Continuamente se realizó el proceso estadístico de correlación de Karl Pearson de ambas mediciones. Como instrumentos se utilizó el análisis de contenido y ficha de observación.

Durante el desarrollo del sistema informático, fue importante utilizar la plataforma Bolt lot, para visualizar los resultados de manera inmediata y en tiempo real. Se tiene la siguiente conclusión: se ha revelado que existe una fuerte correlación de ambas mediciones, llegándose a determinar el modelo matemático con error porcentual menor al 10% y que el acceso a la información del contenido de humedad es en tiempo real y en cualquier lugar que tenga acceso al internet.

**Palabras clave:** Sistema informático, variabilidad de humedad, correlación de variables.

## **ABSTRACT**

This non-experimental, descriptive – correlational and cross-relevant research aimed to determine the base moisture variability of the pavement by applying a computer system in Acosta Street, Wanchaq-Cusco, 2020. It was used as a sample 6 points of the axis of Roberto Acosta street with length of 70 meters, distanced to every 10 meters. Where moisture content measurements were made using a computer system consisting of a Bolt device connected to a moisture sensor and a geotechnical laboratory test. Karl Pearson's statistical correlation process of both measurements was continuously carried out. Content analysis and observation sheet were used as instruments.

During the development of the computer system, it was important to use the Bolt IoT platform, to visualize the results immediately and in real time. The following conclusion has been reached: it has been revealed that there is a strong correlation of both measurements, with the mathematical model with a percentage error less than 10% being determined and that access to moisture content information is real-time and anywhere that has access to the internet.

**Keywords:** Computer system, humidity variability, variable correlation.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la Ingeniería Civil suele utilizar el suelo de manera continua como un material en beneficio de las construcciones (LAMBE & WHITMAN, 2004) y como cualquier otra obra civil en beneficio de la sociedad es importante tomar en cuenta el control de calidad del material, los cuales deben ser los más idóneos y así lograr conseguir las especificaciones deseadas tanto estructurales, arquitectónicas y seguridad en cualquier obra en satisfacción de los usuarios (ARSA, 2018). Por ende, para tener un correcto proceso en la construcción de un pavimento, se debe tener énfasis y cuidado en el control de la humedad del material granular de la capa de base del pavimento rígido, debido a los diferentes cambios de temperatura que puede experimentar dicho material en el transcurso de la ejecución del proyecto. Paralelamente cabe indicar que al respectivo monitoreo de resultados de un proyecto cual fuese en su afán de observar si es que se satisface con los estándares de calidad concernientes se le califica como control de calidad, el cual es imprescindible y útil para identificar y descartar cualquier causa insatisfactoria que pueda acontecer (LAKSHMI, 2015).

Por ello una de las dimensiones del control de la calidad es la conformidad con los estándares, en donde esta última se define en que la fabricación de algo debe cumplir con las especificaciones del diseño, en este sentido la calidad es inversamente proporcional a la variabilidad, en donde esta última solo puede ser descrita en términos estadísticos. También podemos mencionar que el valor de una medida que corresponde al valor deseado para una determinada característica de la calidad se le llama valor nominal u objetivo, en donde estos valores están delimitados por un rango de valores que se cree que estarán cerca del objetivo como para que no pueda afectar la función o el rendimiento del producto.

Por tal motivo para poder realizar el control de calidad de un producto, es factible medir cierta característica de sí mismo, para poder constatar su compatibilidad con las especificaciones de diseño. También es importante mencionar que la medición es el proceso de asociar números con cantidades físicas, fenómenos. Y es fundamental para las ciencias ya sea la ingeniería, la construcción y otros campos

técnicos. (Enciclopedia Británica, 2016). En el ensayo de suelos, como toda actividad en laboratorio es factible tomar medidas y poder registrarlas, por eso son necesarios equipos e instrumentos (Head, 2006).

En lo que respecta al contenido de humedad de los suelos, debemos recordar que el suelo por lo general está constituido por tres fases: aire, agua y sólidos. Es necesario conocer el volumen de vacíos de un determinado suelo y su contenido de humedad para poder determinar su peso unitario en el campo. En lo que contempla al contenido de humedad el cual este expresado en porcentaje, donde esté en la transición del estado sólido al estado semisólido se le denomina límite de contracción, del estado semisólido al estado plástico se le llama límite plástico y del estado plástico al estado líquido se le llama límite líquido. Estos límites son conocidos también como los límites de Atterberg (Das, 2015). Entonces se puede contemplar que el comportamiento mecánico del suelo se ve alterado por la humedad del mismo.

Dentro de este marco, a nivel internacional se elabora de manera continua los controles de calidad de los materiales, en los cuales se emplean diversos métodos, herramientas y equipos para mantener a los proyectos dentro de los estándares de calidad y así cumplir con las especificaciones que están establecidas en el diseño. En América Latina se emplea los controles de humedad del suelo mediante el método de Prueba Estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua de suelo y roca por masa, dicho método es aceptado concerniente a su precisión y exactitud, pero esto depende mayormente de la calidad de operacionalización del personal a cargo y la capacidad de los equipos que serán utilizados (ASTM D2216 – 19). Por otra parte, también se emplea el método del densímetro nuclear el cual es utilizado para obtener la densidad y el contenido de humedad del suelo en campo. Este método funciona mediante la transmisión directa o retrodispersión de la radiación gamma (ASTM D2922 – ASTM D3017).

Por otro lado, a nivel nacional, el Perú está considerado dentro de los países con una extensa diversificación concerniente al cambio constante de temperaturas, debido a los diferentes cambios climáticos y su implicancia repentina es notoria durante el proceso de ejecución de los proyectos de pavimentación. Por tal motivo para poder tener un control constante de la humedad del material granular se utiliza

también en obra de manera regular el método rápido denominado Speedy, el cual, para poder obtener el contenido de humedad del suelo, se requiere de una reacción química empleando el carburo de calcio como reactivo para evolucionar con el agua establecido en el suelo originando un gas. Se realiza la medición de presión del gas originada cuando se instala una muestra de suelo húmedo en un instrumento de prueba con la cantidad necesaria de reactivo y se mezcla (ASTM D 4944 – 18).

Un ejemplo preciso es la ciudad del Cusco, el cual experimenta diversos cambios repentinos de tiempo en donde puede pasar del sol radiante a una lluvia torrencial en pocos minutos, en tal sentido esto conlleva a un mayor control de la humedad del material granular de la capa de base del pavimento rígido. Ahora bien, es cierto que existe muchos sistemas e instrumentos para poder definirlo, el Método “Prueba Estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua de suelo y roca por masa”, es el considerado como ideal y confiable en sus resultados (ASTM D 2216 - 19), este ensayo tradicional toma entre 24:48 horas según el contenido de finos en la muestra. Es usual que en campo se realice la verificación y control de la humedad utilizando el método rápido Speedy, el cual da resultados en unos 10 a 15 minutos, sin embargo, este método puede tener costos variables, pues se requiere de químicos para su reacción. Debido a los cambios continuos de temperatura en la ciudad del Cusco, se ve la necesidad que no hay un adecuado control en la superficie por la pérdida de la humedad que existe. Esto genera un descontrol en la dosificación de agua que conlleva al reducimiento de la capacidad de soporte en la base granular de un pavimento rígido.

La presente investigación, tiene la finalidad de determinar la variabilidad de humedad en base de pavimento rígido aplicando un sistema informático, puesto que este sistema es progresista y singular para el departamento del Cusco. Este sistema servirá como una alternativa confiable para realizar un regular control de calidad y monitoreo de la humedad del material granular de la base de pavimento. Puesto que, si no se realizan los controles respectivos, conllevará a un defectuoso seguimiento del comportamiento de este material el cual implicará la reducción de la calidad del proyecto.

Según lo expresado lo antedicho se plantea el siguiente problema general: ¿Cuáles son los resultados de aplicar un sistema informático para la determinación de

variabilidad de humedad de base del pavimento en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020? De igual manera, se aprecia los siguientes problemas específicos: ¿El sistema informático permitirá la determinación de variabilidad de humedad de forma rápida y confiable? Además, ¿Los resultados del sistema informático estarán disponibles en forma inmediata y ubicua en un teléfono móvil o una computadora con acceso al internet?

Por consiguiente, la presente investigación se justifica en cuanto a su trascendencia para la sociedad, que será de mucha utilidad y ayudará a todos los profesionales abocados a las distintas especialidades de la ingeniería, fundamentalmente a la ingeniería civil y la geotecnia, a tener un acceso masivo y a costos accesibles a los datos del contenido de humedad del suelo. Por ende, el resultado de esta investigación permitirá que los supervisores, residentes o el personal destinado a los ensayos de laboratorio de obras viales, puedan tener un instrumento adicional para el control de calidad, esto debería enriquecer las decisiones que se tomen en el proceso constructivo del proyecto. El problema que quiere resolver la presente investigación está enfocado en la paciente aplicación de los sensores para la obtención del contenido de humedad de los suelos, por tal motivo ayudará al crecimiento de la tecnología comúnmente designado internet de las cosas, ya que los resultados posibilitarán distinguir la autenticidad de la aplicación de este instrumento en cada procedimiento de toma de datos de las diferentes propiedades geotécnicas de un suelo.

Se propone los objetivos, lo cuales será de mucha ayuda para solucionar el problema, por ende, como objetivo general se tiene: Determinar la variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq Cusco - 2020. Del mismo modo se establecen los objetivos específicos: Diseñar un sistema informático para determinar la variabilidad de humedad de forma rápida y confiable. Asimismo, evaluar si los resultados del sistema informático estarán disponibles en forma inmediata y ubicua.

Igualmente, en esta investigación se expone la hipótesis general H1: La aplicación de un sistema informático para la determinación de variabilidad de humedad de base del pavimento trae resultados favorables. H0: La aplicación de un sistema informático para la determinación de variabilidad de humedad de base del

pavimento no trae resultados favorables. De igual manera se contempla las hipótesis específicas y son H1: El sistema informático permite determinar la variabilidad de humedad con un error porcentual absoluto medio menor o igual al 10% y en un tiempo menor a una hora por cada 6 puntos de medición. H0: El sistema informático interconectado no permite determinar la variabilidad de humedad con un error porcentual absoluto medio menor o igual al 10% y en un tiempo menor a una hora por cada 6 puntos de medición. Además, H1: Los resultados del sistema informático estarán disponibles en un tiempo menor a 30 segundos y serán accesibles desde cualquier teléfono móvil o computadora conectada al internet. H0: Los resultados del sistema informático no estarán disponibles en un tiempo menor a 30 segundos y no serán accesibles desde cualquier teléfono móvil o computadora conectada al internet.

## II. MARCO TEÓRICO

En el transcurso de la compilación de la información se encontró los siguientes trabajos previos a nivel internacional:

Kenan, Barik (2014), en su trabajo de investigación titulado, “Variabilidad espacial en las propiedades de compactación del suelo asociadas con las operaciones de campo” Turquía, el cual tuvo como objetivo determinar los efectos de las operaciones de tráfico de campo sobre los cambios en la variabilidad espacial de la estabilidad de los agregados del suelo (AS), la densidad aparente (DB), la porosidad total (TP), la resistencia a la penetración (PR) y el contenido de humedad volumétrica (VMC) en las diferentes profundidades del suelo como indicadores de compactación del suelo. La metodología empleada fue la toma de muestras de suelo a profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, para luego desarrollar el estudio de Kriging que después prosiguió con la creación de mapas de distribución de variabilidad espacial de AS, BD, TP, PR, y VMC, con intervalos de 1 x 1 m dentro del campo. Por lo cual llegó a la conclusión que el AS, BD, TP, PR y VMC estaban de manera significativa influenciados por la operación y la profundidad de tráfico, en los cuales se produjo efectos con mayor significancia a una profundidad de 0 a 10 cm que a profundidades de 10 a 20 y de 20 a 30 cm.

Cortés, Camacho (2015), en su trabajo de investigación titulado, “Predicción espacial de la resistencia a la penetración del suelo mediante geoestadística funcional” Colombia, el cual tuvo como objetivo analizar los datos de la resistencia a la penetración del suelo (PR) medidos entre 0 y 35 cm de profundidad en 75 sitios mediante el uso de geoestadísticas funcionales (FG). La metodología empleada fue el de manejar una base B-splines de 18 funciones para apreciar las curvas PR para cada uno de los 75 lugares, los cuales se evaluaron mediante una validación cruzada y los resultados se compararon con los sistemas de revelación espacial clásicos (geoestadística univariada) que generalmente se utilizan para estudiar este tipo de información. Por ende, llegó a la conclusión que FG es una herramienta confiable para analizar PR porque se obtuvo una alta correlación entre las curvas observadas y predichas ( $R^2=94\%$ ). Además, los resultados de los análisis

descriptivos calculados a partir de datos de campo y modelos de FG fueron similares para los valores observados y previstos.

Vargas, Rocío; Serrato, Fernando y Torrente, Armando (2015), en su trabajo de investigación titulado, "Variabilidad espacial de las propiedades físicas de un suelo Fluventic Ustropepts en la cuenca baja del río Las Ceibas-Huila" Colombia, el cual tuvo como objetivo la implementación de cultivos de caña, pastos y moringa, fundamentado en el diagnóstico físico-químico del suelo, averiguando una correcta optimización de cultivos amparados en modelos geoestadísticos, con el propósito de mejorar el trabajo en el manejo del suelo. La metodología empleada fue la realización de un trazo de grilla de 50 x 50 m encima del mapa del área, en el cual se referenció una red de puntos en el campo con un receptor Garmin GPSmap-62sc los cuales fueron identificados mediante estacas. Continuamente se seleccionó un total de 26 puntos de muestreo físico del suelo de los cuales 8 puntos para la infiltración en un muestreo de manera aleatoria simple. Luego se analizó las propiedades físicas del suelo, para después practicar el muestreo representativo para poder obtener tres análisis químicos del suelo las cuales se obtuvieron en un laboratorio de suelos. Concluyendo que el análisis geoestadístico facultó el lograr conocer la variación que existe en las propiedades físicas del suelo, en donde la filtración fue la variable que tuvo mayor heterogeneidad con un coeficiente de variación de 54.5%, por otro lado, la porosidad total y la capacidad de campo se determinó que son variables heterogéneas.

Con respecto a compilación de trabajos previos de investigación a nivel nacional se pudo encontrar los siguientes:

Palomino, Chicchon y Rengifo, Sánchez (2018), en su tesis titulada, "Incidencia de la energía de compactación en la determinación de la humedad óptima en los suelos granulares" Esta tesis tiene como objetivo el determinar la incidencia de energía de la compactación para poder tener un óptimo contenido de humedad en suelos granulares al aplicar el Proctor modificado. En el desarrollo de la metodología, se hizo el análisis granulométrico por, lo cual se aplicó lo asentado en el Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 107), después se realizó la clasificación de suelos por medio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Continuamente se definió el límite

líquido y el límite plástico para ambos suelos. Consecuente mente se elaboró el ensayo de Proctor modificado mediante el uso del método “C” para luego variar la energía de compactación iniciando con los 56 golpes por capa compactada. Para luego concluir que la muestra resulto con una densidad seca de  $2.265 \text{ gr/cm}^3$  y su contenido óptimo de humedad fue de  $6.600\%$ , en donde ambos fueron alcanzados con energía de compactación de  $28.35 \text{ kg/cm}^2$  dentro de los 58 golpes por cada capa.

Tello, Nolorve (2019), en su tesis titulada, “Modelo espacial de unidades de suelo en el ámbito de la carretera Iquitos-Nauta, Loreto (Perú)”, el cual tuvo como objetivo la elaboración de un modelo de distribución espacial de porcentajes de la arena, limo y arcilla. En la metodología empleada se aplicaron interpoladores geoestadísticos como es el Kriging ordinario y también la distancia inversa ponderada (IDW), se usó la técnica de predicción fundamentado en la influencia de datos anticipadamente muestreados los cuales se encuentran esparcidos de forma cercana. Además, se eligió los parámetros utilizando procesos estadísticos como es la distribución normal, histogramas, para poder definir cuáles fueron los interpolados como también definir los parámetros de arena, arcilla y limo. Concluyendo que de acuerdo a la realización de análisis exploratorio los parámetros de arena, arcilla y limo, se obtuvo una distribución normal superior a los demás con un respectivo grado de confianza superior al  $95\%$ .

