

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**OBTENCIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE  
DIFERENTES TIPOS DE SUELOS USANDO NUEVAS  
TECNOLOGÍAS, HUANCAYO 2021.**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MAC GODOY PARRAGA ESPINOZA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:**

**TRANSPORTE Y URBANISMO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

Huancayo – PERU

2022

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**OBTENCIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE  
DIFERENTES TIPOS DE SUELOS USANDO NUEVAS  
TECNOLOGÍAS, HUANCAYO 2021.**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MAC GODOY PARRAGA ESPINOZA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:**

**TRANSPORTE Y URBANISMO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

Huancayo – PERU

2022

ASESOR:

Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

DEDICATORIA

A Dios quien me guía y es mi fortaleza

A mis Padres, por su estímulo y  
comprensión.

De igual manera a toda mi familia

### **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Peruana Los Andes, por la oportunidad de formarme en sus aulas.

Agradezco a mis maestros por los conocimientos aprendidos

A mi profesor, asesor de tesis por su sabiduría y experiencia quien pudo guiarme para culminar, el presente trabajo mi reconocimiento y gratitud.

Bach. Parraga Espinoza Mac Godoy

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

Presidente

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Secretario Docente

## ÍNDICE

	Pág.
Hoja de conformidad del jurado	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Índice general	V
Índice de figuras	IX
Índice de tablas	X
Resumen	XI
Abstrac	XII
Introducción	XIII
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 Justificación social	3
1.3.2 justificación Científica o Teórica	3
1.3.3 Justificación metodológica	3
1.4 Delimitación del problema	3
1.4.1 Delimitación espacial	4
1.4.2 Delimitación temporal	4
1.4.3 Delimitación geográfica	4
1.4.4 Delimitación económica	5
1.5 limitaciones	5
1.6 Objetivos	5
1.6.1 Objetivo general	5
1.6.2 Objetivos específicos	5

CAPÍTULO II	7
MARCO TEORICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.1.1 Nacionales	7
2.1.2 Ámbito local	8
2.1.3 Internacionales	8
2.2 Marco conceptual	13
2.2.1. Clasificación de suelos	13
2.2.2. Determinación de la humedad natural en suelos	14
2.2.2.1. Contenido de humedad	14
2.2.3. Método para determinar la humedad de suelos usando el horno Convencional	14
2.2.4. Método para determinar la humedad de suelos usando el horno microondas (Norma I.N.V. E – 135 – 07)	16
2.2.5. Horno microondas como herramienta de investigación de laboratorio	17
2.3. Definición de términos	18
2.3.1. Horno microondas	18
2.3.2. Contenido de humedad	18
2.3.3. Suelos	18
2.4. Hipótesis	19
2.4.1. Hipótesis general	19
2.4.2. Hipótesis específicas	19
2.5. Variables	19
2.5.1. Definición conceptual de la variable	20
2.5.2. Definición operacional de la variable	20
2.5.3. Operacionalización de la variable	21
CAPÍTULO III	22
METODOLOGÍA	22
3.1 Método de Investigación	22
3.2 Tipo de investigación	22
3.3 Nivel de investigación	23
3.4 Diseño de la investigación	23



3.5 Población y muestra	23
3.5.1 Población	23
3.5.2 Muestra	23
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.6.1 Técnicas de recolección de datos	24
3.6.2 Instrumentos	24
3.7. Procesamiento de la información	24
3.7.1. Técnicas	24
3.8. Técnicas y análisis de datos	24
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>25</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>25</b>
4.1. Generalidades de la investigación	25
4.2. Topografía	23
4.3. Vías de acceso	27
4.4. Población inmersa en el proyecto	27
4.5. Situación del camino vecinal en estudio	27
4.6. Recolección de la información	28
4.6.1. Exploración realizada en campo	28
4.7 Experimentación	29
4.7.1. Muestras obtenidas en laboratorio MTC E-105	30
4.7.2 Determinación del contenido de humedad del suelo MTC e 108 en horno convencional	30
4.7.3. Datos conseguidos en la prueba de laboratorio para determinar contenido de humedad del suelo en horno convencional	31
4.7.4 Determinación del contenido de humedad del suelo en horno microondas, Norma ASTM D 4643, I.N.V. E – 135 – 07	31
4.7.5. Equipo	32
4.7.6. Datos conseguidos en la prueba de laboratorio para determinar contenido de humedad del suelo en horno microondas	33
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>36</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>36</b>

5.1 Determinación de contenido de humedad en suelos utilizando horno convencional frente al horno microondas	37
5.2 Respecto a las hipótesis planteadas	40
5.2.1 Respecto a la hipótesis general	40
5.2.2 Respecto a las hipótesis específicas	40
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	44
ANEXOS	46
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	46
ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	47
ANEXO 3: BASES Y RESOLUCIÓN DEL PROYECTO PARA SU EJECUCIÓN	48
ANEXO 4: ENSAYO DE SUELOS	54
ANEXO 5: Ficha de datos sobre humedades obtenidas en horno convencional y en horno microondas	56
ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica Quishuar	4
Figura 2 Ubicación del proyecto: Área del proyecto Tramo loma Santa Cruz de Pueblo Libre	26
Figura 3 El camino vecinal Qatillos-Quishuar	26
Figura 4 Afirmado de camino vecinal	28
Figura 5. Correlación de los resultados del suelo arenoso para la muestra Catillo –Quishuar	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 La cantidad mínima de muestra de material húmedo	15
Tabla 2. Normatividad técnica	17
Tabla 3 Definición de la operacionalizacion de las variables	20
Tabla 4 Operacionalizacion de las variables	20
Tabla 5. Identificación de muestra	29
Tabla 6. Contenido de humedad (%) del suelo en horno convencional	31
Tabla 7. Contenido de humedad (%) del suelo en horno microondas	33
Tabla 8. Promedio de humedad obtenido en horno convencional y horno microondas	34
Tabla 9. Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades	35

## RESUMEN

El problema que dio inicio al trabajo de investigación fue si: ¿Es posible obtener el contenido de humedad en suelos arenosos, usando horno microondas en comparación al horno convencional de laboratorio, sin diferencia en los resultados; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre, Tayacaja-Huancavelica. Su objetivo general fue: Obtener el contenido de humedad en suelos arenosos, usando horno microondas, en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre, Tayacaja- Huancavelica. y su hipótesis general fue: Utilizando horno microondas, se obtiene el contenido de humedad en suelos arenosos en comparación al horno convencional de laboratorio, y la diferencia en los resultados es mínima en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre; Tayacaja- Huancavelica.. En la investigación se empleó el método científico, el tipo de investigación es aplicada, y el nivel de investigación fue descriptivo-explicativo con diseño experimental; producto de la investigación se concluye que: Los resultados en los ensayos de obtención de humedad natural en suelos arenosos, usando el horno microondas ofrecen, resultados muy cercanos a los del horno convencional de laboratorio, consiguiendo como máximo tiempo de secado en horno microondas de 6 minutos para las muestras recolectadas para el ensayo, realizado de acuerdo a la norma ASTM D 4643, I.N.V. E – 135 – 07; y en un tiempo de 24 horas; indicados en el horno convencional refrendados a nivel internacional por la norma ASTM D 2216-71 (NTP 339.127), M.T.C. E 108, por consiguiente el horno microondas es un instrumento que se puede emplear para el secado de muestras de suelos arenosos simplificando procesos, con ahorro de tiempo, costos y evitando la contaminación.

**Palabras clave:** Horno microondas- Contenido de humedad- Suelos arenosos.

## **ABSTRACT**

The problem that initiated the research work was whether: Is it possible to obtain the moisture content in sandy soils, using a microwave oven compared to the conventional laboratory oven, without difference in the results; in the process of periodic maintenance of the Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre, Tayacaja-Huancavelica neighborhood road. ? Its general objective was: To obtain the moisture content of sandy soils, using a microwave oven, in the process of periodic maintenance of the Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre neighborhood road. Tayacaja- Huancavelica. and his general hypothesis was: Using a microwave oven, the moisture content of sandy soils is obtained compared to conventional laboratory oven, and the difference in the results is minimal in the periodic maintenance process of the Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre;Tayacaja-Huancavelica neighborhood road. In the research, the scientific method, the type of research is applied, and the level of research was descriptive-explanatory with experimental design; the result of the research is that: The results of the tests of obtaining natural moisture in sandy soils, using the microwave oven, offer results very close to those of the conventional laboratory oven, obtaining a maximum drying time in the microwave oven of 6 minutes for the samples collected for the test, carried out in accordance with ASTM D 4643, I. N. V. E – 135 – 07; and within 24 hours; indicated in the conventional oven, internationally approved by ASTM D 2216-71 (NTP 339. 127), M. T. C. E 108, therefore the microwave oven is a tool that can be used for drying sandy soil samples by simplifying processes, saving time, costs and avoiding contamination.

**Keywords:** Microwave oven- Moisture content- Sandy soils.

## **INTRODUCCIÓN**

El ingeniero civil es quien aplica sus conocimientos para el desarrollo económico-social de la comunidad, mediante obras de infraestructura, puentes, edificios, vías, túneles, acueductos, para realizar estas obras civiles se tiene en cuenta el material a emplear y sus propiedades fisicomecánicas una de ellas es el contenido de humedad de los suelos, obtener estos resultados nos servirán para, calcular el indicador de compactación (densidad); esta se efectúa por medio de secado en horno ventilado, proceso lento, con el uso del horno microondas se busca reducir los tiempos de secado para muestras de suelos dentro del laboratorio como en campo para, agilizar el trabajo de Ingeniería, minimizar costos también lograr preservación del medio ambiente lo que beneficia el ahorro y el consumo de energía en los ensayos de humedad, es importante que estos resultados sean confiables cuando son comparados con resultados obtenidos por métodos tradicionales.

En el presente informe técnico se realizaron ensayos de humedad en muestras de suelos arenosos en un tiempo de exposición en el horno microondas y se analizaron los resultados obtenidos comparándolos con los conseguidos mediante el método de humedad con el horno convencional en el mismo tipo de muestra.

El Capítulo I, versa sobre el planteamiento del problema del cual se plantea el problema general y específico, el objetivo general como específico, tratamos sobre la justificación y delimitación del estudio.

En el Capítulo II, trata sobre el marco teórico, compuesto por los antecedentes y el marco conceptual, con los cuales se desarrolla el estudio.

El Capítulo III, consigna la Metodología: constituida por el tipo de estudio, el nivel y diseño, asimismo las técnicas e instrumentos de colección de datos y para concluir este capítulo se da a conocer el análisis de datos.

En el Capítulo IV está constituido por el desarrollo del informe técnico, experimentación donde se evidencian los resultados del estudio.

El capítulo V trata sobre la discusión de resultados.

Para terminar se da a conocer las conclusiones y recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Mac Godoy Parraga Espinoza



# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACION

### 1. Planteamiento del problema

Para la ejecución de obras civiles, y mantenimiento de caminos y vías; se tiene en cuenta, el material a utilizar y más aún las propiedades físico-mecánicas de la superficie donde se vaya a construir y apoyar la estructura, estas propiedades se afectan por diversos factores siendo una de ellas el contenido de humedad del suelo, recabar estos resultados nos servirán para, la preservación de carreteras construidas, calcular el indicador de compactación (densidad); en obras de construcción de afirmado, como superficie de rodadura de carreteras se emplea material granular o procesado, los porcentajes de agua son variados y de ello está acondicionada la calidad y duración, para el tratamiento de compactación se debe adicionar agua al momento de compactar, dándose los casos en que no se llega al óptimo contenido de humedad se debe añadir otra vez significando un mayor gasto en inversión en obra, por ello es imperativo el estudio de ensayos y métodos que nos permitan conocer el estado de los suelos

de forma confiable y que implique un menor tiempo de realización. La valoración del contenido de humedad suele ser muy exigente en tiempo, los tiempos de secado son de aproximadamente 8 horas a 24 horas, este lapso de tiempo afecta la continuidad de cualquier obra, por consiguiente genera altos costos por la espera de resultados, debido a ello se precisa de un método mucho más rápido sencillo y fácil de emplear para obtener los resultados de contenido de humedad, el empleo de un horno microondas es conveniente como nuevo método frente a los convencionales hornos de secación.(1). Con este trabajo de investigación propendemos optimizar el tiempo de realización de ensayos para contenido de humedad en obra, no todas las obras tienen acceso a laboratorios en cercanía, a la vez consideramos el ahorro energético y un menor impacto ambiental.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Es posible obtener el contenido de humedad en suelos arenosos , usando horno microondas en comparación al horno convencional de laboratorio, sin diferencia en los resultados; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿Es posible determinar el tiempo de secado promedio en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.?

b) ¿Es posible precisar, cambios de los contenidos de humedad utilizando los hornos convencional y microondas; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica o social:**

La presente investigación contribuye en el bienestar personal y social de la comunidad empresarial de la región central de país.

#### **1.3.2. Científica o Teórica**

La información recopilada y procesada sirve de sustento para esta y otras investigaciones similares, porque es posible obtener la humedad en suelos empleando el horno microondas, los resultados son aceptables lo cual permite a los profesionales de la Ingeniería civil, emplear un método más eficiente en tiempo, en razón a que los ensayos de contenido de humedad de los suelos se realizaron en menos de media hora lo que es algo alentador para las situaciones en que las obras de ingeniería requieran de una forma urgente estos resultados y esto se puede realizar en obra, también la investigación nos permite enriquecer el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en mención (1).

#### **1.3.3. Metodológica**

Los instrumentos que se diseñaron y elaboraron para la investigación sirven para recopilar la información, asimismo para analizar los datos, los mismos que han sido guiados y orientados en todo momento por el método científico, considerando que la metodología es de utilidad para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.

### **1.4. Delimitación**

#### **1.4.1. Espacial**

La presente investigación se desarrolló en el:

**Departamento: Huancavelica.**

**Provincia: Tayacaja**

**Distrito: Quishuar**

**Ubigeo : 090713**

**Tramo: Qatillos-Quishuar**

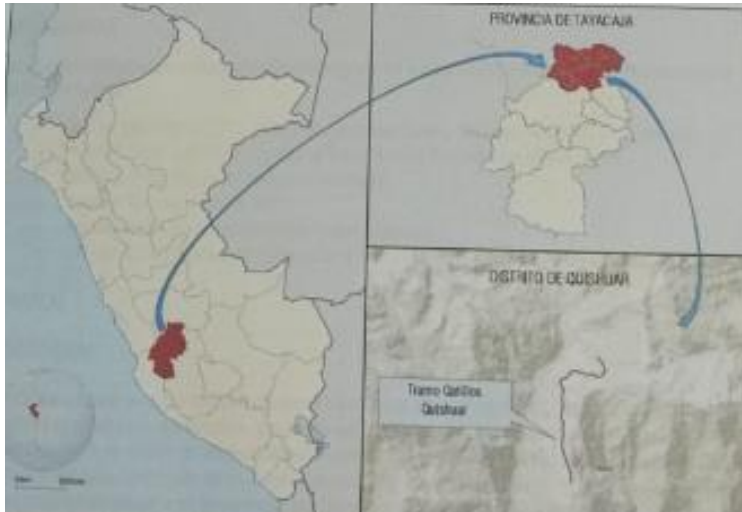
#### **1.4.2. Temporal**

La presente investigación se efectuó desde el 10 de Enero del 2021 y finalizó el 30 de Julio del 2021, con una duración de 170 días, donde se realizó el trabajo en campo y gabinete

#### **1.4.3. Delimitación geográfica**

El trabajo de investigación se ubica geográficamente en el distrito de Quishuar, Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica tal como se indica en la Figura N° 1.