De la Cruz, Cortez y Rios Briceño (2020) en su tesis titulada, “Aplicativo web y móvil para mejorar el proceso de reservas de canchas de Grass sintético de futbol de la Empresa Peloteros de Trujillo, 2020” el cual tuvo como objetivo mejorar el procedimiento de reservas de la Empresa Peloteros, por medio de la implementación de aplicativo web y móvil. La metodología empleada fue el desarrollo de un aplicativo web y móvil, alineado a la metodología híbrida Mobile-D con XP en donde se incorporaron prácticas y entregables. Se concluyó, que, en los resultados de la utilización del aplicativo web y móvil, disminuyo de manera significativa el tiempo de reserva de 5.20 minutos a 1.21 minutos.

Por otro lado, a nivel local Concha, Manuel (2019), con su tesis titulada, “Comparativo de la demanda hídrica en el cultivo de lechuga (*Lactus sativa* L.) con riego por goteo superficial y sub-superficial bajo condiciones del centro agronómico

K'ayra-Cusco", con el objetivo de poder comparar la demanda de agua para cultivar la lechuga, empleando el riego por goteo subsuperficial y el riego por goteo superficial. En cuanto a la metodología se utilizó los lisímetros para monitorear que no ocurra percolación mientras el riego, por ende, en el riego por goteo superficial se indagó con dos casos, con mangueras para la superficie de terreno de cultivo y el otro de igual manera, pero que se le adecuó mulch plástico de 8 cm de la superficie del suelo. Para definir a la diferencia en lo que es demanda de agua de ambos casos, se realizó la irrigación con una estrategia de restitución de humedad empleando sensores electrónicos de humedad volumétrica, electroválvulas y conjuntamente con un controlador electrónico. En donde se concluyó, que el producto de la comparación de demanda hídrica, señala que el riego ubicado subsuperficial, tuvo una demanda de 5.53L de agua y el riego ubicado por goteo superficial con mulch plástico demandó 6.22L.

Ahora se dará conocimiento a las bases teóricas de la investigación:

### Lineamientos Preliminares

El tramo que servirá para la investigación, es la calle Roberto Acosta ubicado en el distrito de Wanchaq en la provincia del Cusco y región del Cusco (*ver anexo 01*), en donde el punto inicial es la intersección de la calle Cedros con la calle Roberto Acosta y el punto final la intersección de la Calle Roberto Acosta con la Av. La Cultura.

Para tener una referencia según el tema de investigación y teniendo siempre presente las variables de estudio, se recurrió a las siguientes bases teóricas:

Medición. - Cuando hablamos de medición, Mattessich (2002), constituye que la medición, es un desarrollo que da cabida a estructurar acciones y correlaciones prácticas dentro de un prototipo formal, un prototipo proporcionado de la matemática.

Gil (2007), nombrando a Stevens, indica "la medición es una retribución de una cierta cantidad de números a objetos, de acuerdo a diferentes normas". El que la suposición de la medición es diferente a la suposición de la medida, esta la percibe (Stevens) como un crecimiento actual y crecientemente ideal de la estadística y la suposición de los conjuntos.

Stevens nombrado por Fernández y Barbei (2006), indica que la medición considera el desarrollo como una forma de enlazar el ejemplo formal denominado estudio de los números a alguna apariencia diferente de objetos o sucesos. Medir es conceder numerales a los elementos o sucesos según normas.

Stevens (1959), nombrado por Mattessich (2002), fundamenta que la medición concede numerales a los elementos o sucesos según a normas. El vocablo numeral es diferente a número, el primero es una posesión o facultad de objeto y el segundo es una cifra.

Ackoff (1962) nombrado por Mattessich (2002), concluye que la medición, es el método del cual se obtiene símbolos que se utiliza para poder simbolizar la idea a definir. Los numerales es la apariencia de exposición de varios símbolos, por consiguiente, no la única.

El procedimiento de medición investiga una igualdad por equiparación, el cual se denomina correlación entre dos conjuntos. El medio general de comparación se designa escala; por tanto, la longitud por medio del metro, el peso con el gramo y el volumen con el litro.

Chapman (1975) nombrado por Gil (2007), precisa que cual fuese el objeto acogido a una medición, un espectador y un método de medición, una medida es objetiva si al mantener sí que se modifique los elementos para su medición, al reincidir esta operación por diversos espectadores de parecida individualización de principio, se crea una medida parecida con el mínimo de grado probable de diferencia. Si se aparta más de la media de las medidas, será mínima la objetividad conseguida por la medida singular.

Burge (1985), nombrado por Gil (2007), indica que el conteo numérico es cualquiera de los métodos por el cual diversas consideraciones pueden ligarse con variables numéricas.

Russel nombrado por Gil (2007), precisa que la medición de magnitudes es cualquier sistema por tanto se fundamenta una correlación única y recíproca, en donde la mayoría y algunas magnitudes de una clase y varios de los números es un hecho cuantitativo básico que no es sustituido por un hecho cualitativo.

Dávila (2009), nombrando a Galtung (1965), indica que la medición es un procedimiento de forma distributiva de unidades de estudio según alguna característica elegida.

Torgerson (1958), precisa que la medición es la retribución de números para poder personalizar propiedades de los métodos materiales en virtud de normas que dirigen estas propiedades.

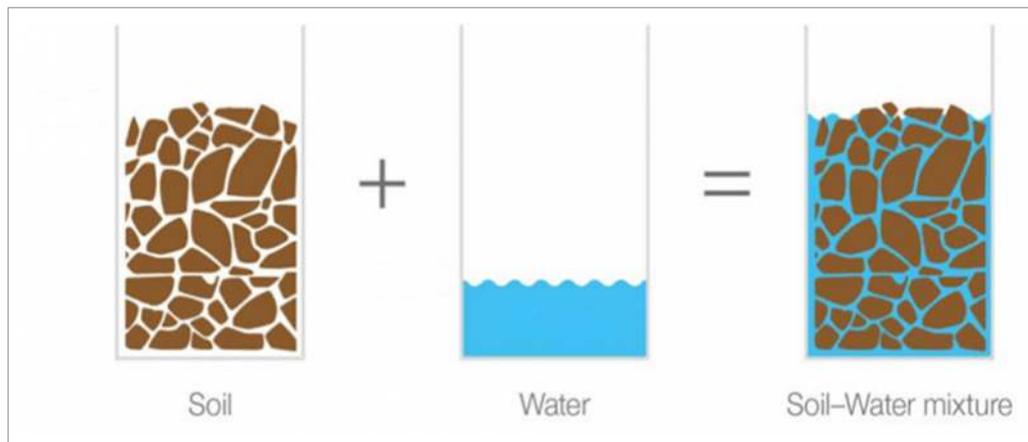
Al recopilar las diferentes posiciones sobre medición, podemos mencionar que la medición es un procedimiento básico que maneja la ciencia, que se refiere en comparar una unidad de medida elegida con el elemento o fenómeno del cual se requiere medir su magnitud física y así indagar la cantidad de unidades que contiene esa magnitud.

Por otro lado, siguiendo la línea de conceptos teóricos de nuestra variable de estudio, es necesario tener claro los siguientes conceptos:

Base de pavimento. - Es la capa el cual recibe mayoritariamente los esfuerzos ocasionados por los vehículos. La carpeta de rodadura es colocada encima de ella, por el hecho que la carga del material friccionante es reducida en la superficie por escasas de confinamiento. Necesariamente adicionado a la compactación, necesita diferente mejoramiento, en otras palabras, una estabilización, para que pueda aguantar las cargas de transito sin deformarse y además que transmita de buena manera a las capas inferiores.

Contenido de humedad del suelo. - es una correlación que existe de un peso de agua comprendida en el suelo en estado natural y el peso del suelo después de secarla en un horno a una temperatura entre los 105°-110°C. Esta humedad se manifiesta en porcentajes, el cual puede cambiar de cero cuando está completamente seca, hasta un máximo comprendido que generalmente no será el 100%. Lo importante del contenido de agua en un suelo, simboliza una de las características más trascendentales para demostrar la conducta de sí mismo. Por ejemplo, podemos mencionar a la cohesión, estabilidad mecánica y, los cambios de volumen. (Scribd, 2018)

**Figura 1.** Idealización del contenido de humedad de un suelo.



Fuente: <http://edafologia.ugr.es/IntroEda/tema03/imagenes/>

La cantidad de agua de un suelo es mencionada como correlación entre la masa de agua encontrada en una muestra de suelo entre la masa seca de la porción o muestra de suelo o el volumen principal de la muestra. Estas afirmaciones estarán linealmente correlacionadas por un coeficiente popular como la densidad aparente del suelo muestreado (Puy, 2006).

La cantidad de humedad de un suelo es la correlación, mencionada como una proporción del peso de agua en una masa tomada de un suelo, al peso de las partículas sólidas.

Métodos de obtención del contenido de humedad en laboratorio, de los cuales podemos mencionar los siguientes:

Métodos gravimétricos. - Existe una variedad de técnicas disponibles para la medición directa al contenido de agua del suelo y la mayoría de ellas se basan en el hecho de que el agua se elimina de una muestra por evaporación, lixiviación o reacción química y se determina la cantidad de agua eliminada. Uno de los métodos más comunes de eliminación de contenido de agua en el suelo, es el método gravimétrico con secado en horno. Este método implica pasar una muestra húmeda, secarlo en horno a 105°C durante 24 – 28 horas, volver a pesar y calcular la masa de agua perdida como una proporción de la masa del suelo seco.

Al método gravimétrico se le considera como al exclusivo método de medición directa de la humedad del suelo. Este método se refiere en tomar una porción de suelo, el cual se tiene que pesar antes y consiguientemente de su secado, evaluar

la cantidad de humedad. La porción del suelo se le estima como seca cuando su carga se mantiene persistente a una temperatura de 105°C. Se ha fabricado diversos equipos de muestreo, tales como el horno de secado y numerosas balanzas calibradas, para ser empleados con el mencionado sistema.

Al método gravimétrico es importante precisar que es el más exacto para la obtención del contenido de humedad del suelo y por ende es imprescindible calibrar el equipo que se utilizara en los diversos sistemas. No obstante, cabe mencionar que no puede ser utilizado de manera continua para conseguir un registro de la humedad del suelo de un sitio cual fuese, ya que es de mucha utilidad sacar muestras del suelo para su respectivo estudio en laboratorio (Ideam, 2018).

**Figura 2.** *Método gravimétrico estándar para la adquisición del contenido de humedad de suelos.*



Fuente: Propia.

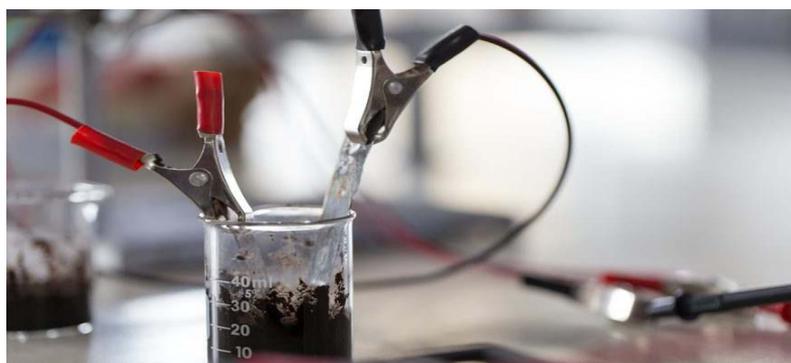
Entonces debemos mencionar que el método gravimétrico es un grupo de técnicas de estudio donde se puede medir una masa de un resultado para definir la presencia de un analito en una muestra. El estudio gravimétrico está basado en dos medidas experimentales: la carga de la porción o muestra que fue adquirida y la carga de sólido que se obtuvo de dicha muestra. Se manifiesta repetidamente en porcentajes de analito, A:

$$\% A = \frac{\text{peso A}}{\text{pesomuestra}} \times 100$$

El resultado pesado (obtenido) es A y su peso se define directamente. El conjunto de reiteradas asociadas con la modificación de unidades métricas en unidades químicas, conjuntamente con las relaciones estequiométricas denominadas factor gravimétrico (Arévalo Duarte, 2016)

Métodos volumétricos. - De los cuales podemos mencionar a la conductividad eléctrica, pues tanto el análisis teórico y experimental ha comprobado que durante el tiempo de tránsito o durante la velocidad de extensión del pulso electromagnético es distribuido al valor de la incesante dieléctrica simulado de un suelo, por la cual la señal de disolución es distributiva a la conductividad eléctrica de la masa del suelo. Por consiguiente, estos parámetros que son la velocidad y la atenuación son muy relacionados con la cantidad de humedad y conductividad eléctrica del lugar y congruentemente con la salinidad del agua del suelo (Flores, 2010).

**Figura 3.** Método volumétrico de conductividad eléctrica.



**Fuente:** <https://www.metergroup.com/environment/articles/calibration-evaluation-ec-5-soil-moisture-sensor/>

Cabe precisar que la medida de la Conductividad Eléctrica de los estratos que se obtuvo de un suelo accede a una consideración próxima cuantitativa del contenido de sales que tiene. La correlación suelo – agua tiene un gran flujo sobre la cantidad y combinación de las sales extraídas siendo indispensable el tener que establecer la relación (Calderón & Pavlova, 1999).

Métodos de obtención del contenido de humedad en campo, el cual mencionaremos:

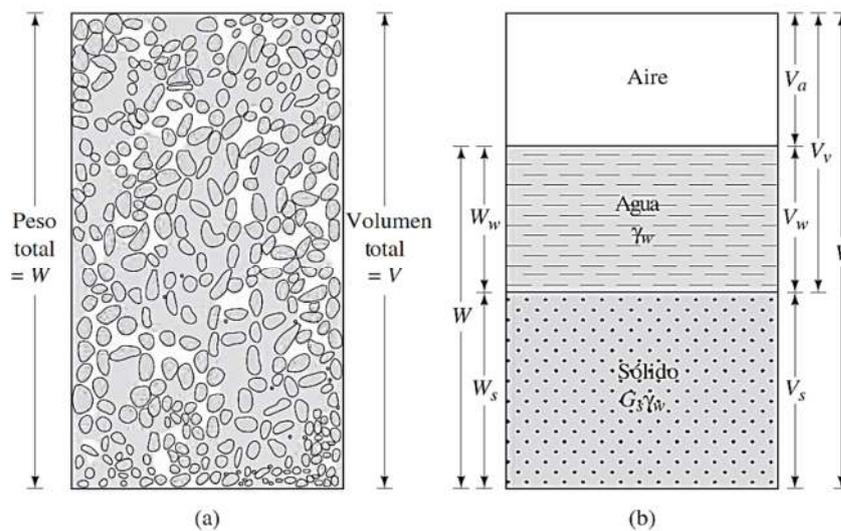
Método gravimétrico. - Este método compromete el tener que recopilar una porción de suelo que al pesarla antes y después de secarla, se evalúa su cantidad de

humedad singular. También es importante mencionar que este método es el más longevo, pero en la actualidad es el más empleado para obtener la cantidad de humedad del suelo. Por ser la única manera de obtener la humedad del suelo directamente. La adquisición de muestras se puede ejecutar por medio de barrenos o tubos de muestreo.

Para definir la cantidad de humedad por gravimetría se requieren distintos pesajes previos: i) que este vacío el vaso de cada muestra, ii) un vaso con la arena húmeda, y iii) un vaso con arena seca. Luego se verifican los valores que corresponde a la cantidad de humedad para luego incluir las muestras en la estufa a 110°C durante 24hs. Una vez que haya pasado el tiempo de secado se separa de la estufa, consecuentemente se dejan enfriar y se pesan. (Hansen, 2018).

Además, mencionaremos a las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas del suelo, en donde para poder extender las correlaciones del peso – volumen se tiene que independizar los tres ciclos del suelo sólido, agua y aire, el cual se observa en la siguiente figura. Se puede ver: a) suelo que está en estado natural; b) los tres ciclos del suelo.

**Figura: 4. Relaciones gravimétricas y volumétricas en un suelo.**



Fuente: Das, 2015.