**Figura 1 Ubicación geográfica Quishuar**



Fuente : Sistema WGS 84 UTM-Coordenadas: Planas-Zona UTM: 18S

**Qatillos (Inicio del proyecto Km. 00+000)**

Coordenadas UTM (Este) 525008.08

Coordenadas UTM (Norte) 8649935.51

Elevación: 3090.00 m.s.n.m.

### **Quishuar (Km. 4-750)**

Coordenadas UTM (Este) 524188.80

Coordenadas UTM (Norte) 8646426.28

Elevación: 3111.00 m.s.n.m.

#### **1.4.3. Delimitación económica**

La presente investigación se ejecutó con los recursos propios del investigador, siendo un total

S/. 3000.00 soles

#### **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones encontradas en la presente investigación fue sobre, las pruebas de ensayos de humedad en suelos realizadas en laboratorios estándares de acuerdo a la normatividad actual, que no realizan ensayos en horno microondas, otra limitación que se encontró fue respecto a la parte técnica porque no encontramos especialistas del tema de investigación.

#### **1.6. Objetivos**

##### **1.6.1. Objetivo general**

Obtener el contenido de humedad en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.

##### **1.6.2. Objetivos específicos**

a) Determinar el tiempo de secado promedio en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.

b) Determinar cambios de los contenidos de humedad utilizando hornos convencional y microondas; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1 Nacionales**

(La Madrid, L.2020) en su tesis titulada “Medición del grado de humedad en agregados de concreto por medio de frecuencias de microondas; presentada para obtener el título de Ingeniero en la Universidad de Piura, investigación, parte del proyecto sobre Tecnologías facilitadoras basadas en técnicas de microondas para la medición en tiempo real del contenido de humedad en materiales de la construcción, convenio de subvención económica N°108-2017-FONDECYT, para ensayos en laboratorio y visitas técnicas, consideraron medir la humedad basados en la forma como se propagan las ondas de radiofrecuencia de microondas a través de las sustancias en este caso agregados analiza que variabilidad tuvo y que relación guarda con el contenido de humedad, obtuvo como resultados, que es posible mediante el análisis estadístico obtener el contenido de agua, es decir de humedad en función de su coeficiente

dieléctrico, asimismo sostiene que en la actualidad, la industria peruana es muy estricta con el control de calidad de los productos por tanto se requiere hacer un exhaustivo seguimiento a la calidad del mismo; sin embargo, en productos donde sea muy importante el contenido de humedad, la determinación del porcentaje de humedad por métodos tradicionales como el de secado en horno genera tiempos muertos en la producción y consecuentemente pérdidas económicas, en referencia ello, los métodos de detección de humedad por señales de microondas llegan a solucionar esto al requerir menos tiempo llegando a controlarse incluso en tiempo real, además de que en algunos métodos no es necesaria la interacción con el material, es decir, no son métodos destructivos en algunos casos, concluye afirmando que la medición de la humedad en un material se basa en la propagación de ondas de radiofrecuencias a través de las sustancias, esta metodología es innovadora al representar una solución a los tiempos muertos que hay en la línea de producción (2).

### **2.1.2 Ámbito local**

No existen estudios, lo que nos motiva para realizar el presente trabajo de investigación.

### **2.2.3 Internacionales**

(Gómez, M.; Vidal, S. 2007) en su investigación denominada “Correlación de Determinación de Humedad de Suelos por Medio de Secado en Horno y en Microondas; afirman que la evaluación de la humedad de los suelos se realiza, mediante el secado en horno ventilado, usualmente a temperaturas de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ , con una duración como mínimo de 12 horas, siendo su desarrollo muy lento, sirve para conocer la densidad seca de suelos, terrenos, muy necesario conocer estos datos, en forma casi inmediata para las obras, en razón a ello es que se ha investigado sobre la eventualidad de llevar a cabo el secado del suelo utilizando el horno microondas, para realizar la investigación, efectuaron estudios de distintos tipos de suelos con distinto porcentaje de humedad siendo los suelos finos los que poseen mejor correlación,



asimismo, en su trabajo como conclusión afirman que la disimilitud en los porcentajes de humedad infieren valores inferiores a 2%;por ello, este método es una opción comprobable en la evaluación de la humedad de los suelos, muy útil para evaluar la densidad de suelos, terrenos; según los suelos estudiados, se observa que en la mayoría de estos se recaban ligeramente un mayor contenido de humedad cuando se emplea el procedimiento de secado en microondas, y la diferencia de resultados, entre ambos métodos por lo regular, es inferior a un 1%(3).

**Nieto,F.(2008)** en su investigación sobre “Método para la determinación de la humedad en suelos granulares utilizando horno microondas;presentada a la Universidad La Salle, Bogotá,para optar el título profesional de Ingeniero Civil la investigación busco establecer la humedad en suelos granulares empleando un horno microondas, considerando obtener resultados en minutos y no en las 24 horas en los hornos convencionales concluyen afirmando que ; Por los ensayos realizados se pudo conocer el contenido de humedad de suelos granulares con el horno convencional como en el horno microondas, compararon los resultados siendo la correlación cercana a 1; asimismo analizaron arena fina, arena gruesa y grava media las cuales contenían 5% de agua y lograron secar dichas muestras en minutos en forma óptima (4).

**Cormick; A. (2015)** investigación a la que titula “Comparing Different Heating Methods for Determination of Moisture Content in Soils (Comparación de diferentes métodos de calentamiento para la determinación del contenido de humedad en suelos; sostienen que emplear el hornos microondas, para efectuar pruebas de humedad del suelo presenta la oportunidad que los resultados sean utilizables, en menos de una hora en contraste con las casi 24 horas que se esperan para conseguir los mismos resultados empleando el horno estándar, este proyecto de investigación busco identificar las correlaciones entre los dos métodos para una serie determinada de materiales y establecer posibles limitaciones para la utilización del método de microondas, evaluaron el empleo en el pasado y en la actualidad del horno microondas para el cálculo del contenido de humedad y a la vez exponer una metodología de

comparación entre ambos métodos, identificando un método de prueba apropiado que otorgue resultados precisos en razón a normas establecidas, los materiales sometidos a prueba fueron el suelo limoso Turba (materia orgánica), caolinita, bentonita, illita ,la investigación realizó pruebas en 277 muestras empleando el secado por microondas y el horno estándar de secado, Conclusiones generales; en general, el secado en horno microondas produjo resultados muy cercanos a los producidos por el método de horno estándar ,siendo la diferencia de menos del 1.5 % lo cual cumple con estándares pedidos en análisis de humedad de suelos, el método del horno de microondas produce resultados en un período de tiempo rápido y corto, al probar materiales adecuados, a este respecto consideran que el uso de microondas no era adecuado para la bentonita (5).