Consiguientemente se puede deducir lo siguiente:

**Tabla 1. Relaciones gravimétricas en los suelos.**

|                        | Propiedades                     | Muestra Saturada ( $W_s, W_w, G,$ conocidas) | Muestra no Saturada ( $W_s, W_w, G, V,$ conocidas) | Formulas Suplementarias que Relacionan los Factores Medidos y Calculados |                                |                            |                        |
|------------------------|---------------------------------|--|--|--|--------------------------------|----------------------------|------------------------|
| VOLUMEN DE COMPONENTES | $V_s$ Volumen de Sólidos        | $\frac{W_s}{G\gamma_w}$                      |  | $V - (V_a + V_w)$  | $V(1 - n)$                     | $\frac{V_s}{1 + e}$        | $\frac{V_v}{e}$        |
|                        | $V_w$ Volumen de Agua           | $\frac{W_w}{\gamma_w}$                       |  | $V_v - V_a$  | $S V_v$                        | $\frac{S V_e}{1 + e}$      | $S V_{se}$             |
|                        | $V_a$ Volumen de Aire o Gas     | Cero   | $V - (V_s + V_w)$                                  | $V_v - V_w$  | $(1 - S)V_v$                   | $\frac{(1 - S)V_e}{1 + e}$ | $(1 - S)V_{se}$        |
|                        | $V_v$ Volumen de Vacíos         | $\frac{W_w}{\gamma_w}$                       | $V - \frac{W_s}{G\gamma_w}$                        | $V - V_s$  | $\frac{V_s n}{1 - n}$          | $\frac{V_e}{1 + e}$        | $V_{se}$               |
|                        | $V$ Volumen Total de la Muestra | $V_s + V_w$                                  | Medida   | $V_s + V_a + V_w$  | $\frac{V_s}{1 - n}$            | $V_s(1 - e)$               | $\frac{V_v(1 + e)}{e}$ |
|                        | $n$ Porosidad                   | $\frac{V_v}{V}$                              |  | $1 - \frac{V_s}{V}$  | $1 - \frac{W_s}{G V \gamma_w}$ | $\frac{e}{1 + e}$          |                        |
|                        | $e$ Relación de Vacíos          | $\frac{V_v}{V_s}$                            |  | $\frac{V}{V_s} - 1$  | $\frac{G V \gamma_w}{W_s} - 1$ | $\frac{W_w}{W_s S}$        | $\frac{n}{1 - n}$      |

Fuente: Cernica, 1982

Así mismo:

**Tabla 2. Relaciones volumétricas en los suelos.**

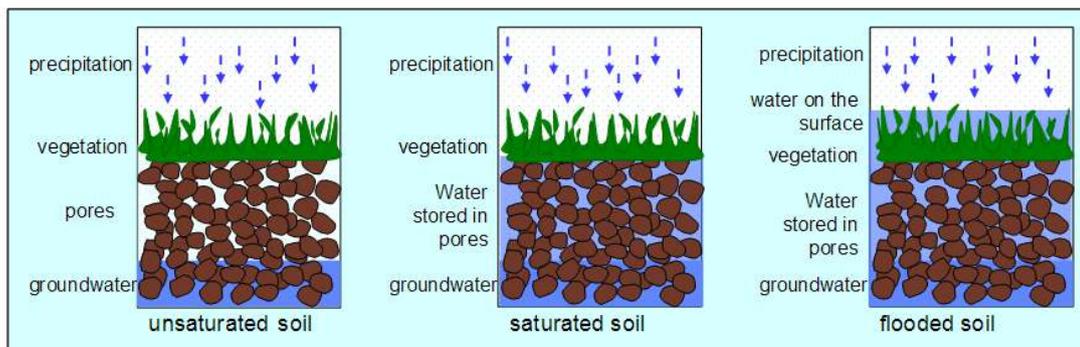
|                                   | Propiedades                    | Muestra Saturada ( $W_s, W_w, G,$ conocidas) | Muestra no Saturada ( $W_s, W_w, G, V,$ conocidas) | Formulas Suplementarias que Relacionan los Factores Medidos y Calculados |                            |                               |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|--|--|--|----------------------------|-------------------------------|--|
| PESOS PARA UNA MUESTRA ESPECIFICA | $W_s$ Peso de Sólidos          | Medida                                       |  | $\frac{W_T}{1 + W}$  | $G V \gamma_w (1 - n)$     | $\frac{W_w G}{e S}$           |  |
|                                   | $W_w$ Peso del Agua            | Medida                                       |  | $w W_s$  | $S \gamma_w V_v$           | $\frac{e W_s S}{1 + e}$       |  |
|                                   | $W_t$ Peso Total de la Muestra | $W_s + W_w$                                  |  | $W_s(1 + w)$   |                            |                               |  |
| PESO S                            | $YD$ Peso Unitario Seco        | $\frac{W_s}{V_s + V_w}$                      | $\frac{W_s}{V}$                                    | $\frac{W_t}{V(1 + w)}$   | $\frac{G \gamma_w}{1 + e}$ | $\frac{G \gamma_w}{1 + wG/S}$ |  |

|                       |                |                         |                               |                               |  |  |  |
|-----------------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|--|--|
|                       | $\gamma_T$     | Peso Unitario Húmedo    | $\frac{W_s + W_w}{V_s + V_w}$ | $\frac{W_s + W_w}{V}$         | $\frac{W_T}{V}$  | $\frac{(G + Se)\gamma_W}{1 + e}$               | $\frac{(1 + w)\gamma_W}{w/S + 1/G}$                              |
|                       | $\gamma_{SAT}$ | Peso Unitario Saturado  | $\frac{W_s + W_w}{V_s + V_w}$ | $\frac{W_s + V_v\gamma_W}{V}$ | $\frac{W_s}{V} + \left(\frac{e}{1 + e}\right)\gamma_W$ | $\frac{(G + e)\gamma_W}{1 + e}$                | $\frac{(1 + w)\gamma_W}{w + 1/G}$                                |
|                       | $\gamma_{SUB}$ | Peso Unitario Sumergido | $\gamma_{SAT} - \gamma_W$     |                               | $\frac{W_s}{V} + \left(\frac{e}{1 + s}\right)\gamma_W$ | $\left(\frac{G + e}{1 + e} - 1\right)\gamma_W$ | $\left(\frac{1 - 1/G}{w + 1/G}\right)\gamma_W$                   |
| RELACIONES COMBINADAS | w              | Contenido de Humedad    | $\frac{W_w}{W_s}$             |                               | $\frac{W_t}{W_s} - 1$                                  | $\frac{Se}{G}$                                 | $s\left(\frac{\gamma_D}{\gamma_W} - \frac{1}{G}\right)\gamma_W$  |
|                       | S              | Grado de Saturación     | 1.00                          | $\frac{V_w}{V_v}$             | $\frac{W_w}{V_v\gamma_W}$                              | $\frac{wG}{e}$                                 | $\frac{w}{\left(\frac{\gamma_W}{\gamma_D} - \frac{1}{G}\right)}$ |
|                       | G              | Gravedad Específica     | $\frac{W_s}{V_s\gamma_W}$     |                               | $\frac{Se}{w}$   |  |  |

Fuente: Cernica, 1982.cuadro rg

Comúnmente el suelo está establecido por partículas sólidas envuelto de espacios llenos de agua y aire, como muestra a continuación:

Figura 5. Fases del suelo.



Fuente: <https://es.slideshare.net/victorjavo/suelos-fundamentos-teoricos-52354658>

En mecánica de suelos se correlaciona los diferentes pesos con volúmenes idóneos, por medio del peso específico, por ende, la correlación del peso de la sustancia y su volumen (Aguilar Purizaga, 2009).

Retención de agua en el suelo. - En donde es preciso indicar que la semejanza que existe entre un suelo y una esponja ayudara a explicar el desarrollo de detención de agua. En tanto se adquiere una esponja que se encuentra supuestamente seca y se agrega agua pausadamente, ésta la aspirará. Continuamente, el agua

comienza a drenar independientemente; si dejamos adaptarlo, se terminará el drenaje. En caso de presionar la esponja el agua seguirá drenando. Oportuno a que si es menor el radio de los poros que detienen el agua, la tensión capilar es mayor. Así mismo, por más que sea la acumulación de agua en un suelo arenoso, un suelo arcilloso retendrá mayor cantidad de agua. (González, 2011).

**Figura 6. Retención de agua en un suelo.**



Fuente: <http://www.edafologia.net/introeda/tema03/tema.htm>

El desplazamiento de agua en el suelo establece el agente más imprescindible en la formación de los suelos, por tanto, el agua ejerce significativas acciones. El agua influye considerablemente en la meteorización física y química, y translocación de sustancias desde el punto de la fertilidad, en tanto el agua es importante para las plantas, las sales solubles y los contaminantes por medio del suelo y/o al subsuelo. Se genera el hinchamiento y se contrae la arcilla, juntando sus partículas y provocando el proceso de la estructura del suelo. Es importante ya que la habitual sentencia "Donde no hay agua, no hay vida" la podemos adaptar diciendo que "Donde no hay agua, no hay suelos". (Dorrnsoro, 2018)

Contenido de humedad en suelos granulares. - definida como proporción, del peso del agua en una masa tomada de suelo, el peso de las partículas sólidas (NTP 339.127). (Chirinos Quispe, 2015).

La precisión de la cantidad de agua en suelos granulares empleando un horno microondas y comparando el producto con el método tradicional y estudio comparativo de productos resultante en ensayos de humedad natural y su caracterización sobre porciones de suelos finos que fueron secados en un horno microondas vs. el método tradicional, en el cual se produjo un sistema que accede definir la cantidad de humedad de suelos finos en el horno microondas el cual es empleado para diversos ensayos de densidad en el terreno, límites de consistencia,

plasticidad y otros, por tanto también es inevitable secar la muestra de suelo a emplear. (Lancheros Rodríguez & Bernal Niño, 2009).

Por tal sentido se describirá la determinación del contenido de humedad mediante horno de tiro forzado:

Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, MTC E 108-2000.

Este Método Activo está justificado en la Norma ASTM D 2216, el cual se ha podido adaptar a un nivel de incrementación y a situaciones propias de la realidad. Es preciso señalar que este Método Activo está retenido a verificación y actualización constante.

Este Método Activo no sugiere que los requerimientos correspondientes de seguridad sean obligatorios, ya que el beneficiario deberá establecer las cláusulas de seguridad y salubridad convenientes, y definir además los compromisos de su utilización e interpretación.

a) Objetivo. - El actual método activo constituye el procedimiento de ensayo para definir la cantidad de humedad del suelo.

b) Definición. – El contenido de humedad, es la correlación manifestada como porcentaje de la carga o peso de agua almacenada en una masa tomada del suelo, al peso de las partículas sólidas.

c) Principio del Método. – Se define el peso de agua descartada, teniendo que secar el suelo húmedo hasta una carga incesante en un horno controlando a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}^*$ . El peso del suelo que permaneció seco estando en un determinado horno, es utilizado como el peso de las partículas sólidas. Por ende, el peso que se perdió a causa del secado es estimada como el peso del agua.

d) Aparatos. – Los cuales están conformados por:

Horno para secado. - Es un horno para secado de manera termostática el cual es controlado, primordialmente que sea un prototipo de tiro forzado, que tenga la capacidad de sostener una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Balanzas. - De extensión adecuada y que tenga las subsiguientes aproximaciones: de 0.01 gramos para porciones de menos de 200 gramos y de 0. 1 gramos para porciones de más de 200 gramos.

Recipientes. - Se tiene que tener un recipiente apropiado que tenga una fabricación resistente a la corrosión y también a la variación de peso cuando se somete a enfriamiento o calentamiento constante. Es importante mencionar que el recipiente y su tapa deberán ser herméticos para evitar el extravió de humedad de las porciones o muestras antes que sea pesada inicialmente, para precaver la filtración de humedad de la atmósfera luego de ser secado y anteriormente al peso final. Se utiliza un contenedor por cada precisión.

Desecador. – De dimensión adecuada, que tenga sílica gel o por último fosfato de calcio anhidro. Es recomendable utilizar un desecante en donde la variación de color señale la obligación de su sustitución.

Utensilios. - Se requiere obligatoriamente la utilización de guantes o manoplas, tenazas o un sujetador adecuado para poder manipular los recipientes candentes siempre y cuando haya secado, entre otros utensilios como cucharas, cuchillos, lona para cuarteo, espátulas, etc.

e) Muestras. - Las muestras deberán ser conservadas y trasladadas según la Norma ASTM D-4220, Grupos de suelos B, C o D. Las porciones que se acumulen anticipadamente de ser ensayadas se sostendrán en depósitos impermeables que no puedan corroerse a temperaturas entre 3 °C y 30 °C aproximadamente y en una extensión que impida la fricción de manera directa con la luz solar. Las porciones descompuestas se acumularán en recipientes para que se impida la condensación de humedad en lo intrínseco del depósito.

La precisión de la cantidad de humedad se tendrá que efectuar lo más pronto posible luego del muestreo, fundamentalmente si es que se usan depósitos corrosibles o bolsas plásticas.

f) Espécimen de ensayo. - En las cantidades de humedad que puedan ser definidas en unificación con algún otro método ASTM, se usara la suma minúscula de espécimen determinada en este método si cualquiera fuese conveniente. También la cuantía minúscula de espécimen de muestra húmedo escogido como la

primordial muestra total, por si no se usa la porción total, será de acuerdo a lo siguiente:

**Tabla 3. *Espécimen de ensayo.***

| Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%) | Tamaño de malla Estándar | Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$ | Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$ |
|---|--------------------------|---|---|
| 2 mm o menos                              | 2.00 mm (N° 10)          | 20 g  | 20 g*   |
| 4.75 mm                                   | 4.760 mm (N° 4)          | 100 g   | 20 g*   |
| 9.5 mm                                    | 9.525 mm (3/8")          | 500 g   | 50 g  |
| 19.0 mm                                   | 19.050 mm (3/4")         | 2.5 kg  | 250 g   |
| 37.5 mm                                   | 38.1 mm (1½")            | 10 kg   | 1 kg  |
| 75.0 mm                                   | 76.200 mm (3")           | 50 kg   | 5 kg  |

**Fuente:** Determinación del contenido de humedad de los suelos. (MTC E 108)

Si se utiliza la muestra en su totalidad, no es necesario que ésta cumpla con las condiciones mínimos indicados en el cuadro anterior. En él informe sé señalara que se utilizó la muestra final.

La utilización del modelo de ensayo pequeño que el minúsculo señalado en 6.2 se advierte prudencia, aunque parezca ser aparente ser el idóneo para el ensayo. El informe del producto tendrá que apuntar algún espécimen utilizado que no haya completado con estas condiciones.

Al momento de laborar con una porción minúscula (menor de 200 g) el cual incluya partículas de grava parcialmente de tamaño considerable, no es adecuado introducirlas en la muestra de ensayo. Por lo tanto, en el informe de resultados se indicará y se apuntará a la muestra desechada.

En aquellas porciones que estén conformadas completamente de roca integra, el espécimen minúsculo tendrá una carga de 500 gramos. Los fragmentos de muestra específicos podrán romperse en partículas más diminutas, acatando la dimensión de la muestra del depósito y la balanza usada y permitir el secado a carga incesante.

g) Selección del Espécimen de Ensayo. - Si la muestra del ensayo tiene una superior cuantía de material, la muestra seleccionada deberá ser específico del requisito de la cantidad de la humedad en su totalidad de material. La manera como se elija el espécimen de ensayo dependerá de su finalidad y su práctica del ensayo, el prototipo de material que utiliza para ensayar, el requisito de la humedad, y el prototipo de la porción de material o muestra.

En el caso de las porciones de material alteradas como las desbastadas que se encuentran en una bolsa y otras, el espécimen de ensayo se podrá adquirir por uno de los siguientes métodos:

- Si la muestra es manipulada y se pierde significativamente la humedad, la muestra debe combinarse y después disminuir la dimensión ansiada por cuarteo o por fragmentación.
- Si la muestra no es combinada y/o dividida, tiene que conformar una pila de muestra, combinándolo lo más posible. Se deberá usar al menos cinco fragmentos de muestra en situaciones compuestas utilizando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho, o algún otro instrumento parecido adecuado para la dimensión de partícula máxima que se encuentre actual en el material. Todas las muestras se mezclarán para conformar el modelo de ensayo.
- Si no existe la posibilidad de agrupar la muestra, se acogerán tantas muestras posibles en situaciones fortuitas que personificarán de una mejor manera el requisito de la humedad. Todas las muestras se mezclarán para conformar el modelo de ensayo.

En porciones de material íntegras en este caso los tubos, bloques muestreadores fraccionados y demás, el modelo de ensayo se conseguirá por uno de los siguientes sistemas con el deseo y potencial empleo de la porción de material.

- Se pulirá de manera cuidadosa por lo menos 3 mm de porciones de material de la superficie externa de la muestra para comprobar si es que el material se encuentra estratificado y poder alterar el material que se encuentre más seco o como también húmedo de la fracción primordial de la porción. Por consiguiente, se pulirá por lo menos 5 mm, o como también que tenga un

volumen idéntico a la dimensión máxima de la partícula actual, de toda la superficie mostrada o del intervalo que esté siendo elaborado.

- Entonces se deberá dividir la muestra por el medio. Si es que el material está estratificado se producirá de según indique en el siguiente guion. Después se pulirá de manera cuidadosa por lo menos 5 mm, o como también en un volumen parecido de la dimensión máxima de la partícula concurrente de la superficie mostrada de una fracción o el intervalo elaborado. Se tendrá de eludirse la muestra de los bordes que podrán hallarse más húmedo o más reseco que el fragmento primordial de la porción de material.
- Si es que la porción está estratificada se elegirá un modelo medio o modelos propios o ambos. Los modelos tienen que ser reconocidos de forma precisa en formatos para su ubicación o a lo que puedan representar.

h) Procedimiento. – Se sigue los siguientes pasos:

Definir e inspeccionar la masa de un depósito limpio y seco., seguidamente se tiene que elegir especímenes de ensayo características.

Se coloca el modelo de ensayo húmedo en el depósito, una vez utilizado, se debe colocar la tapa el cual debe estar asegurado en su ubicación. Definir el peso del depósito y material húmedo utilizando una balanza elegida según al peso del modelo.

Agitar la tapa y acomodar el depósito con muestra húmeda en el horno, para luego desecar la muestra hasta lograr una masa incesante. Se debe sostener el desecado en el horno a  $110 \pm 5$  °C a menos que se indique otra temperatura. El tiempo ansiado para poder adquirir un peso incesante se modificará según el tipo de muestra, tamaño de modelo, prototipo de horno y su capacidad, y otras causas. El influjo de estas causas por lo general es establecido por una buena cordura, y costumbre con los materiales que se hayan ensayado y los aparatos que son utilizados.

Después que el material obtuvo un peso seco constante, se deberá agitar el depósito del horno. Se accederá al congelamiento de la muestra y del depósito a una temperatura ambiente o hasta que el depósito sea manejado de manera cómoda mediante las manos y la ejecución del balance no sea afectado por

corrientes de convección y/o esté a mayor temperatura. Definir el peso del depósito y la muestra secada al horno utilizando la misma balanza.

Anotar este valor. Las tapas de los depósitos se utilizarán sí sospechamos que el espécimen está adquiriendo humedad del aire antes de definir el peso seco.

i) Cálculos. - Se realiza el cálculo de la cantidad de humedad de la porción de material, con la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

en donde:

W = es la cantidad de humedad, (%)

M<sub>cws</sub> = es el peso del depósito más el suelo húmedo, en gramos

M<sub>cs</sub> = es el peso del depósito más el suelo secado en horno, en gramos:

M<sub>c</sub> = es el peso del depósito, en gramos

M<sub>w</sub> = es el peso del agua, en gramos

M<sub>s</sub> = es el peso de las partículas sólidas, en gramos.

j) Reporte. - En el reporte tenemos que considerar lo siguiente:

Reconocer el material ensayado, como también el número de la perforación, número de la muestra, el número de ensayo, el número del depósito, etc.

La cantidad de agua del modelo que se aproxime al 1% o al 0.1%, lo más adecuado con mucha dependencia de la mínima muestra utilizada. Si se utiliza este sistema u otro sistema, la cantidad de agua del modelo tendrá que reportarse al valor deseado por el sistema de ensayo para el cual se definió la cantidad de humedad.

Señalar si el modelo de ensayo tiene un peso mínimo que el señalado con anterioridad.

Señalar si el modelo de ensayo contiene más de un prototipo de muestra.

Señalar el sistema de secado si es distinto del secado en horno a 110 °C +/- 5 °C.

Señalar sí se apartó alguna muestra del modelo de ensayo.

k) Precisión y Exactitud.

- Exactitud. - No se encuentra un valor en mención que esté de acuerdo con este sistema de ensayo; por tanto, no puede definirse la exactitud.

- El factor de modificación de un ejecutante simple se halló en 2.7%. Por lo tanto, el producto de los dos ensayos manejados acertadamente por el operador con el mismo equipo, no se debería de considerar con suposición si discrepan menor del 7.8 % de su mitad.

- Precisión Multilaboratorio. - El factor de variación multilaboratorio se halló en un 5.0%. Por lo tanto, el producto de los dos ensayos transportados por distintos ejecutores utilizando equipos distintos no se debería de considerar con sospecha a no ser que discrepen en más del 14.0 por ciento de su mitad.

l) Referencias Normativas. – Este ensayo esta referenciado por la norma internacional ASTM D-2216.

Esta norma hace mención de manera expansiva al Método de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de humedad de suelos y rocas por masa. Por ende, este método envuelve la precisión requerida para la obtención de la cantidad de humedad por masa en suelos y rocas como también de materiales similares en el laboratorio. En donde la pérdida de masa producto del secado del material o muestra se debe a causa de la pedida de agua.

Continuamente es importante definir los siguientes conceptos que son parte de las variables de estudio.

Pruebas funcionales. – En lo que concierne a la informática, es un tipo de prueba empleada para poder estudiar los datos tanto de entrada y salida de un software. Su objetivo es tener que evaluar las opciones por las cuales está compuesto el paquete informático y corroborar si el software satisface con las especificaciones funcionales desde la expectativa del usuario (Serna, 2013).

Variabilidad. - La Variabilidad se describe a cómo se dispersa un conjunto de datos. También ofrece una forma de describir cuánto podrían cambiar los conjuntos de datos y le faculta utilizar estadísticas para comparar sus datos con otros conjuntos de datos.

Correlación de medidas. - La medición es la retribución de un número a una característica o particularidad de un objeto o evento, que puede ser comparado con otros objetos o eventos. El alcance como el empleo de una determinada medición dependerá del entorno y la disciplina. Tanto como en las ciencias naturales como la ingeniería, cabe indicar que las mediciones no se acomodan a las diversas propiedades de objetos o eventos, por ende, se presenta consistente con directrices del vocabulario internacional de metrología publicado por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas. Por lo tanto, en otras ciencias, como las estadísticas y las ciencias sociales y del comportamiento, las mediciones pueden tener diferentes niveles, que adjuntaran escalas nominales, ordinales, de intervalo y de razón.

Regresión lineal. - Una vez que hemos adquirido datos con múltiples variables, una pregunta muy importante es cómo las variables están relacionadas. Por ejemplo, podríamos pedir la relación entre los pesos de las personas y alturas, o tiempo de estudio y puntajes de prueba, o dos poblaciones de animales. La regresión es un conjunto de técnicas para estimar dichas relaciones.

La regresión está considerada como un fenómeno más básico: en este caso la variabilidad. Efectivamente todo lo que puede medirse cambia de medición a medición. Cada vez que se repite el experimento demuestra por lo menos un poco de discrepancia en el producto (Cohn, 2012).

Cabe mencionar que la variación contemplada de una fase se fracciona en dos fuentes: variación entre las partes: es una variación en evaluaciones de las distintas partes y la variación del método de medición es aquella variación afiliada mediante un desarrollo de medición, también podemos mencionar a sus fuentes: métodos dispositivos, el ambiente, etc.

Por tanto, también se utiliza un estudio de varianza para poder calcular la variación por medio de grupos de datos. Porque se calcula la varianza entre los grupos, como la dimensión de la porción de material ( $n$ ) en donde tiene que tener una similitud en

cada conjunto; por consiguiente, es pertinente que el idéntico número de los puntajes sean promediados en cada grupo (Privitera, 2015).

La Media. - La media es el promedio de todos los números y a veces se denomina media aritmética. Para calcular la media, se suma el integro de los números en uno solo y luego divide la suma por el recuento total de números. Por ejemplo, en un rack de centro de datos, cinco servidores consumen 100 vatios, 98 vatios, 105 vatios, 90 vatios y 102 vatios de potencia, respectivamente. El uso de potencia media de ese rack se calcula como  $(100 + 98 + 105 + 90 + 102 \text{ W}) / 5 \text{ servidores} =$  una media calculada de 99 W por servidor.

Por consiguiente, podemos mencionar que la media es una medida de preferencia central más usada generalmente. Existe distintos prototipos de medias, como son: ponderada, aritmética, armónica y geométrica.

También la media aritmética se halla cuando sumamos el integro de los valores incluidos en el conjunto o agrupación de datos los cuales deben ser divididos por el número de observaciones en él. (Manikandan, 2018).

La Varianza. - En la teoría de probabilidad y las estadísticas, la varianza es la expectativa de la desviación al cuadrado de una variable aleatoria de su media. Informalmente, mide qué tan lejos está el integro de números (aleatorios) de su valor promedio.

La variabilidad o como también la difusión del integro de datos aledaños de la media de una porción de material, puede ser señalada por la varianza:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \bar{x})^2 \quad (\text{Havbro, 2012}).$$

La Desviación Estándar. - La desviación estándar en estadística es utilizada como una medida de la variabilidad en una partición similar a la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones de la media aritmética.

La desviación estándar de porción de material, señalada por  $s$ , es la raíz cuadrada (positiva) de la varianza:  $s = \sqrt{s^2}$

Básicamente, una pequeña desviación estándar hace referencia a que los valores de integro de datos estadísticos estarán cerca de la media del conjunto de datos, en promedio, y una gran desviación estándar hace referencia que los valores en el conjunto de datos están más lejos de la media en promedio.

La Covarianza. - Es el valor en el cual se puede reflejar que cantidad entre dos variables de forma general pueden variar de manera conjunta con afinidad de sus medias aritméticas. Por ende, esta medida permitirá percibir de que manera se comportan las variables en cuestión con otras variables.

Por otro lado, con la Covarianza se podrán adquirir valores positivos y negativos, como también valores iguales a cero. Si la covarianza es menor a cero, entonces existe una relación negativa, por ejemplo, en unos valores de X e Y, serian dos variables inversamente proporcionales de una con la otra.

Por otro lado, si la covarianza es mayor a cero, presentará una relación positiva, en donde en unos valores X e Y, se evidenciará que son variables directamente proporcionales de una con la otra.

Pero si la covarianza presenta un valor que sea igual a cero, entonces la relación de una variable con la otra será inexistente.

El Error Estándar de la Media. - Puede proporcionar una estimación aproximada del intervalo en el que es probable que disminuya la media de la población. El SEM, al igual que la desviación estándar, se multiplica por 1,96 para obtener una estimación de dónde se espera que el 95% de los medios de la muestra de la población caigan en la distribución teórica de muestreo.

La confusión estándar de una estadística es una desviación estándar de su partición de muestreo. Si el error estándar implica parámetros ignorados en donde los valores puedan apreciarse la sustitución de estas apreciaciones en los resultados de error estándar en un estimado. La adición de los cuadrados de los

fallos (SSE por sus siglas en inglés) se establece como:

$$SSE = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - \bar{x}_p)^2$$

(Devore, 2012).

Análisis ANOVA. – Esta prueba consiste en indagar si resultados de experimentos o encuestas son reveladores. Te ayuda a revelar si es necesario rechazar hipótesis

nula o tener que aceptar una hipótesis alternativa. Fundamentalmente, permite probar grupos, para constatar si existe alguna diferencia entre ellos.

### **III. METODOLOGIA**

Según indica (Klimovsky, 1998, citado por Yuni, 2006), la metodología describe, valida, y en cierto modo prescribe un conjunto de reglas, que el investigador debe considerar para construir y validar conocimientos científicos.

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación.**

Según indica (Chávez, 2007), la investigación de tipo descriptiva, son aquellos que están orientados a la necesidad de recolectar información que estén relacionados con el estado natural o real de las personas, objetos, situaciones o fenómenos, del mismo modo como se presentó al instante de su recolección. Pues describe lo que se midió sin efectuar inferencias.

Por otro lado (Cazau, 2006), indica que, en una investigación de tipo correlacional, tiene como objetivo realizar una medición de la relación que existe entre dos variables o más, en un entorno dado. Pretende establecer si hay una correlación como también su grado o intensidad. En tal sentido se puede mencionar que la investigación correlacional busca establecer como se correlacionan los diferentes fenómenos de estudio entre sí.

Tomando en cuenta el método que se utilizó para el desarrollo del estudio, se determina que la presente investigación fue de carácter descriptivo – correlacional, bajo la modalidad de campo, pues se realizaron las mediciones en su contexto natural tal como se encontró la base de pavimento rígido, para después analizar las mediciones y determinar el grado de correlación que existe

##### **3.1.2. Diseño de investigación.**

El diseño de investigación que se utilizó, es como no experimental – transversal, puesto que se realizó la observación de objeto de estudio en su estado natural, para continuamente poder analizarlo. Como también la presente investigación está enmarcada en el diseño de investigación transversal, debido a que se obtuvo los datos en un solo instante o tiempo único.

#### **3.2. Variables y Operacionalización**

##### **3.2.1. Variable Independiente.**

Sistema Informático.

### 3.2.2. Variable Dependiente.

Variabilidad de humedad.

### 3.2.3. Operacionalización de las Variables.

Tabla 4. Operacionalización de Variables.

| MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES                |   |  |                               |   |                    |
|--|---|--|-------------------------------|---|--------------------|
| VARIABLE DE ESTUDIO                                      | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIÓN                     | INDICADORES   | ESCALA DE MEDICION |
| <b>Variable Independiente:</b><br>Sistema informático.   | Sistema informático, está comprendido por un grupo de elementos que están debidamente direccionados al tratamiento y dirección de datos e información, los cuales deben estar listos y organizados para su posterior uso, y así satisfacer una determinada necesidad u objetivo. (Laudon, 1999).  | El Sistema informático, permitirá medir por medio de un dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad, las humedades de la capa de base de pavimento rígido, optimizando el tiempo y confiabilidad.  | Funcionalidad                 | Pruebas Funcionales   | RAZÓN              |
| <b>Variable Dependiente:</b><br>Variabilidad de humedad. | La variabilidad de la humedad, se atribuye a una combinación de factores tales como las variaciones en las propiedades del suelo, la topografía, la presencia, tipo y densidad de la cubierta vegetal, o la propia heterogeneidad espacial de las condiciones meteorológicas (Merz y Plate, 1997) | En la primera fase, la principal técnica de recolección de datos será la recopilación documental, tanto de las bases teóricas para la tesis como de los antecedentes de investigaciones similares. Luego en la fase de ejecución se realizará las mediciones de humedad por medio de sensor y por el método geotécnico en el ensayo de contenido de humedad de los suelos. | Variación de medidas          | Hora de Lectura<br>Lectura de sensor<br>Duración de Lectura | INTERVALO          |
|  |   |  | Estudio de Mecánica de suelos | Porcentaje de Humedad                                       |                    |
|  |   |  | Datos Estadísticos            | Coefficiente de Correlación                                 |                    |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo.

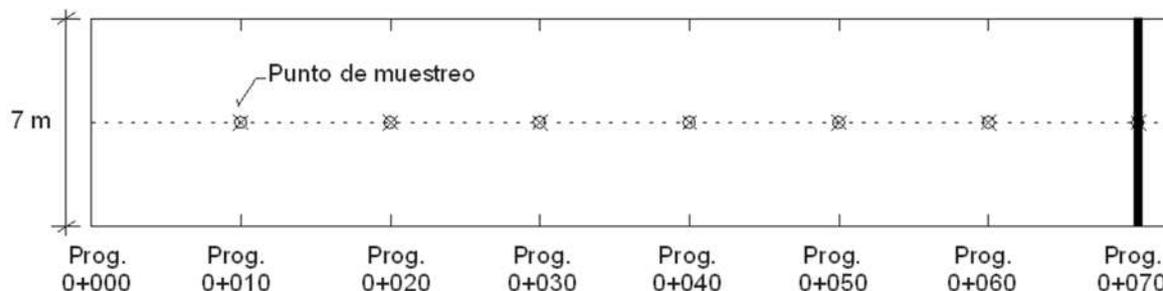
#### 3.3.1. Población.

Está conformada por la totalidad de la base de la calle Roberto Acosta del distrito de Wanchaq, provincia de Cusco, departamento Cusco. El cual la vía tiene una longitud de 70 metros de largo y 7 metros de ancho.

#### 3.3.2. Muestra.

Corresponde a la calle Roberto Acosta del distrito de Wanchaq de la ciudad del Cusco, donde se tomaron 6 puntos de ensayo de la cantidad de humedad del eje de la calle, que tiene una longitud de 70 metros.

Figura 7. Puntos de ensayo sobre la capa de base de la vía en estudio.



Fuente: Propia.

### **3.3.3. Muestreo.**

La técnica de muestreo utilizada en la presente investigación será no probabilística por conveniencia, la cual está constituido por 6 puntos de ensayo de cantidad de humedad.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Según (Risquez, G 1999), indica que las técnicas y recolección de datos, son recursos que son utilizados para lograr adjuntar y analizar los hechos observados, los cuales son múltiples, pero con opción de variar en función de los elementos que se desea estimar.