**Kramarenko, V. et al (2016)** artículo científico titulado; “Determination of water content in clay and organic soil using microwave oven.(Determinación del contenido de agua del suelo utilizando radiación de microondas); el artículo trata sobre las técnicas de determinación del contenido de agua del suelo utilizando radiación de microondas su aplicación práctica permitiría resolver los problemas de recursos eficiencia en el estudio geotécnico debido a la reducción de la energía y la intensidad de recursos de análisis de laboratorio, así como su aceleración mediante la disminución de la intensidad del trabajo y, como resultado, reducción de costes; los autores estudian las turbas, arcillas y suelos turbosos típicos de Siberia occidental, presentan un análisis detallado del contenido de agua del suelo, determinación y secado del suelo, el artículo compara y analiza los resultados de la investigación sobre el contenido de agua del suelo, que se obtienen a través de técnicas convencionales y la original desarrollada por los autores, consistente en secado por microondas, los autores también dan recomendaciones sobre la aplicación de la técnica de microondas, para secar el suelo como conclusiones más importantes afirman que los resultados de la investigación han demostrado que los hornos microondas domésticos son un medio eficaz para determinar rápidamente el contenido de agua en suelos

arcillosos, arenosos y orgánicos ya que las pruebas se llevan a cabo en menor tiempo y los resultados obtenidos son más precisos que cuando se utilizan hornos de secado, los autores anticipan que las recomendaciones sugeridas permitirían una amplia aplicación de métodos de bajo costo, tanto en campo como en condiciones de laboratorio” (6).

**Jalal et al (2017)** presentan una investigación “Accelerating Soil Moisture Determination with Microwave Oven (Aceleración de la determinación de la humedad del suelo con horno microondas)afirman que el contenido de humedad del suelo se determina mediante el uso de horno de convección o estufa, con esta investigación buscaron determinar la exactitud y la duración del secado del suelo del horno microondas, consideran que en el horno de convección se obtiene el contenido de humedad correcto y, por lo tanto, se utilizó como fuente para evaluar los resultados, el diseño experimental fue factorial basado en un diseño completamente aleatorizado, los tratamientos fueron; horno de secado al aire como control (105 ° C durante 24 horas) y un horno microondas (90-180-360-600 y 900 Watt en 5 y 10 min de duración),como resultados dicen que el secado de la tierra con un horno microondas fue oportuno, eficiente, preciso y seguro, el horno de microondas estándar era el dispositivo más práctico para usar en el secado de suelos, el determinar el contenido de humedad en suelos a través de la radiación de microondas, que acelera en gran medida el procedimiento, simplifica la complejidad y el gasto de laboratorio en pruebas, la utilización de hornos microondas de 600 vatios para secar muestras de suelo y realizar pruebas de humedad del suelo ofrece el potencial para acceder a los resultados en 10 minutos, en contraste con alrededor de 24 horas para adquirir los mismos resultados empleando la técnica del horno estándar que es la estrategia estándar utilizada como parte de la industria”(7).

**Jastrzębska M. (2019)** en su investigación titulada; “Practical application of the microwave oven in the geotechnical laboratory (Aplicación práctica del horno microondas en el laboratorio geotécnico) El objetivo principal del trabajo es presentar la utilidad de los hornos microondas en el trabajo diario de los laboratorios geotécnicos; las actividades relacionadas con los hornos microondas son utilizadas comúnmente para determinar la humedad del suelo y secar suelos

que están demasiado húmedos para otras pruebas de laboratorio, estas actividades no están estandarizadas en la mayoría de países; siendo las únicas pautas disponibles las que se basan en los proyectos de investigación, en su trabajo han realizado 345 pruebas, para la determinación del contenido de humedad para 3 tipos de suelo: arena fina (FSa; SP - arena poco graduada), grava arenosa (saGr; GW -mezclas de arena y grava bien graduadas) y arcilla limosa (siCl; CH - arcilla inorgánica de alta plasticidad), duración del proceso fue entre 2 a 17 minutos, **concluyen** afirmando que durante la serie de investigaciones realizadas, se realizaron las siguientes observaciones: las muestras de arcilla con masa de 25 g, estabilizaron la pérdida de masa después de 5 min de secado por microondas, siendo casi 60 veces más rápido que durante el secado tradicional que tarda 290 min. Los suelos cohesivos reducen su humedad más rápido que suelos no cohesivos durante el secado de muestras en un horno microondas” (8).

**Prokopowicz P.et al (2020)** en su investigación titulada “Time necessary for microwave drying of mineral soils (Tiempo necesario para el secado por microondas de suelos minerales) consideran que: Cuando se realizan construcciones se movilizan grandes movimientos de tierra (cortes y terraplenes)lo que trae como necesidad procedimientos de control de calidad de prueba rápidos y fiables que se aplicarán directamente en las obras, entre ellos el método convencional y estandarizado para determinar la humedad del suelo, que consiste en secar una muestra en una máquina que hace circular aire caliente y seco, siendo este procedimiento, ampliamente utilizado y se considera muy fiable y eficaz para cualquier tipo de suelo, la desventaja es el tiempo que se tarda en completar, ya que se necesitan un mínimo de 24 horas para obtener los resultados del contenido de humedad y, en consecuencia, calcular el indicador de compactación (densidad);llevaron a cabo un experimento, basado en los experimentos de Jastrzębska quien recomienda secar las muestras de suelo en un horno microondas, en su trabajo, probaron el contenido de humedad de cuatro materiales de suelo diferentes; un total de 40 muestras en total, **concluyen** sosteniendo que el estudio realizado muestra que para suelos cohesivos, el suelo

debe calentarse en un horno de microondas, durante aproximadamente 8-10 minutos, independientemente de su humedad inicial (en el rango probado - 16-70%),y el tiempo de secado depende de la humedad de la muestra y del suelo y la granulación” (9).

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Clasificación de suelos**

Para fines de la Ingeniería civil se clasifica a los suelos bajo dos sistemas (Borselli, L; 2020) “Está el Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS o USCS) utilizado por la ingeniería geotécnica; y el sistema de clasificación AASHTO utilizado o empleado para construir, afirmar carreteras; terraplenes, estos dos sistemas utilizan la determinación de los límites de Atterberg (LL, LP, IP) y análisis granulométrico para establecer la clasificación del suelo; Las fracciones texturales del suelo son: grava, arena, limo, arcilla, a un suelo que comprende uno o más de estos componentes se le da un nombre descriptivo y una designación que consta de letras o números y letras; estas letras dependen de las proporciones relativas de los componentes y de las características de plasticidad del suelo” (10).

#### **Suelos de la familia livianos o gruesa**

**Arenoso:** se identifica fácilmente, se frota entre los dedos y se notara áspero y no se podrá notar partículas con fineza al tacto como el limo y arcilla.

**Arenoso franco:** cuando se frota en seco se notara áspero su color es usualmente marrón a gris

#### **Suelos medios**

**Franco arenoso:** si la muestra esta seca se percibirá la arena pero en poca proporción de color marrón claro a gris, se debe humedecer y formar una pasta para luego frotar entre los dedos si se siente áspera esta muestra será Franco arcilloso arenoso, si se percibe suave será en todo caso; arenoso limoso y si es adherente y plástica se considera arcillosa (10).