En esta investigación se utilizó como técnicas el análisis documental y la observación, pues consiste en la recopilación y revisión documental, como también la observación de la vía para tomar las muestras correspondientes.

### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para la presente investigación se utilizó como instrumentos el análisis de contenidos y la ficha de observación.

## **3.5. Procedimientos**

Con la finalidad de determinar la variabilidad de humedad de la base del pavimento aplicando un sistema informático, fue preciso realizar el siguiente proceso metodológico:

Primeramente, se realizó la recolección de datos mediante la técnica de análisis documental, en donde se adjuntó información de normas, manuales e investigaciones similares de los cuales nos condujeron a la determinación de los objetivos planteados.

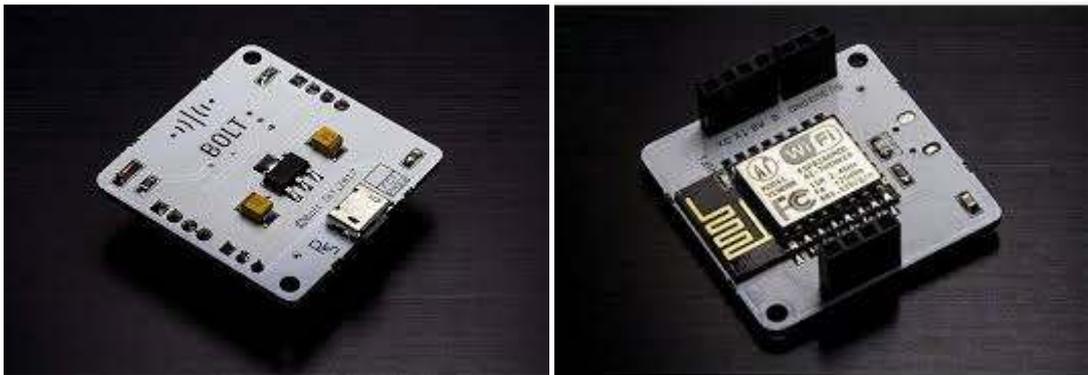
Para lo cual se realizó dos fichas de análisis de contenido, en donde se verificó los procedimientos necesarios para la configuración de la plataforma Bolt lot para proceder con la toma de datos mediante el dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad (*ver anexo 06*) y otra ficha para realizar el ensayo geotécnico según el manual de ensayo de materiales MTC E 108 2000, (*ver anexo 07*) para que la investigación este alineada según los parámetros de los procedimientos establecidos.

Continuamente en cuanto a los siguientes objetivos, concerniente a la ejecución de ensayos, se utilizó la técnica de la observación, para lo cual se realizó la ficha de observación (*ver anexo 08*) en donde se recopilaron los datos de las mediciones con la finalidad de comprobar la equivalencia del contenido de humedad medido con el dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad en comparación del contenido de humedad medido por el horno geotécnico, y así determinar el grado de correlación de ambas mediciones.

Después, se realizó el montaje del dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad, el cual estuvo compuesto por lo siguiente:

- La placa Bolt, el cual contiene un microcontrolador ESP8266 con un Wifi incorporado.

**Figura 8. Placa Bolt.**



Fuente: Amazon.in

Continuamente se observa los parámetros que presenta la placa Bolt:

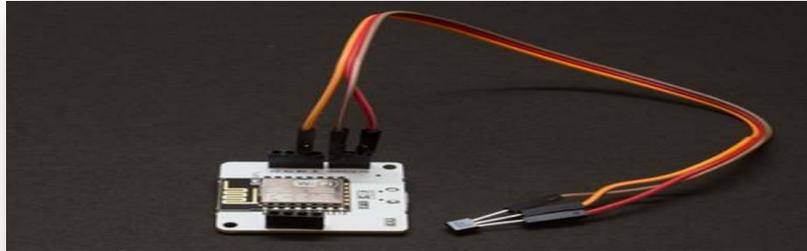
**Tabla 5. Parámetros de la placa Bolt.**

| PARÁMETROS                             |   |
|--|---|
| Módulo de conectividad y procesamiento | ESP8266 con firmware personalizado                        |
| MCU                                    | CPU RISC de 32 bits: Tensilica Xtensa LX106               |
| Poder                                  | 5V / 1A DC a través del puerto Micro-USB o pines 5V y GND |
| Tensión de funcionamiento              | 3,3 V   |
| Frecuencia de reloj de la CPU          | 80 MHz  |
| Memoria interna MCU                    | 64 KB de RAM de instrucciones; 96 KB de RAM de datos      |
| Memoria externa MCU                    | Memoria flash de 4 MB [QSPI]                              |
| Pines GPIO                             | 5 pines digitales [lógica de 3,3 V]                       |
| ADC                                    | ADC de 10 bits de 1 pin [entrada 0-1V]                    |
| PWM                                    | Los 5 pines digitales capaces de PWM [Software PWM]       |
| CONECTIVIDAD                           |   |
| Wifi                                   | 802.11 b / g / n  |

Fuente: [Boltiot.com](http://Boltiot.com)

- Cables de conexión, llamados también jumpers sirven para conectar la placa Bolt con el sensor de humedad.

**Figura 9.** *Cables de conexión.*



**Fuente:** Elaboración propia.

- Sensor de Humedad FC-28, el cual sirve para realizar mediciones analógicas de Humedad.

**Figura 10.** *Sensor de humedad FC – 28.*



**Fuente:** Elaboración propia.

- Un cable micro USB, para luego realizar la configuración de un nuevo proyecto en la plataforma Bolt lot. El montaje del sistema se muestra a continuación.

**Figura 11.** *Módulo Wifi de transmisión.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez realizado la configuración de un nuevo proyecto en la plataforma Bolt lot, se procedió a realizar la toma de datos. Se trazó 6 puntos en la base marcándolos con un corrector, la mayoría de puntos que se tomó fue una de tipo regular distanciados cada 10 m entre progresiva y progresiva. Todos los puntos se tomaron en el eje de la vía.

Después se procedió a tomar una muestra de 20 gramos del suelo de base, con una cuchara metálica. Una vez recogida la muestra se colocó en una celda de medición fabricada específicamente para el proyecto. La celda se muestra en la siguiente figura.

**Figura 12.** *Celda fabricada para el ensayo.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

Luego de colocada la muestra dentro de la celda, se introdujo el sensor de humedad por lo cual empezó a operar el sistema realizando las lecturas.

Una vez que la lectura de humedad se efectuó, todo el sistema detallado anteriormente enviaba la lectura del sensor hacia la plataforma Bolt lot por medio de una señal de internet, por tal motivo se vinculó el dispositivo Bolt con un modem inalámbrico Wi-Fi. El modelo se aprecia en la siguiente imagen.

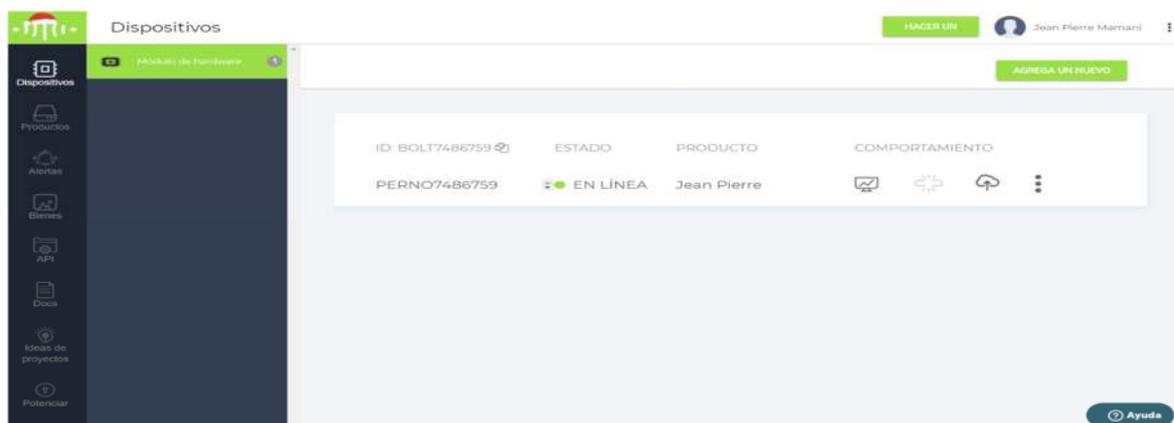
**Figura 13.** *Modem inalámbrico Wi-Fi*



**Fuente:** [Galla.seelenflugel.info](http://Galla.seelenflugel.info).

Con la finalidad de obtener un acceso en tiempo real y desde cualquier ubicación que esté conectada al internet, se vinculó el dispositivo Bolt con la plataforma Bolt iot mediante la creación de una cuenta para poder visualizar los datos como usuario. La plataforma Bolt lot se muestra en la siguiente figura.

**Figura 14.** Servicio de datos en la nube.



**Fuente:** Plataforma Bolt lot.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la presente investigación se utilizó el método de análisis documental para la recopilación de información para poder alinearse al procedimiento según la configuración del módulo Wifi Bolt y del manual de ensayo de materiales MTC 108 2000 (Determinación del Contenido de Humedad de un suelo), continuamente se utilizó el instrumento de ficha de observación para poder recopilar los datos de las muestras de ensayo. Con los datos obtenidos se procedió a realizar el análisis estadístico para hallar el coeficiente de correlación de Karl Pearson, y así determinar la variabilidad de humedad de la base de pavimento, tanto por medio del dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad y del ensayo geotécnico.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para la presente investigación se ha reverenciado las normas concertadas por la Universidad Cesar Vallejo con referencia a los trabajos de investigación, no teniendo que recurrir al plagio y considerando la propiedad intelectual. La información que fue recopilada es auténtica y veraz en donde se ejerció de forma responsable en cuanto al cuidado del Medio Ambiente, con la sociedad y principalmente con la institución.

#### IV. RESULTADOS

En la presente investigación se despliega como primer objetivo Diseñar un sistema informático para determinar la variabilidad de humedad de forma rápida y confiable.

Para poder resolver el presente objetivo se elaboró el diseño de un sistema informático utilizando el dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad y del ensayo geotécnico para así obtener el contenido de humedad por ambos procedimientos. Para lo cual se utilizó el instrumento de ficha documental, tanto para la programación del sistema informático y también con el cumplimiento de los protocolos según norma para el ensayo geotécnico. Separadamente se utilizó el instrumento de ficha de observación para la toma de datos de las mediciones en campo. Por tal sentido cumpliendo con las fichas documentales y la ficha de observación se realizó las mediciones por ambos procedimientos, para luego determinar la correlación existente entre de ambos.

**Figura 15.** Mediciones del sistema informático.



**Fuente:** Plataforma Bolt lot.

## INTERPRETACIÓN

En la figura 15 se puede observar, las mediciones realizadas por el método del sistema informático, en donde los resultados están expresados en una escala del 0-1024 de la humedad del suelo, en donde cero indica que es un suelo enteramente saturado y 1024 un suelo enteramente seco.

**Tabla 6.** Mediciones por el método geotécnico.

| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO</b> |             |             |             |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>MTC E 108 - 2000 / NTP - 339.127</b> |             |             |             |             |             |             |
| <b>ASTM - D2216</b>                     |             |             |             |             |             |             |
| <b>MUESTRA N°</b>                       | <b>1</b>    | <b>2</b>    | <b>3</b>    | <b>4</b>    | <b>5</b>    | <b>6</b>    |
| Peso de cápsula (gr)                    | 15.81       | 16.03       | 14.62       | 16.30       | 15.96       | 16.71       |
| Peso de cápsula + suelo húmedo (gr)     | 35.89       | 35.69       | 34.70       | 36.50       | 35.36       | 36.27       |
| Peso de cápsula + suelo seco (gr)       | 34.49       | 34.80       | 34.05       | 36.02       | 33.81       | 34.98       |
| Peso de suelo seco (gr)                 | 18.68       | 18.77       | 19.43       | 19.72       | 17.85       | 18.27       |
| Contenido de Humedad (w%)               | <b>7.49</b> | <b>4.73</b> | <b>3.35</b> | <b>2.43</b> | <b>8.68</b> | <b>7.06</b> |

Fuente: Elaboración Propia

## INTERPRETACIÓN

En la tabla 5, se puede observar los resultados del método geotécnico, en donde se detalla el porcentaje de humedad de cada punto de medición, los cuales fueron procesados cumpliendo los procedimientos necesarios indicados en los protocolos de determinación del contenido de humedad de los suelos.

**Tabla 7.** Duración de ensayos.

| <b>DURACIÓN DE ENSAYOS</b> |                                    |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>N° de ensayo</b>        | <b>Ensayo Geotécnico (minutos)</b> | <b>Lectura de sensor (minutos)</b> |
| <b>1</b>                   | 1440                               | 4.32                               |
| <b>2</b>                   | 1440                               | 4.53                               |
| <b>3</b>                   | 1440                               | 4.16                               |
| <b>4</b>                   | 1440                               | 4.12                               |
| <b>5</b>                   | 1440                               | 4.10                               |
| <b>6</b>                   | 1440                               | 4.35                               |
| <b>Promedio:</b>           | <b>1440</b>                        | <b>4.26</b>                        |

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia de tiempo de promedios (Dtp) en minutos:

$$\text{Dtp} = \text{Ensayo Geotécnico} - \text{Lectura de Sensor}$$

$$\text{Dtp} = 1440 - 4.26$$

$$\text{Dtp} = \mathbf{1435.74 \text{ min.}}$$

### INTERPRETACIÓN

En la tabla 6, se puede observar el tiempo promedio que conllevó a realizar los ensayos tanto por el Método Geotécnico y por la medición del Sensor. Por la cual se observa que existe una considerable diferencia en el tiempo de duración de ensayo de contenido de humedad entre ambos métodos.

**Tabla 8.** Resumen de resultados de estudio.

| Prog. | N° Muestra | Peso Cápsula | Peso Cápsula + SH | Peso Cápsula + SS | w%     | Lectura_Sensor |
|-------|------------|--------------|-------------------|-------------------|--------|----------------|
| 0+010 | 1          | 15.81        | 35.89             | 34.49             | 7.49 % | 247            |
| 0+020 | 2          | 16.03        | 35.69             | 34.80             | 4.73 % | 524            |
| 0+030 | 3          | 14.62        | 34.70             | 34.05             | 3.35 % | 558            |
| 0+040 | 4          | 16.3         | 36.50             | 36.02             | 2.43 % | 752            |
| 0+050 | 5          | 15.96        | 35.36             | 33.81             | 8.68 % | 148            |
| 0+060 | 6          | 16.71        | 36.27             | 34.98             | 7.06 % | 289            |

Fuente: Elaboración Propia

### INTERPRETACIÓN

En la tabla 7, se puede observar el resumen de la obtención del contenido de humedad por ambos métodos, los cuales serán tomados como variables para determinar la correlación que existe de ambos.

**Tabla 9.** Matriz de correlación de las mediciones.

|                | Lectura_sensor | w%     |
|----------------|----------------|--------|
| Lectura_sensor | 1              | -0.986 |
| w%             | -0.986         | 1      |

Fuente: Elaboración Propia

## INTERPRETACIÓN

En la tabla 8, se puede observar la matriz de correlación de ambas mediciones, en donde se contempla una correlación negativa. También se puede evidenciar que la correlación de la lectura del sistema informático y el contenido de humedad por el método geotécnico es de -0.986. Para interpretar este dato tomaremos en cuenta el rango de valores del coeficiente de Karl Pearson.