## **2.2.2. Determinación de la humedad natural en suelos**

### **2.2.2.1. Contenido de humedad**

“Cantidad de agua que se encuentra en el suelo y en todo aquello que puede retenerse y retirarse, se expresa en %”(Condori B,2019) (11).

“La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas” (12)

### **2.2.3. Método para determinar la humedad de suelos usando el horno Convencional**

Se basa en la referencia: ASTM D-2216, MTC E 108-2000

#### **a) Aparatos**

**Horno de secado.-** controlado por termostato mantiene una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

**Balanzas.-** digitales con precisión de 0,1 gr

**Vasijas o recipientes.-** resistentes a la corrosión y cambios de temperatura

**Utensilios.-** sujetador o tenazas y guantes, lona para cuarteo, espátulas cucharas

#### **b) Método**

Para determinar el peso del agua que se elimina al secar el suelo húmedo se procede a secar en un horno con temperatura controlada a  $110 \pm 5$  °C\*,:se considera el peso del suelo secado como el de partículas sólidas, siendo la pérdida de peso se considera como peso del agua .

#### **c) Muestras**

Para el transporte y preservación de las muestras se debe regir por la Norma ASTM D-4220, y la MTC E-105; las muestras deben ser almacenadas en sacos o contenedores herméticos a una

temperatura entre 3 °C y 30 °C y no estar en contacto con luz solar; los ensayos deben realizarse en forma rápida.

Los ensayos regidos por ASTM, se rigen por cantidades mínimas de muestra según se especifica en la tabla 2:

**Tabla 1 La cantidad mínima de muestra de material húmedo**

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 (1 1/2")	10 kg	1 kg
75.0 mm	76.200 mm (3")	50 kg	5 kg

Fuente: Primer taller de mecánica de suelos – marzo 2006. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (12).

#### **d) Selección de la muestra de suelo**

Si la muestra de suelo, puede ser manipulado sin que se presente pérdida de humedad, se mezcla y se reduce de tamaño por cuarteo o división.

#### **e) Procedimiento a seguir**

-Pesar en la balanza un recipiente o contenedor limpio con su tapa si esta se ha de usar

-Se debe seleccionar la muestra húmeda y colocarla en el recipiente, para luego registrar el peso en la balanza.

- Secar en el horno a  $110 \pm 5$  °C de temperatura por el tiempo requerido para este tipo de ensayos usualmente es de 24 horas, dependerá del tipo de material.

-Luego que seco la muestra se saca y enfriada se registra el peso en la misma balanza.

Cálculos

El contenido de humedad presente en la muestra, se cuantifica empleando la formula siguiente:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W = es el contenido de humedad, (%)

W1 = es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos

W2 = es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos:

W<sub>w</sub> = Peso del agua

W<sub>s</sub> = Peso seco del material

W<sub>t</sub> = es el peso de tara, en gramos

Nota: La precisión: resultados obtenidos de dos ensayos realizados por un mismo operador no se considera de sospecha si difieren en menos de del 7.8% de su media (12).

#### **2.2.4. Método para determinar la humedad de suelos usando el horno microondas (Norma I.N.V. E – 135 – 07)**

Una muestra de suelo húmedo; se coloca en un recipiente de porcelana u otro resistente y apto para el horno microondas, al cual se determina su masa. Se instala en el horno para someterlo



a secamiento por un intervalo de tiempo de tres minutos ; se saca del horno y nuevamente se determina su masa; El proceso debe repetirse por el lapso de 1 minuto se pesa nuevamente esto se realiza hasta que la masa sea más o menos constante, la diferencia de la masa de la muestra húmeda y de la muestra seca se considera como la de agua contenida originalmente en la muestra, para hallar el contenido de agua se divide la masa de agua por la masa de muestra seca, multiplicando por 100, al realizarse el ensayo para una determinada muestra de suelo el tamaño y tiempo hasta conseguir una masa constante es anotado y se utiliza el tiempo mínimo para futuras pruebas (13).

### **2.2.5. Horno microondas como herramienta de investigación de laboratorio**

Los hornos de microondas se usan en laboratorios para el calentamiento rápido de una muestra de suelos o materiales, con la finalidad de secarlo por completo, o someterlos a tensión térmica, los cálculos de contenido de humedad en muestras de suelo, se pueden realizar en minutos, en lugar de horas; se coloca una carga dentro de un horno de microondas, el calentamiento será uniforme además de rápida, pero es de señalar que no siempre ocurre ello ,interviene la forma y el tamaño de la muestra, a la vez sus propiedades físicas, los cuales influyen en la absorción de energía, por ejemplo si colocamos volúmenes iguales de agua en vasijas de diferentes formas estas alcanzarán diversas temperaturas finales, incluso la altura de las vasijas intervienen, lográndose distintas temperaturas a distintos niveles, los hornos microondas, tienen potencia variable, están supeditadas a una relación de tiempo de encendido y al apagado para que se pueda variar la potencia media, lo cual debe ser apreciado para no llegar a resultados erróneos en los experimentos o ensayos para tener confiabilidad y consistencia de los resultados, cuando se utiliza un horno microondas, como herramienta de investigación (14).

**Tabla 2. Normatividad técnica**

NORMA	DESCRIPCIÓN	SÍNTESIS
-------	-------------	----------

<b>ASTM D 2216-71 (NTP 339.127) MTC E 108 – 2000</b>	Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado.	Describe el procedimiento para la determinación de humedad en el laboratorio mediante el método tradicional de suelo, roca, y mezclas de suelo-agregado.
<b>A.S.T.M. D 4643 – 00/ GG-09</b>	Determinación del contenido de agua (humedad) en suelos por calentamiento de horno microondas.	Describe los procedimientos para determinar el contenido de humedad en suelos secando de manera incrementada el suelo en un horno microondas.
<b>I.N.V. E – 135 – 07</b>	Humedad de suelos usando horno microondas	Describe procedimientos para determinar el contenido de agua (humedad) de suelos, secándolos en incrementos de tiempo, en horno microondas.

Fuente: Lucuara Gómez, K. J. (2010). Determinación de humedad natural de suelos finos sin utilizar reductores de calor mediante el horno microondas.

### 2.3. Definición de términos

**2.3.1.Horno microondas:** Un horno de microondas es un electrodoméstico empleado para calentar coser alimentos, la que se realiza por calentamiento dieléctrico, la radiación de microondas calentara el agua dentro de las comidas y también moléculas polarizadas existentes en ella, la cual se realiza en forma uniforme,pero es de señalar que no doran no hornea a como los hornos convenciionales, el horno de microondas posee un tubo de magnetrón, que convierte la corriente que alimenta al dispositivo en radiación electromagnética ,para que el tubo de magnetrón actue funcione debe ser alimentado con alto voltaje esto lo realiza un transformador,también posee un agitador que difunde la energía de microondas uniformizándola (15).

**2.3.2. Contenido de humedad:** Los suelos contienen algún grado de humedad, lo cual es concomitante con la porosidad de las partículas que forman dicho suelo, dependerá del tamaño de ellas y si son permeables a la vez de la cantidad y volumen presente, la determinación de la humedad de los suelos nos sirve para el cálculo de las densidades en terreno (3), (16).

**2.3.3. Suelos:** “Suelo es la capa superficial de la corteza terrestre considerada la parte biológicamente activa, es una acumulación de materiales y minerales sin cementación o poco

cementados de espesor o niveles variable que se extiende desde la corteza terrestre hasta la roca sólida, definido en el caso de la ingeniería civil como todo aquel material que el constructor utiliza para que sobre él o a través de él se edifique obras de Ingeniería” (17),(18).

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Utilizando horno microondas, se obtiene el contenido de humedad en suelos arenosos en comparación al horno convencional de laboratorio, y la diferencia en los resultados es mínima en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica..

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

a) Se determina el tiempo de secado promedio en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.

b) Se determina los cambios de los contenidos de humedad utilizando horno convencional y microondas; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.

## **2.5. Variables**

Categoría de análisis: Suelo arenoso

Variables: Humedad

Indicadores: Porcentaje de agua secada mediante el horno microondas

### **a) Variable Independiente:**

Obtención del contenido de humedad en suelos

“La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas” (12)

**b) Variable Dependiente:**

Secado en el horno de microondas

**2.5.1. Definición conceptual de la variable**

**a) Variable independiente (X)**

Obtención del contenido de humedad en suelos

**b) Variable dependiente (Y)**

Secado en el horno de microondas

“Los hornos de microondas se usan en laboratorios para el calentamiento rápido de una muestra de suelos o materiales, con la finalidad de secarlo por completo” (14)

**2.5.2. Definición operacional de la variable**

**Tabla 3**

**Definición de la operacionalización de las variables**

<b>Tipo de variable</b>	<b>Nombre de la variable</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Variable Independiente</b>	Contenido de humedad en suelos	Porcentaje de agua secada mediante el horno Microondas
<b>Variable dependiente</b>	Secado en el horno de microondas.	Medio electrónico constante

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

**Tabla 4**  
**Operacionalización de las variables**

<b>variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>escala</b>
Contenido de humedad en suelos	Porcentaje (%)	5%, a 10%	%
Peso de muestra de suelos arenosos	Gramos	100 grs	Gramos
Secado en el horno de microondas	Tiempo (Minutos)	3, 4,5,6 minutos	minutos

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

En la investigación se empleó el método científico; apropiado para realizar, en forma sistemática siguiendo un orden, con el propósito de averiguar, la respuesta al problema planteado. La metodología empleada para determinar la humedad natural en suelos arenosos mediante el microondas se considera experimental, esta investigación establece el comportamiento de la humedad natural en suelos, mediante la realización de ensayos; empleando un horno microondas, además se especificó un tiempo máximo de secado adecuado, teniendo en cuenta la información bibliográfica y antecedentes.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, porque el objetivo parte de una realidad concreta, ya que se busca solucionar el problema sobre la obtención de la humedad en suelos; utilizando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre. Tayacaja- Huancavelica..

Para (Sánchez y Reyes 1996) la investigación aplicada se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para

actuar, para construir, para modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal. (p.78).

### **3.3. Nivel de investigación**

La investigación se sitúa en el nivel descriptivo-explicativo, debido a que buscamos explicar causas y luego explicar el proceso de obtención de la humedad en suelos arenosos empleando el horno microondas comparando los resultados con los obtenidos en forma convencional en horno de secado en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica..

### **3.4. Diseño de la investigación**

El presente trabajo de investigación por las características del problema propuesto desde el diseño experimental , se podrá comprobar la variable independiente con el objetivo de obtener el valor de la humedad adecuada en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.

**G1:** O1 x O2

Donde:

**G1:** Grupo experimental

**X:** Obtención del contenido de humedad

**O1:** Test Antes del experimento.

**O2:** Test después del experimento

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

El trabajo de investigación tuvo como población la ruta que comprende el camino vecinal Manchay-Pilata-Yanayacu-Cedro Pampa-Puca Yacu-Qatillos-Qishuar-Potrero-Huamanmarca-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre .Tayacaja Huancavelica, con una longitud de 37.11 km.

#### **3.5.2. Muestra**

Estuvo determinada por el tramo 0+000 km a 4+750 km, correspondientes al camino vecinal entre Qatillos -Quishuar; Ubigeo: 090713 Provincia: Tayacaja-Huancavelica; Distrito: Quishuar, donde se obtuvieron las 7 muestras

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

#### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

- Observación
- Entrevista y pruebas, ensayos de laboratorio
- Revisión bibliográfica sobre análisis de humedad

#### **3.6.2. Instrumentos**

Ficha de observación

- Entrevista y pruebas en laboratorios especializados en análisis de suelos
- Normas y reglamentos

### **3.7. Procesamiento de la información**

Se pudo agrupar y luego estructurar los datos recabados en el transcurso del trabajo de campo, asimismo con los obtenidos en laboratorio. Definiendo los programas y herramientas para procesar los datos, donde se arribó a conclusiones con carácter al diagnóstico, observado en los objetivos de la investigación

#### **3.7.1. Técnicas**

Software de diseño AutoCAD

Hojas de cálculos en programa Excel

Software de procesamiento AutoCAD Civil 3D

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

En los análisis de los datos, imprescindibles para la presente investigación se utilizó ensayos de laboratorio acorde a normativas vigentes y actuales, con la colaboración del personal técnico en mecánica de suelos, siendo la información obtenida autentica, que se utilizó para completar la prueba de las muestras necesarias para comparar el secado en horno convencional estándar y horno microondas, nos permitieron realizar una comparación precisa de los dos métodos de



secado; los grupos de las muestras se correlacionaron, según los estándares del ajuste del contenido de humedad.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Generalidades de la investigación**

El proyecto comprende parte del Mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Pilata-Yanayacu-Cedro Pampa-Puca Yacu-Catillos-Qishuar-Potrero-Huamanmarca-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre .Tayacaja Huancavelica, con una longitud de 750 km., en el presente estudio comprende el tramo situado entre Qatillos –Quishuar, que inicia en la progresiva 0+000 km y termina en la progresiva 4+750 km, el cual inicia con una altitud de 3090 msnm y termina a una altitud de 3111.00 msnm.

#### **4.2 Topografía**

En referencia a las coordenadas de la obra esta se inicia en el progresivo km 0+000, teniendo la coordenada UTM Este(525008.08) y coordenada UTM Norte (8649935.51),teniendo una

altitud de 3090.00 msnm; y la obra finaliza en el progresivo km 4+750, teniendo la coordenada UTM este (524188.80) y coordenadaUTM Norte(8646426.28), teniendo una altitud de 3111.00 msnm.

**Figura 2 Ubicación del proyecto: Área del proyecto Tramo loma Santa Cruz de Pueblo Libre**



**Fuente: Imagen de google earth**

**Figura 3 El camino vecinal Qatillos-Quishuar**



**Fuente: Imagen de google earth**

### **4.3 Vías de acceso**

El camino vecinal tiene acceso desde Puca Yacu pasando por qatillos y Quishuar llegando hasta Potrero

### **4.4 Población inmersa en el proyecto**

La población que fue beneficiada directamente, son 215 familias las que son pobladores directos que se encuentran ubicados en el anexo de Qatillos y Quishuar siendo 1500 familias beneficiadas indirectamente pertenecientes a Potrero-Huamanmarca-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre .Tayacaja Huancavelica.

### **4.5 Situación del camino vecinal en estudio**

Este trabajo consistió en la construcción de una o más capas de afirmado (material granular seleccionado) material arenoso como superficie de rodadura de una carretera los mismos que fueron obtenidos de manera natural o procesados debidamente aprobados con o sin adición de estabilizadores de suelos que son colocados sobre una superficie preparada; los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes incluye el transporte, suministro, colocación y compactación del material en conformidad con los alineamientos pendientes y dimensiones indicadas en el proyecto y aprobadas por el supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental. El afirmado que detallamos en este informe se utilizó como superficies de rodadura en carretera no pavimentada.