**Tabla 10. Escala de correlación de Karl Pearson.**

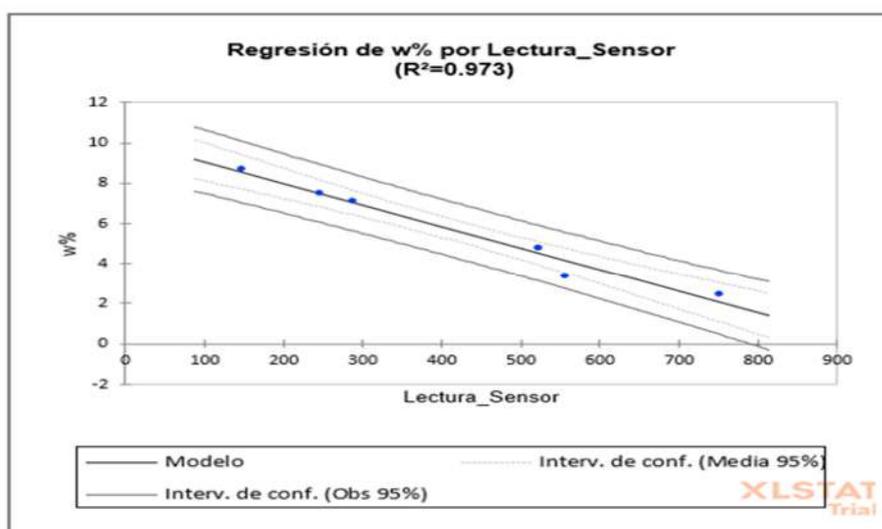
| VALOR         | SIGNIFICADO                            |
|---------------|--|
| -1            | Correlación negativa grande y perfecta |
| -0.9 a -0.99  | Correlación negativa muy alta          |
| -0.7 a -0.89  | Correlación negativa alta              |
| -0.4 a -0.69  | Correlación negativa moderada          |
| -0.2 a -0.39  | Correlación negativa baja              |
| -0.01 a -0.19 | Correlación negativa muy baja          |
| 0             | Correlación nula                       |
| 0.01 a 0.19   | Correlación positiva muy baja          |
| 0.2 a 0.39    | Correlación positiva baja              |
| 0.4 a 0.69    | Correlación positiva moderada          |
| 0.7 a 0.89    | Correlación positiva alta              |
| 0.9 a 0.99    | Correlación positiva muy alta          |
| 1             | Correlación positiva grande y perfecta |

Fuente: Slidechare

## INTERPRETACIÓN

En la tabla 9 se puede evidenciar que la correlación -0.986 está dentro del rango de correlación negativa muy alta el cual indica existe una correlación inversamente proporcional. Esto demuestra que la correlación al estar más cerca de 1, existe una fuerte correlación de ambas variables.

**Figura 16. Gráfico de la Regresión lineal.**



Fuente: Elaboración Propia.

## INTERPRETACIÓN

En la figura 16, se puede observar que en la regresión lineal los puntos de medición están próximos a la recta, lo cual indica que existe una fuerte correlación, pues la recta representa el valor de  $\pm 1$ .

**Tabla 11. Estadísticos de bondad de ajuste.**

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| Observaciones           | 6.000 |
| R <sup>2</sup>          | 0.973 |
| R <sup>2</sup> ajustado | 0.966 |
| MEC                     | 0.208 |
| RMSE                    | 0.457 |
| MAPE                    | 7.683 |

Fuente: Elaboración Propia

## INTERPRETACIÓN

En la tabla 10 se observa el cálculo de bondad de ajuste de la regresión lineal. Cabe destacar que el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> en su valor ajustado alcanza un 0.966, igualmente, el error porcentual absoluto medio llega a 7.68%. Esto se interpreta en que las mediciones fundamentadas en el modelo matemático tienen un error de  $\pm 3.84\%$ , esto quiere decir que, si la medición del sistema informático indica que el suelo tiene una lectura de 10 de humedad, entonces el método geotécnico reportará humedades que están entre 9.97% y 10.03%.

**Tabla 12. Análisis de Varianza (w%)**

| Fuente           | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F       | Pr > F |
|------------------|----|-------------------|------------------|---------|--------|
| Modelo           | 1  | 30.184            | 30.184           | 144.822 | 0.0001 |
| Error            | 4  | 0.834             | 0.208            |         |        |
| Total, corregido | 5  | 31.018            |                  |         |        |

Fuente: Elaboración Propia

## INTERPRETACIÓN

En la tabla 11, se observa el interés de analizar cuánto riesgo o error nuestro modelo podrá tener. En este caso lo determinamos con F de Fisher, en donde el

valor indica que el error de riesgo que nosotros corremos es abajo del **<0.0001%**, lo cual es bastante bueno para tener una correlación negativa.

**Tabla 13. Parámetros del modelo (w%)**

| Fuente         | Valor         | Error estándar | t              | Pr >  t | Límite inferior (95%) | Límite superior (95%) |
|----------------|---------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción   | <b>10.133</b> | 0.419          | 24.203         | <0.0001 | 8.971                 | 11.296                |
| Lectura_sensor | <b>-0.011</b> | 0.001          | <b>-12.034</b> | 0.000   | -0.013                | -0.008                |

Fuente: Elaboración Propia

### INTERPRETACIÓN

En la tabla 12, se puede observar la determinación de cuanta variación tendrá nuestro w%, al momento de tener un incremento o decrecimiento en la Lectura\_Sensor.

En tal sentido el modelo equivalente entre la humedad reportada por el sistema informático y el método geotécnico puede ser expresada por medio de la siguiente relación lineal:

$$w\% = 10.138 - 0.0108 * \text{Lectura Sensor.}$$

**Tabla 14. Prueba de Hipótesis.**

|   |                |                            |
|---|----------------|----------------------------|
| <b>H1:</b> El sistema informático permite determinar la variabilidad de humedad con error porcentual absoluto medio menor o igual al 10 % y en un tiempo menor a una hora por cada 6 puntos de medición.    |                |                            |
| <b>H0:</b> El sistema informático no permite determinar la variabilidad de humedad con error porcentual absoluto medio menor o igual al 10 % y en un tiempo menor a una hora por cada 6 puntos de medición. |                |                            |
| <b>Se utilizaron los siguientes valores:</b>  |                |                            |
| Nivel de confianza = 95% -> 1.96  |                |                            |
| Nivel de confianza = 5%   |                |                            |
| Se utilizó la prueba T-Student  |                |                            |
| Para:   | w%             |                            |
|   | Lectura_Sensor |                            |
| Correlación   | N              | t= Prueba de significación |
| <b>-0986</b>  | <b>6</b>       | <b>12.034</b>              |
| GL= Grados de Libertad  |                |                            |
| <b>4</b>  |                |                            |
| Según la tabla T-Student, nuestro valor crítico será de <b>2,7765</b>   |                |                            |
|   |                |                            |

Fuente: Elaboración Propia

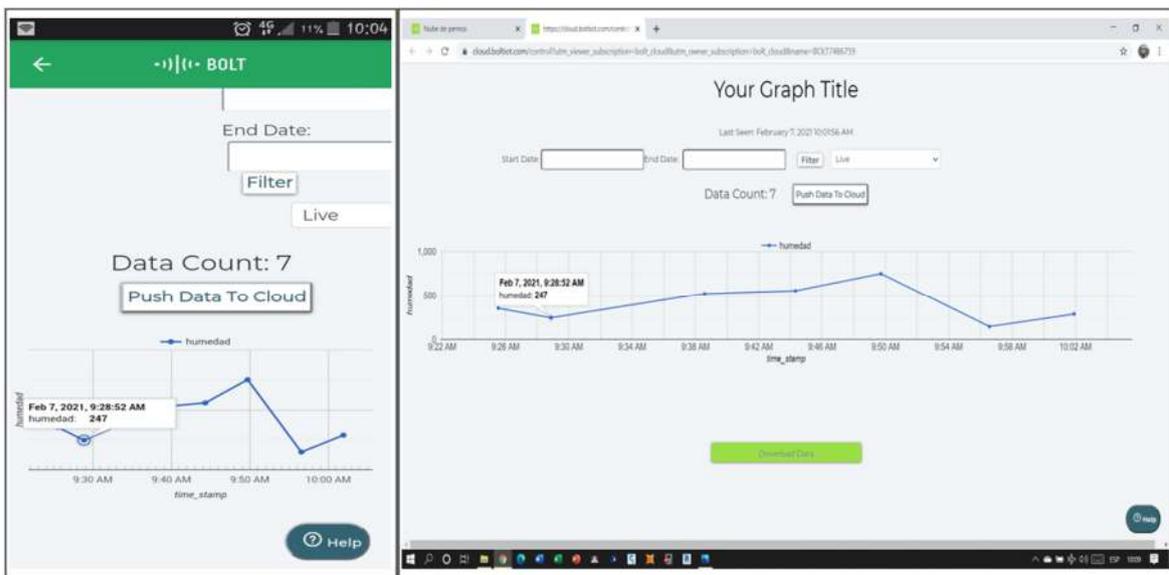
## INTERPRETACIÓN

En la tabla 13, se puede observar la prueba de hipótesis, en donde podemos evidenciar que  $-12.034$  es mayor que  $-2.7765$ , en consecuencia, se decide rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Con relación al segundo objetivo: Evaluar si los resultados del sistema informático estarán disponibles en forma inmediata y ubicua.

Para poder resolver este objetivo, se verificó que los resultados obtenidos, figuren de manera ubicua y en tiempo real tanto por la plataforma Bolt lot desde una computadora y por la aplicación del software Bolt lot setup desde un celular móvil conectados al internet.

**Figura 17.** Gráfico de la primera lectura por móvil y computadora.

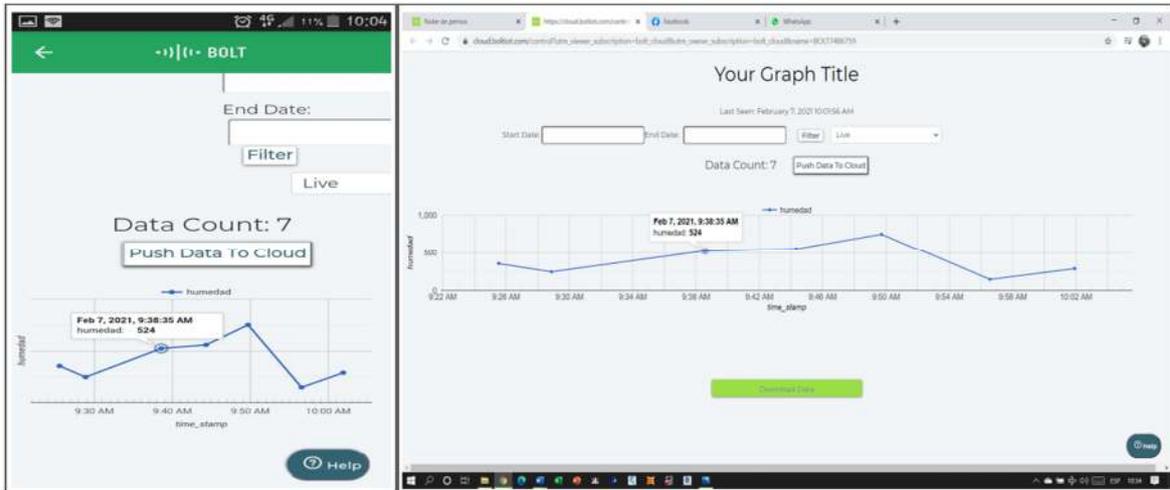


**Fuente:** Elaboración Propia.

## INTERPRETACIÓN

En la figura 17, se puede observar el gráfico de lecturas por medio del sistema informático, en donde resalta la primera medición tanto por el móvil y por la computadora.

**Figura 18. Gráfico de la segunda lectura por móvil y computadora.**

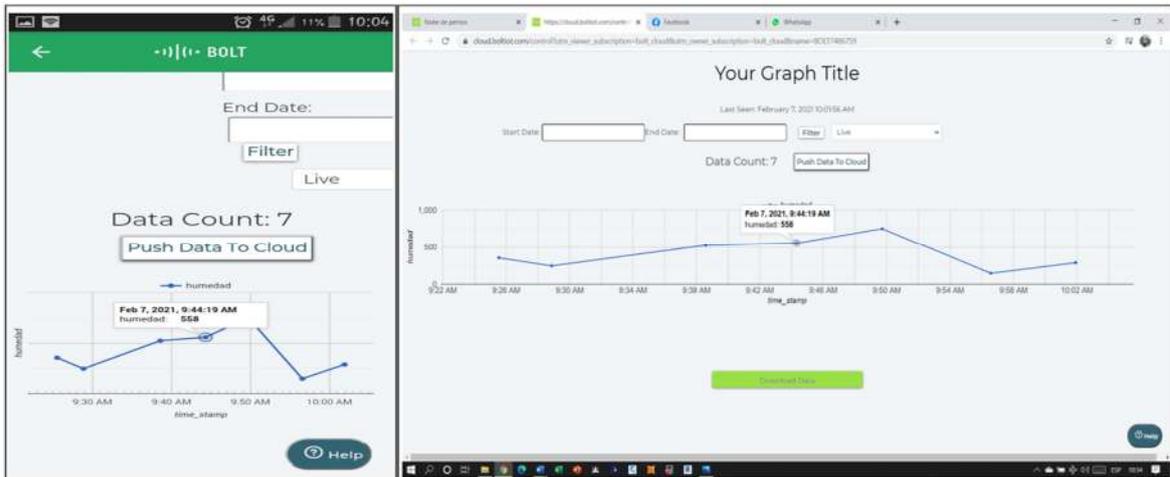


Fuente: Elaboración Propia.

### INTERPRETACIÓN

En la figura 18, se puede observar el grafico de lecturas por medio del sistema informático, en donde resalta la segunda medición tanto por el móvil y por la computadora.

**Figura 19. Gráfico de la tercera lectura por móvil y computadora.**

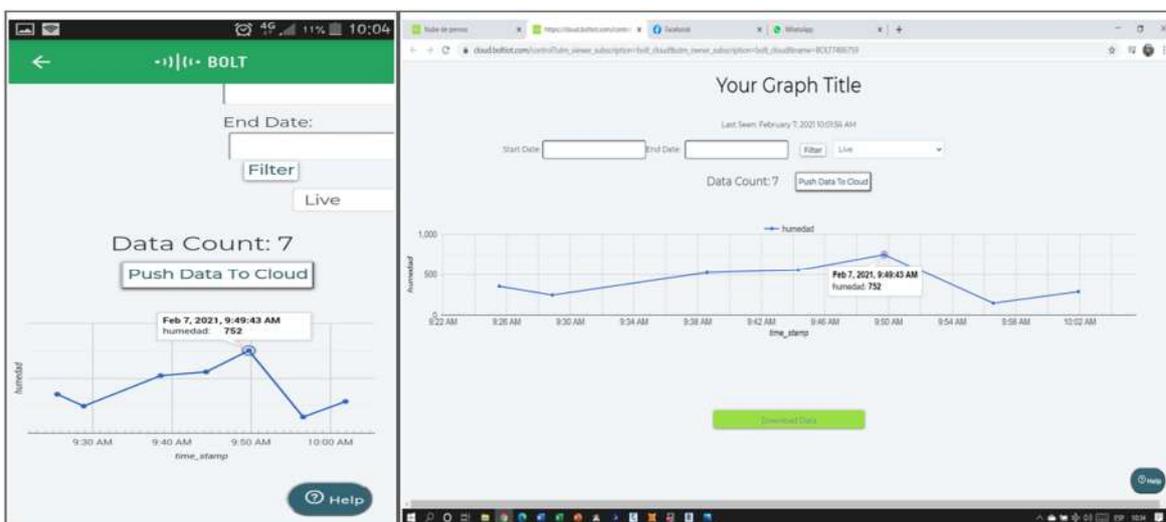


Fuente: Elaboración Propia.

### INTERPRETACIÓN

En la figura 19, se puede observar el grafico de lecturas por medio del sistema informático, en donde resalta la tercera medición tanto por el móvil y por la computadora.

**Figura 20. Gráfico de la cuarta lectura por móvil y computadora.**

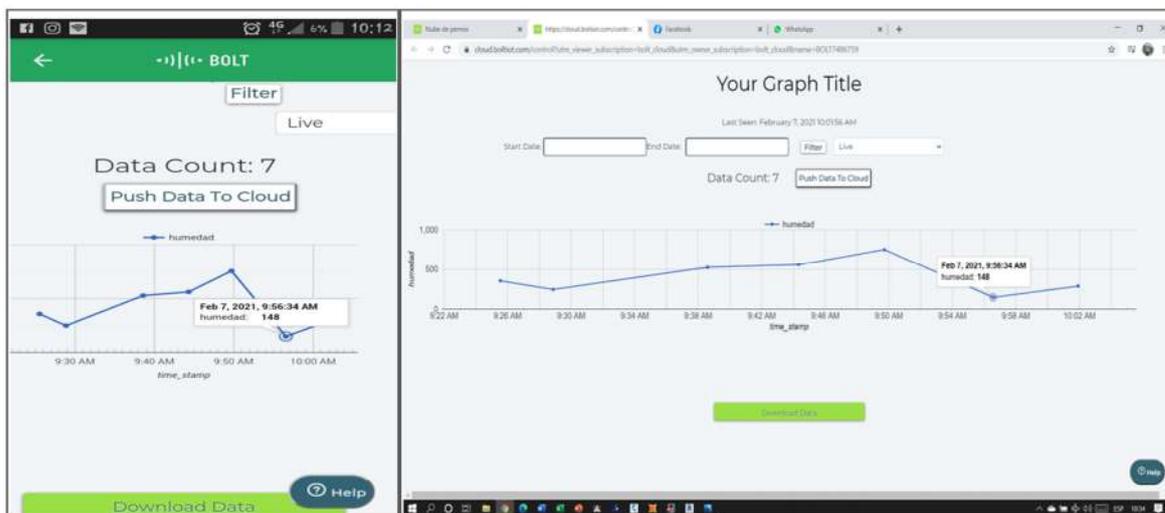


Fuente: Elaboración Propia.