**Figura 4 Afirmado de camino vecinal**



#### **4.6 Recolección de la información**

##### **4.6.1. Exploración realizada en campo**

Se procedió al desarrollo para las tomas de muestra en campo conjuntamente con personal de laboratorio debidamente calificado de la empresa SILVER GEOTEC SAC de acuerdo al reglamento de Manual de Ensayo de materiales de las normas MTC EM 2000 los cuales han sido ceñidos a los procedimientos de la Norma técnica Peruana (NTP) y la norma internacional de la American Society of Testing Materials (ASTM); los ensayos en campo según la norma MTC E 117 y MTC E115 (Empleados para Máxima densidad seca y Optimo contenido de humedad )

Las muestras fueron debidamente preservadas para luego ser llevadas a laboratorio según la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), señalamos que las muestras se mantuvieron en sacos herméticos y una temperatura entre 3 y 30 °C sin tener contacto con el sol, evitando condensación de humedad dentro de los sacos de almacenaje.

**Modalidad:** muestreo por laboratorio

**Método de muestreo:** excavación manual

**Tabla 5. Identificación de muestra**

<b>Identificación de muestra</b>	<b>Lugar de muestreo Progresiva (Km.)</b>	<b>Altitud (cota) m.s.n.m.</b>	<b>Coordenadas Utm (Este)</b>	<b>Coordenadas Utm (Norte)</b>	<b>Profundidad metros</b>	<b>Tipo</b>	<b>Kg</b>
<b>1</b>	<b>0+000</b>	<b>3090.00</b>	<b>524973.01</b>	<b>8549258.17</b>	<b>0,15</b>	<b>saco</b>	<b>10 Kg</b>
<b>2</b>	<b>0+250</b>	<b>3116.00</b>	<b>525089.59</b>	<b>8649087.94</b>	<b>0,15</b>	<b>saco</b>	<b>10 Kg</b>
<b>3</b>	<b>0+250</b>	<b>3135.00</b>	<b>524864.00</b>	<b>8648577.94</b>	<b>0,15</b>	<b>saco</b>	<b>10 Kg</b>
<b>4</b>	<b>0+500</b>	<b>3118.00</b>	<b>525196.23</b>	<b>8648920.62</b>	<b>0,15</b>	<b>saco</b>	<b>10 Kg</b>
<b>5</b>	<b>1+000</b>	<b>3138.00</b>	<b>525066.97</b>	<b>8648617.45</b>	<b>0,15</b>	<b>saco</b>	<b>10 Kg</b>
<b>6</b>	<b>1+250</b>	<b>3135.00</b>	<b>524864.00</b>	<b>8648577.94</b>	<b>0,15</b>	<b>saco</b>	<b>10 Kg</b>
<b>7</b>	<b>1+500</b>	<b>3134.00</b>	<b>524621.54</b>	<b>8648689.95</b>	<b>0,15</b>	<b>saco</b>	<b>10 Kg</b>

#### **4.7 Experimentación**

Los trabajos de campo se orientaron a explorar y tomar muestras del material seleccionado para luego ser remitidas al laboratorio especializado, SILVER GEOTEC SAC para realizar las pruebas de contenido de humedad en horno convencional refrendados a nivel internacional por la norma ASTM D 2216-71 (NTP 339.127)- MTC e 108, y a la obtención de contenido de humedad de suelos utilizando horno microondas realizado de acuerdo a la norma ASTM D 4643, I.N.V. E – 135 – 07

#### **4.7.1. Muestras obtenidas en laboratorio MTC E-105**

- Recepcionada la muestra se extiende en superficie plana
- Desmenuzar la muestra con un martillo de goma preferentemente
- Se mezcla la muestra y se forma una pila, para luego fraccionarlas en cuatro partes (cuarteo) disponibles para el ensayo.

#### **4.7.2 Determinación del contenido de humedad del suelo MTC e 108 en horno convencional**

- Realizado el cuarteo se obtiene una muestra representativa del suelo siguiendo la norma del MTC e 108, en ella define la cantidad y peso a usar, en este caso se tuvo un tamaño nominal 4,75 mm el tamaño de malla estándar, 4,760 mm (N° 4), la masa mínima empleada fue de 100 gramos.
- Se enumeraron las muestras a emplear en su estado natural colocándose en capsulas pesadas en forma previa, para tal finalidad se empleó balanzas con 0,01 de precisión.
- Las muestras se colocaron en un horno controlando la temperatura entre 110° C +/- 5 ° C.; por 24 horas hasta obtener un peso constante.
- Las capsulas enfriadas fueron pesadas, para obtener el contenido de humedad se empleó la siguiente fórmula

$$W (\%) = (PESO\ DEL\ AGUA / PESO\ DEL\ SUELO\ SECADO\ AL\ HORNO) \times 100$$

#### **4.7.3. Datos conseguidos en la prueba de laboratorio para determinar contenido de humedad del suelo en horno convencional**

Se realizaron para cada muestra tres pruebas,(21 pruebas) obteniéndose un contenido de humedad, que dado los promedios se presentan en la tabla siguiente, los certificados se adjuntan en el anexo.

**Tabla 6. Contenido de humedad (%) del suelo en horno convencional**

IDENTIFICACIÓN DE ENSAYO		CONTENIDO HUMEDAD EN HORNO CONVENCIONAL MTC-E 108
MUESTRA	PROGRESIVA	HUMEDAD LABORATORIO %
1	0+000	6.93 %
2	0+250	6.93%
3	0+500	6.93%
4	0+750	6.93%
5	1+000	6.93%
6	1+250	6.93%
7	1+500	6.93%

Fuente: SILVER GEOTEC SAC

#### **4.7.4 Determinación del contenido de humedad del suelo en horno microondas, Norma ASTM D 4643, I.N.V. E – 135 – 07**

- Este procedimiento o método explica acciones para precisar el contenido de humedad de suelos, secando en incrementos de tiempo en horno microondas, es posible emplear en todo tipo de suelo.

- Realizado el cuarteo se obtiene una muestra representativa del suelo siguiendo la norma del MTC e 108, en ella define la cantidad y peso a usar, en este caso se tuvo un tamaño nominal 4,75 mm el tamaño de malla estándar, 4,760 mm (N° 4), la masa mínima empleada fue de 100 gramos, esta muestra de suelo húmedo se ubicó en un recipiente apropiado para su empleo en el horno microondas, (Vasijas de porcelana para evaporación y de vidrio de boro silicato son apropiados) luego se precisó su masa, en una balanza de precisión de 0,1 gr. para luego someterlo a un intervalo de secado de tres minutos, para luego sacarlo del horno y con una varilla remover la muestra y de nuevo se especifica su masa, el tratamiento se repitió en un intervalo de 1 minuto, hasta que la masa fue próxima y constante, todo ello se repitió tres veces.

- La diferencia de la masa de muestra húmeda y la de la muestra seca se considera como la de agua comprendida originalmente en la muestra, para realizar los cálculos del contenido de agua se consigue dividiendo la masa de agua por la masa de la muestra seca, y multiplicando por 100.

#### **4.7.5. Equipo**

##### **Horno microondas**

- El horno microondas deberá contar con cámara de ventilación de preferencia y una potencia de 700 W, poseer asimismo, controles para cambiar la potencia y evitar sobrecalentar la muestra

-Vasijas de porcelana para evaporación y de vidrio de boro silicato son apropiados

-Balanza de precisión de 0,1 gr.