## INTREPRETACIÓN

En la figura 20, se puede observar el grafico de lecturas por medio del sistema informático, en donde resalta la cuarta medición tanto por el móvil y por la computadora.

**Figura 21. Gráfico de la quinta lectura por móvil y computadora.**

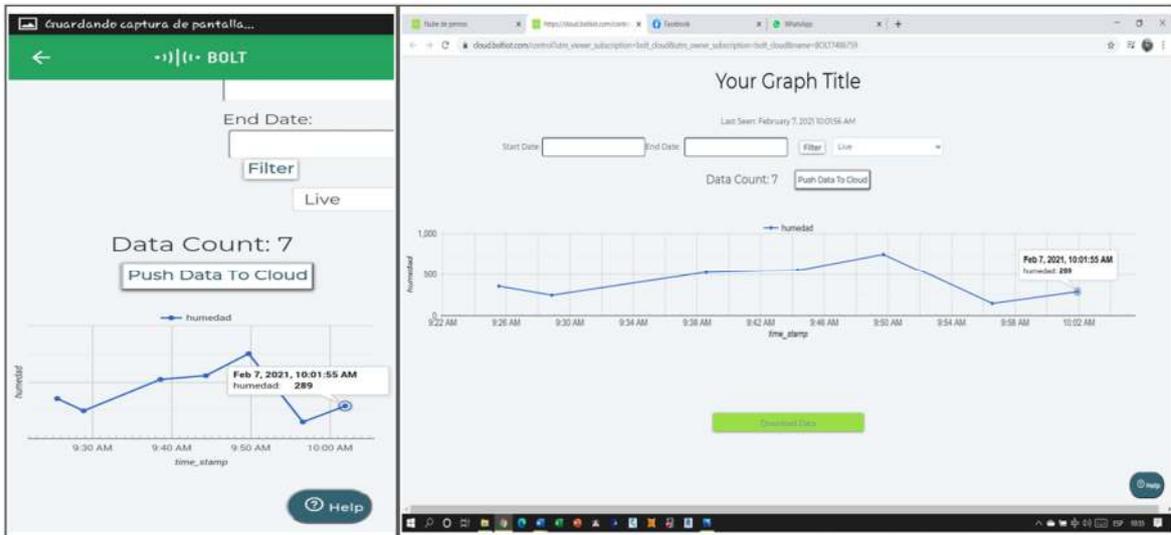


Fuente: Elaboración Propia.

## INTERPRETACIÓN

En la figura 21, se puede observar el grafico de lecturas por medio del sistema informático, en donde resalta la quinta medición tanto por el móvil y por la computadora.

**Figura 22. Gráfico de la sexta lectura por móvil y computadora.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

## INTERPRETACIÓN

En la figura 22, se puede observar el gráfico de lecturas por medio del sistema informático, en donde resalta la sexta medición tanto por el móvil y por la computadora.

**Tabla 15. Resumen de mediciones del sistema informático.**

| MEDICIONES DEL SISTEMA INFORMÁTICO |            |                 |                          |                         |
|------------------------------------|------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Unidad de Muestreo                 | Progresiva | Hora de Lectura | Lectura Analógica 0-1024 | Duración de Lectura (s) |
| UM1                                | 0+010      | 9:28 a. m.      | 247                      | 5                       |
| UM2                                | 0+020      | 9:38 a. m.      | 524                      | 5                       |
| UM3                                | 0+030      | 9:44 a. m.      | 558                      | 5                       |
| UM4                                | 0+040      | 9:49 a. m.      | 752                      | 5                       |
| UM5                                | 0+050      | 9:56 a. m.      | 148                      | 5                       |
| UM6                                | 0+060      | 10:01 a. m.     | 289                      | 5                       |

**Fuente:** Elaboración Propia

Consiguientemente en la tabla 14, se observa el resumen de las medidas del sistema informático, en donde se detalla el punto de cada muestra con su respectiva progresiva de ubicación. También la hora que se tomó cada muestra y el tiempo que duró la obtención del resultado al aplicar el sistema.

Dado las hipótesis:

H1: Los resultados del sistema informático interconectado estarán disponibles en un tiempo menor a 30 segundos y serán accesibles desde cualquier teléfono móvil o computadora conectada al internet.

H0: Los resultados del sistema informático interconectado no estarán disponibles en un tiempo menor a 30 segundos y no serán accesibles desde cualquier teléfono móvil o computadora conectada al internet.

Se pudo evidenciar que los resultados de las lecturas del sensor estuvieron disponibles en menos de 30 segundos y se visualizaron al mismo tiempo en un celular móvil y una computadora conectada al internet. Por ello se comprueba y valida la hipótesis alternativa.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados al diseñar un sistema informático para determinar la variabilidad de humedad, se puede observar en los resultados al correlacionar las obtenciones de contenido de humedad por el método de lectura del dispositivo Bolt conectado a un sensor y del método geotécnico, existe una correlación negativa muy alta según la escala de correlación de Karl Pearson, esto indica que si la lectura es más alta el contenido de humedad del suelo será menor.

Justificándose en los estadísticos de bondad de ajuste obtenidos, se finiquita que, una vez determinado el valor de  $R^2$ , la variable explicativa en este caso la lectura de sensor, demuestra el 97% de la variabilidad de la variable dependiente  $w\%$ .

Asimismo, dado el valor de  $p$  adjunto al estadístico  $F$  de Fisher, calculado en la tabla ANOVA, y teniendo el nivel de significación del 5%, la información asistida por parte de la lectura de sensor, es significativamente destacable a la que podría asistir solamente la media.

Por ende, se puede apreciar que, en el modelo de regresión lineal, se indica que por cada aumento de la lectura del sensor el contenido de humedad reportado por el método geotécnico se reduce en 0.0108 unidades porcentuales. Comparando estos resultados con Cortéz Camacho (2015), que obtuvo una alta correlación del 94%, se puede observar que existe un gran parecido en la confiabilidad por las variables observadas y predichas.

También es importante mencionar que la presente investigación tuvo lecturas variables del contenido de humedad superficial. Por ende, comparando con los resultados de Kenan Barik (2014), se observa una gran semejanza, ya que indica que encontró una gran significancia de los efectos de las operaciones de tráfico a una profundidad de 0 a 10 cm.

Por otro lado, utilizando el dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad, se obtuvo resultados de manera inmediata, pues el sensor determinó la humedad del suelo en un tiempo de 5 segundos desde que se toma la lectura hasta que se pueda visualizar el gráfico de resultados en la plataforma Bolt lot, comparando con el método geotécnico existe una gran diferencia. Consecuentemente descargando el

aplicativo Bolt y creando una cuenta en móvil permitió compartir los resultados con más usuarios. Esto demuestra que se puede tener los resultados en todas partes al mismo tiempo ya sea por un móvil o una computadora conectado al internet. Comparando estos resultados con De la Cruz, Cortez y Rios Briceño (2020), el cual indican que pudieron optimizar el tiempo en la reservación de cancha sintética por medio de un aplicativo web y móvil disminuyendo el tiempo de 5.20 a 1.21 minutos, se puede observar que se logró mejorar el tiempo de obtención de resultados.

## **VI. CONCLUSIONES**

- Se ha logrado determinar la variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq Cusco - 2020, el cual consiste en un dispositivo Bolt conectado a un sensor de humedad, un módem, y la plataforma Bolt lot como servicio de nube.
- El sistema informático puede ser consultado en cualquier momento y desde cualquier lugar siempre que se tenga conexión a Internet ya sea desde un teléfono inteligente o desde una computadora personal.
- Se ha logrado evaluar y demostrar que los resultados del sistema informático están disponibles en forma inmediata y en todas partes al mismo tiempo.
- Se ha logrado demostrar que existe una fuerte correlación entre la humedad reportada por el sensor y la humedad reportada por el método geotécnico, llegándose a determinar el modelo matemático con un error porcentual menor al 10%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda dar mucha relevancia a los resultados de la presente investigación, para que sean de mucha utilidad y alcance para los supervisores de obra, residentes de obra y personal técnico, el cual les permita tener una herramienta económica, rápida y confiable con el diseño del módulo para la medición del contenido de humedad en la base de pavimento rígido.
- Se recomienda profundizar en investigaciones referidas al IoT o más conocido como Internet de las cosas, ya que con la ayuda del IoT nos permite implementar y dar alternativas de solución de manera dinámica y rápida.
- Se recomienda extender la cadena de investigación promovida por esta tesis, como por otras para analizar la variabilidad de otras propiedades de las bases de pavimentos, logrando ampliar estudios de diseño moderno de pavimentos.

## REFERENCIAS

- Alibaba.com. (23 de Enero de 2018).** *Soil Moisture Sensor, Soil Moisture Sensor Suppliers and Manufacturers at Alibaba.com.* Obtenido de <https://www.alibaba.com/showroom/soil-moisture-sensor.html>
- ARSA. (20 de Enero de 2018).** *QUALITY CONTROL OF CONSTRUCTION MATERIALS.* Obtenido de <http://www.arsaengineers.com/quality-control-of-construction-materials.html>
- ASTM. (2010).** *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.* West Conshohocken: ASTM.
- Belov, M. (2014).** *Measurement and sensor technologies trends, development dynamics and application scope.* Autumn: Kajaani University of Applied Sciences.
- Bogena, Herbst, Huisman, Rosenbaum, Weuthen, & Vereecken. (2010).** *Potential of Wireless Sensor Networks for Measuring Soil Water Content Variability.* Madison: Soil Science Society of America.
- Das, B. (2015).** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- DHL. (2013).** *LOW-COST SENSOR TECHNOLOGY.* Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation.
- Dipp Ramos, N., Fuentes Medina, N., Cruz Suárez, L., Terrazas Alvarado, L., & Collado Solís, C. (2009). *Esfuerzos Cortantes y de Aplastamiento.* Managua: Universidad Centroamericana.
- Encyclopædia Britannica. (21 de Enero de 2016).** *Measurement.* Obtenido de <https://www.britannica.com/technology/measurement>
- Experimento casero. (2018).** Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura1-Experimento-casero-para-determinar-el-peso-especifico-de-las-particulas-solidas-d\\_fig1\\_256677978](https://www.researchgate.net/figure/Figura1-Experimento-casero-para-determinar-el-peso-especifico-de-las-particulas-solidas-d_fig1_256677978)
- Head. (2006).** *Manual of Soil Laboratory Testing, Volume 1.* Gageshead: Whittels Publishing.
- Huamán, N., Yupanquib, G., Allcaca, E., & Allccac, G. (2016).** EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA SOBRE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA EN GRANOS ANDINO. *Rev Soc Quím Perú.* 82(3), 259-271.
- Ingeosolum. (2018).** Obtenido de <http://ingeosolum.blogspot.com/2011/07/la-perdida-de-succion-en-la-estabilidad.html>
- Lakshmi. (2015).** Quality Control and Quality Assurance In Building Construction. *National Conference on Research Advances in Communication, Computation, Electrical Science and Structures,* 29-37.

- Lambe, W., & Whitman, R. (2004).** *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- LAZO, W., & CAMPOS, R. (2014).** *Sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por goteo en el valle de pampas*. pampas: universidad nacional de huancavelica.
- LLORVESA. (23 de Enero de 2018).** *VENTILADORES DE TIRO FORZADO O INDUCIDO*. Obtenido de [http://www.llorvesa.com/es/ventiladores-de-tiro-forzado-o-inducido\\_c191696/](http://www.llorvesa.com/es/ventiladores-de-tiro-forzado-o-inducido_c191696/)
- Minedu. (Abril de 2014).** *Magnitudes de la Educación - ESCALE - Unidad de Estadística Educativa*. Obtenido de <http://escale.minedu.gob.pe/magnitudes>
- Mohamed, I. (2015).** STUDY ON THE IMPACT OF MOISTURE CONTENT ON SUBGRADE STRENGTH. *5th International Symposium 2015 – IntSym 2015 SEUSL*, 71-76.
- Montgomery, D. (2009).** *Introduction to Statistical Quality Control*. Jefferson City: John Wiley & Sons.
- MTC. (2000).** *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. lima: mtc.
- MTC. (2015).** *Tarifas de ensayos de laboratorio de la dirección de estudios especiales año 2015*. lima: mtc.
- Salour, F. (2015).** *Moisture Influence on Structural Behaviour of Pavements*. Stockholm: KTH, Royal Institute of Technology.
- Sebesta, S., Oh, J., Lee, S. I., Sanchez, M., & Taylor, R. (2013).** *Initial review of rapid moisture measurement for roadway base and subgrade*. texas: texas a&m transportation institute.
- Sotelo, M., Mazari, M., Garibay, J., & Nazarian, S. (2014).** Variability of Moisture Content Measurement Devices on Subgrade Soils. *Geo-Congress 2014 Technical Papers, GSP 234* © ASCE 2014, 1425-1432.
- Tal, E. (21 de Setiembre de 2017).** *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Obtenido de Measurement in Science: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/measurement-science>
- Taludes. (2018).** Obtenido de <https://es.slideshare.net/lrveen/taludes>
- Tripathy, & Anuradha. (2018).** *INTERNET OF THINGS (IoT) Technologies, Applications, Challenges, and Solutions*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- UNI. (06 de Febrero de 2017).** *TARIFA DE ENSAYOS DE LABORATORIO*. Obtenido de <http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/tarifa/tarifa%20ensayos.pdf>
- Universidad Javeriana. (20 de Febrero de 2017).** *LISTADO DE PRECIOS 2017*. Obtenido de

<http://ingenieria.javeriana.edu.co/documents/7508381/0/Lista+de+Precios+laboratorios+2017.pdf/f142d779-8719-4ec1-b869-c6de07ee3097>

**Kenan Barik (2014)** *Variabilidad espacial en las propiedades de compactación del suelo asociadas con las operaciones de campo.*

**Cortes Camacho (2015)** *Predicción espacial de la resistencia a la penetración del suelo mediante geoestadística funcional.*

**Vargas, Rocío; Serrato, Fernando y Torrente, Armando (2015)**, *Variabilidad espacial de las propiedades físicas de un suelo Fluventic Ustropepts en la cuenca baja del río Las Ceibas-Huila.*

**Palomino, Chicchon y Rengifo, Sánchez (2018)**, *Incidencia de la energía de compactación en la determinación de la humedad óptima en los suelos granulares.*

**Tello, Nolorve (2019)**, *Modelo espacial de unidades de suelo en el ámbito de la carretera Iquitos-Nauta, Loreto (Perú).*

**De la Cruz, Cortez y Rios Briceño (2020)** *Aplicativo web y móvil para mejorar el proceso de reservas de canchas de Grass sintético de fútbol de la Empresa Peloteros de Trujillo, 2020.*

**Concha, Manuel (2019)**, *Comparativo de la demanda hídrica en el cultivo de lechuga (*Lactus sativa L.*) con riego por goteo superficial y sub-superficial bajo condiciones del centro agronómico K'ayra-Cusco.*

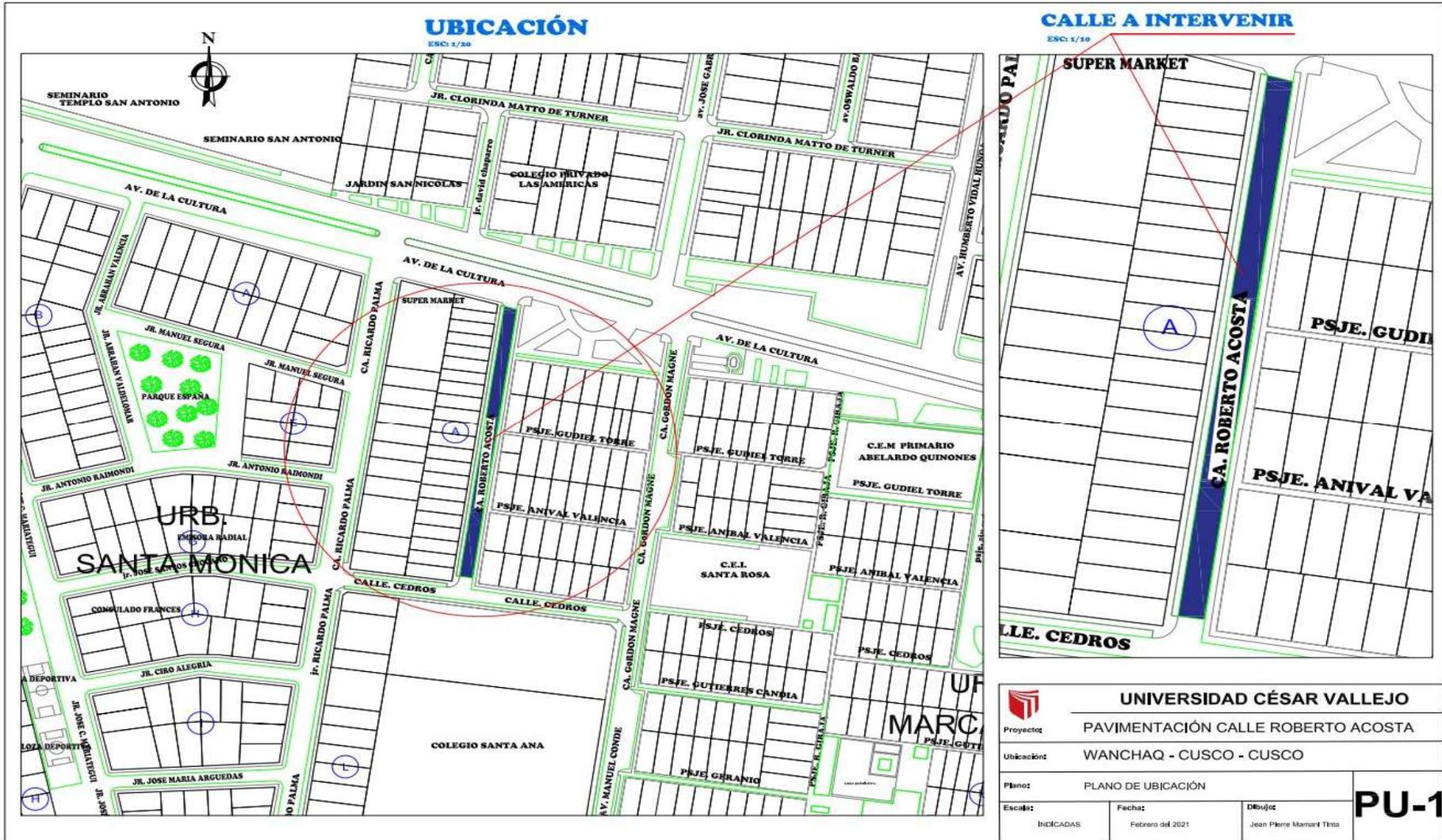
## **ANEXOS**

## UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.



Fuente: Google Earth

# PLANO DE UBICACIÓN.



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

| <b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>  |   |   |  |                    |  |  |
|--|---|---|--|--------------------|--|--|
| <b>TITULO</b>  | <b>Determinación de variabilidad de humedad en capa de base de pavimento rígido aplicando un sistema informático interconectado para monitorear obras</b> |   |  |                    |  |  |
| <b>PROBLEMAS</b>   | <b>OBJETIVOS</b>  | <b>HIPOTESIS</b>  | <b>VARIABLES</b>                                       | <b>DIMENSIONES</b> | <b>INDICADORES</b>                     | <b>METODOLOGIA</b>   |
| <b>Problema general</b>  | <b>Objetivo general</b>   |   |  |                    |  | <b>Tipo de investigación.</b>  |
| ¿Cuáles son los resultados de aplicar un sistema informático para la determinación de variabilidad de humedad de base del pavimento en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020? | Determinar la variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020.                     | La aplicación de un sistema informático para la determinación de la variabilidad de la humedad de base del pavimento rígido trae resultados favorables. | <b>Variable Independiente:</b><br>Sistema Informático. | Funcionalidad      | Pruebas funcionales                    | <b>Tipo:</b> Descriptiva-Correlacional<br><b>Enfoque:</b> Cuantitativo<br><b>Diseño:</b> No experimental<br><b>Técnica:</b> Análisis documental y Observación<br><b>Instrumento:</b> Análisis de contenido y Ficha de observación<br><b>Población:</b> Calle |
| <b>Problemas Específicos</b>   | <b>Objetivos Específicos</b>  |   | <b>Variable Dependiente.</b>                           |                    | -Hora de Lectura<br>-Lectura de Sensor |  |
| 1. ¿El sistema informático permitirá la determinación de   | 1. Diseñar un sistema informático para  |   |  |                    |  |  |

|  |  |  |                                    |                                      |                                    |   |
|--|--|--|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| <p>variabilidad de humedad de forma rápida y confiable?<br/> 2. ¿Los resultados del sistema informático estarán disponibles en forma inmediata y ubicua en un teléfono móvil o una computadora con acceso al internet?</p> | <p>determinar la variabilidad de humedad de forma rápida y confiable.<br/> 2. Evaluar si los resultados del sistema informático estarán disponibles en forma inmediata y ubicua.</p> |  | <p>Variabilidad de la humedad.</p> | <p>Variación de medidas</p>          | <p>-Duración de Lectura</p>        | <p>Roberto Acosta de 70 metros de longitud.<br/> <b>Muestra:</b> Seis puntos de ensayo.</p> |
|  |  |  |                                    | <p>Estudio de Mecánica de Suelos</p> | <p>Porcentaje de Humedad</p>       |   |
|  |  |  |                                    | <p>Datos Estadísticos</p>            | <p>Coefficiente de Correlación</p> |   |

# FICHA DE ANALISIS DE CONTENIDO BOLT IOT

| 1. ANÁLISIS DE CONTENIDO  |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
| NOMBRE DE DOCUMENTO   | Análisis del proceso para la obtención del contenido de humedad mediante un sensor y la plataforma Bolt Iot  |   |  |  |
| AUTOR   | Jean Pierre Mamani Tinta   |   |  |  |
| BIBLIOGRAFÍA  | Configuración del módulo Wifi Bolt   |   |  |  |
| ENLACE  | <a href="http://boltiot.com">boltiot.com</a>   |   |  |  |
| DESCRIPCIÓN DEL APORTE DEL TEMA   | El aporte del tema consiste en implementar como alternativa un Sistema Informatico interconectado para monitorear la humedad de la capa de base de un pavimento rígido urbano de forma rápida y confiable. |   |  |  |
| TIPO DE INVESTIGACIÓN   | CUANTITATIVA, NO EXPERIMENTAL, DESCRIPTIVA - CORRELACIONAL   |   |  |  |
| OBJETIVO  | Determinar la variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020.  |   |  |  |
| PROCEDIMIENTO   | 1. MONTAJE DE EQUIPO   | Placa Bolt  | Se conecta la placa Bolt con el sensor mediante los cables de conexión Bolt tomando en cuenta en orden de conectotes PIN, para luego alimentarlo con energía mediante el cable Micro USB conectandolo por medio del puerto USB de la placa Bolt. |  |
|   |  | Cables de Conexión Bolt   |  |  |
|   | Sensor de Humedad  |   |  |  |
|   | Cable Micro USB  |   |  |  |
|   | 2. CREACIÓN DE CUENTA EN PLATAFORMA BOLT IOT POR EL MÓVIL  | Descargar Aplicación Bolt Iot Setup en Play Store.  |  |  |
|   |  | Creación de Cuenta Bolt Cloud.<br>Configurar dispositivo Bolt con la red de Wifi del Móvil. |  |  |
|   | 3. NUEVO PROYECTO POR COMPUTADORA  | Ir a pestaña Producto   | Ingresar nombre del producto.  |  |
|   |  | Configuración de Producto   | Seleccionar PIN Analógico  | Seleccionar puerto analógico A0 y signar el tiempo automático. |
|   |  |   | Asignar tiempo de Lectura Automática (cada 5 minutos).<br>Guardar configuración.   |  |
|   |  | Código  | Seleccionar Icono de código de importación.  | Seleccionar Gráfico de líneas.                                 |
| Configuración de Lectura Analógica de 0 - 1024.<br>Colocar el siguiente código  |  |   |  |  |
| <pre>var lineGraph2 = new boltGraph (); lineGraph2.setChartType ( "lineGraph" ); lineGraph2.setAxisName ( 'Nombre del eje X' , 'Humedad-&gt;' ); lineGraph2.plotChart ( 'time_stamp' , 'Humedad' );</pre> |  |   |  |  |
| Vincular dispositivo con el producto para enviar datos de humedad.  |  |   |  |  |
| 4. VISUALIZACIÓN DE DATOS DE SENSOR   | Seleccionar el icono Monitor de Computadora en dispositivo Bolt.   | Grafico de Lectura de Sensor.   |  |  |
|   |  |   |  |  |

## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO PARA EL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

| <b>2. ANÁLISIS DE CONTENIDO</b>      |   |  |              |
|--------------------------------------|---|--|--------------|
| NOMBRE DE DOCUMENTO                  | Análisis del contenido para la obtención de la cantidad de la humedad.  |  |              |
| AUTOR                                | Jean Pierre Mamani Tinta  |  |              |
| BIBLIOGRAFIA                         | Manual de Ensayo de Materiales MTC E 108 2000<br>(Determinación del Contenido de Humedad de un suelo)   |  |              |
| REFERENCIA NORMATIVA                 | ASTM D 2216 (Contenido de Humedad)  |  |              |
| ENLACE                               | <a href="http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf">http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf</a>   |  |              |
| DESCRIPCIÓN DEL APORTE DEL TEMA      | El aporte del tema consiste en implementar como alternativa un Sistema Informatico para monitorear la humedad la base de un pavimento rígido de forma rápida y confiable.   |  |              |
| TIPO DE INVESTIGACIÓN                | CUANTITATIVA, NO EXPERIMENTAL, DESCRIPTIVA - CORRELACIONAL  |  |              |
| OBJETIVO                             | Determinar la variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020.   |  |              |
| PROCEDIMIENTO                        | EQUIPOS   | Horno termostático   |              |
|                                      |   | Balanza conveniente de 0.01 - 200 g  |              |
|                                      | MATERIALES  | Recipiente   |              |
|                                      |   | Utensilios   |              |
|                                      |   | Desecador (Opcional)   |              |
|                                      | MUESTRA   | Preservadas y transportadas de acuerdo a la norma ASTM D 4220 (Práctica Estándar para Preservar y Transportar Muestras de Suelo). Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga o minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor. |              |
|                                      | ESPÉCIMEN DE ENSAYO   | Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)  | 2 mm o menos |
| Tamaño de malla estándar             |   | 2,00 mm (N° 10)  |              |
| Masa mínima recomendada de espécimen |   | 20 g   |              |
| CÁLCULOS                             | $W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$ $W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$   |  |              |
|                                      | <p>W = es el contenido de humedad, (%)</p> <p>M<sub>CWS</sub> = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos</p> <p>M<sub>CS</sub> = es el peso del contenedor más el suelo seco en horno, en gramos</p> <p>M<sub>C</sub> = es el peso del contenedor, en gramos</p> <p>M<sub>W</sub> = es el peso del agua, en gramos</p> <p>M<sub>S</sub> = es el peso de las partículas sólidas, en gramos</p> |  |              |

## FICHA DE OBSERVACIÓN PARA LAS MEDICIONES DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

| FICHA DE OBSERVACIÓN   |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
|--|----------------------|---|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| DATOS GENERALES  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO   |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| FACULTAD: INGENIERÍA   |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| ESCUELA: INGENIERIA CIVIL  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: DETERMINACIÓN DE VARIABILIDAD DE HUMEDAD DE BASE DEL PAVIMENTO APLICANDO UN SISTEMA INFORMÁTICO EN LA CALLE ACOSTA, WANCHAQ-CUSCO, 2020. |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| AUTOR: JEAN PIERRE MAMANI TINTA  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| POBLACIÓN DE ESTUDIO: CALLE ROBERTO ACOSTA   |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| LOCALIDAD DE ESTUDIO: WANCHAQ - CUSCO - CUSCO  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| DATOS DE EVALUACIÓN  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| Unidad de Muestreo   | Ubicación de Muestra | VARIABILIDAD DE HUMEDAD<br>(Variable Dependiente) |                       |                         |                               |                                  |
|  |                      | Variación de Medidas                              |                       |                         | Estudio de Mecánica de Suelos | Datos estadísticos               |
|  | Progresiva           | Hora de lectura                                   | Lectura de Sensor (X) | Duración de lectura (s) | % de Humedad (Y)              | Coeficiente de Correlación (X,Y) |
| UM1  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| UM2  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| UM3  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| UM4  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| UM5  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |
| UM6  |                      |   |                       |                         |                               |                                  |

## PANEL FOTOGRÁFICO







# INFORME DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS

## INFORME TÉCNICO DE ENSAYOS DE MÉCANICA DE SUELOS

INFORME N° 098 – 2021 – GEO SOIL-STL – CUSCO

PROYECTO:

“DETERMINACIÓN DE VARIABILIDAD DE HUMEDAD DE BASE DEL PAVIMENTO  
APLICANDO UN SISTEMA INFORMÁTICO EN LA CALLE ACOSTA, WANCHAQ-CUSCO,  
2020”



**SOLICITANTE** : JEAN PIERRE MAMANI TINTA

**UBICACIÓN** : DISTRITO : WANCHAQ

PROVINCIA : CUSCO

DEPARTAMENTO : CUSCO

FEBRERO DE 2021

**GEO SOIL**  
Soil Testing Lab  
Ing. Ante Quispe Vilca  
CIP. 245571

## 1.0 INFORME TÉCNICO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

### 1.1 GENERALIDADES

#### 1.1.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio presenta los resultados de desarrollar los ensayos de Contenido de humedad del Servicio de *Determinación de variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020.*

#### 1.1.2 OBJETIVOS DE ESTUDIO

- Determinar el contenido de Humedad del material de cantera mediante la ejecución de ensayos según los procedimientos precisados y definidos por el MTC E 108, ASTM D2216 y NTP 339.127.

### 1.2 ENSAYOS EFECTUADOS

- Ensayos de Contenido de Humedad de un Suelo.

### 1.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El contenido de humedad de la Muestra 1 es de **7.49%**.
- El contenido de humedad de la Muestra 2 es de **4.73%**.
- El contenido de humedad de la Muestra 3 es de **3.35%**.
- El contenido de humedad de la Muestra 4 es de **2.43%**.
- El contenido de humedad de la Muestra 5 es de **8.68%**.
- El contenido de humedad de la Muestra 6 es de **7.06%**.

### 1.4 PANEL FOTOGRÁFICO



*Ensayo de Contenido de Humedad.*

### 1.5 CÁLCULOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

**GEOSOIL**  
Soil Testing Lab  
Ing. *Wafite Quispe Vilca*  
R.P. 245571

| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO</b> |  |
|---|--|
| <b>MTC E 108 - 2000 / NTP - 339.127</b> |  |
| <b>ASTM - D2216</b>                     |  |
| <b>PROYECTO</b>                         | Determinación de variabilidad de humedad de base del pavimento aplicando un sistema informático en la calle Acosta, Wanchaq-Cusco, 2020. |
| <b>UBIGACIÓN</b>                        | Wanchaq - Cusco - Cusco  |
| <b>SOLICITANTE</b>                      | Jean Pierre Mamani Tinta   |
| <b>MUESTRA</b>                          | Calle Roberto Acosta - Muestras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 <span style="float: right;"><b>FECHA</b> 08/02/2021</span>                             |

| MUESTRA N°                          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso de cápsula (gr)                | 15.81 | 16.03 | 14.62 | 16.30 | 15.96 | 16.71 |
| Peso de cápsula + suelo húmedo (gr) | 35.89 | 35.69 | 34.70 | 36.50 | 35.36 | 36.27 |
| Peso de cápsula + suelo seco (gr)   | 34.49 | 34.80 | 34.05 | 36.02 | 33.81 | 34.98 |
| Peso de suelo seco (gr)             | 18.68 | 18.77 | 19.43 | 19.72 | 17.85 | 18.27 |
| Contenido de Humedad (w%)           | 7.49% | 4.73% | 3.35% | 2.43% | 8.68% | 7.06% |

**RESULTADOS**



**OBSERVACIONES**

\*La cantidad del suelo de muestra fue proporcionado por el solicitante.

**GEOSOIL**  
Soil Testing Lab  
*Ing. Dante Quispe Vilca*  
CIP. 245571