- Desecador, recipiente hondo, conteniendo sílice gelatinosa, o fosfato de calcio anhidro puede emplearse un desecante que cambie de color para mostrar o indicar que necesita recambio.



-Disipador térmico se empleó ladrillos o tejas humedecidas (El disipador térmico es un líquido o material que se coloca en el microondas, está encargado de absorber energía posterior a que la humedad ha sido extraída de la muestra reduce la posibilidad de sobrecalentar a esa muestra y a la vez evita dañar el horno)

- Utensilios de manipulación.- agarradores o guantes para sostener los recipientes de prueba.

#### **4.7.6. Datos conseguidos en la prueba de laboratorio para determinar contenido de humedad del suelo en horno microondas**

Se realizaron para cada muestra tres pruebas, (21 pruebas) obteniéndose un contenido de humedad, que dado los promedios se presentan en la tabla siguiente, las fotografías se adjuntan en el anexo.

**Tabla 7. Contenido de humedad (%) del suelo en horno microondas**

IDENTIFICACIÓN DE ENSAYO		CONTENIDO HUMEDAD EN HORNO MICROONDAS Norma ASTM D 4643, I.N.V. E – 135 – 07
MUESTRA	PROGRESIVA	HUMEDAD LABORATORIO %
1	0+000	7.00 %
2	0+250	7.10%
3	0+500	7.10%
4	0+750	7.20%
5	1+000	6.80%
6	1+250	7.00%
7	1+500	7.50%

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 8. Promedio de humedad obtenido en horno convencional y horno microondas**

MUESTRA	CANTIDAD	HUMEDAD		H horno convencional <sub>prom</sub> - H horno microondas <sub>prom.</sub>	Aceptación de ensayos Variación +- 2.0% Aceptación	DESVIACION ESTANDAR
		Horno convencional	Horno microondas			
1	100 gr	6.93 %	7.00 %	- 0.07	cumple	0.00049497
2	100 gr	6.93%	7.10%	- 0.17	cumple	0.00120208
3	100 gr	6.93%	7.10%	-0.17	cumple	0.00120208
4	100 gr	6.93%	7.20%	-0.27	cumple	0.00190919
5	100 gr	6.93%	6.80%	0.13	cumple	0.00091924
6	100 gr	6.93%	7.00%	-0.17	cumple	0.00049497
7	100 gr	6.93%	7.50%	-0.57	cumple	0.00403051

En la tabla 8 se anotan los rendimientos de las humedades promedio de las muestras, conseguidos en el horno convencional de laboratorio Silver SACy microondas para cada una de las muestras. se observa que las cifras de la desviación estándar de las diferencias del promedio de humedades halladas, es menor al valor normalizado considerado como máximo que establece la norma ASTM D4643 de 0.3%.

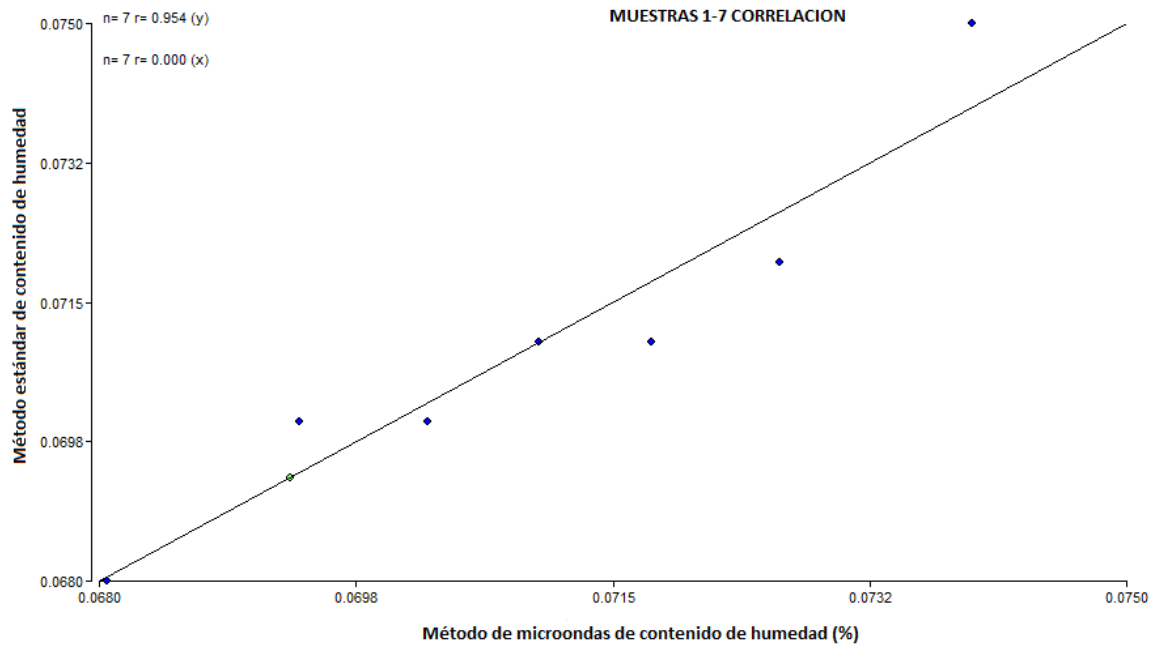
**Tabla 9. Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades**

<u>x</u>	<u>y</u>
x 1.00	sd
y	sd 1.00

.Correlación de Pearson:1.00

**Figura 5. Correlación de los resultados del suelo arenoso para la muestra Catillo –**

**Quishuar**



## CAPÍTULO V

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el presente estudio de investigación de acuerdo al trabajo titulado “Determinación de la humedad en suelos granulares utilizando horno microondas y comparación de los resultados con el método tradicional realizado por Gómez & Vidal, del cual obtuvimos el artículo base para la determinación de la humedad en suelos granulares utilizando el horno microondas en el cual se buscaba los tiempos mínimos necesarios para lograr un resultado de peso constante, que no superaran los 110° C de temperatura “(3).

El trabajo de Nieto es también requerido para el presente estudio quien considera que “El contenido de humedad de un suelo es utilizado en prácticas de ingeniería geotécnica tanto en el laboratorio como en el campo, la determinación del contenido de humedad por medio del método de ensayo INV E 122 ó ASTM d 2216 requiere un tiempo relativamente largo y hay ocasiones en que se necesita disminuirlo, el uso de un horno microondas es una herramienta útil para hacerlo, el comportamiento del resultado del contenido de humedad de un suelo cuando

se somete a la energía del microondas depende de la composición mineralógica de sus partículas y como resultado no hay un procedimiento único aplicable para todos los tipos de suelo, el presente desarrollo experimental tiene como objeto determinar el contenido de humedad de once muestras de suelos finos utilizando un horno microondas, realizando, adicionalmente, ensayos de límites de consistencia antes y después de secar las muestras en los dos tipos de hornos, con el fin de analizar y establecer los cambios en los resultados y diseñar un procedimiento para secar muestras de suelos finos en horno microondas. lo que conlleva a disminuir los tiempos de secado para la obtención de los resultados, lo cual traería grandes beneficios para los profesionales que trabajan en el campo de la ingeniería geotécnica” (4).

### **5.1 Determinación de contenido de humedad en suelos utilizando horno convencional frente al horno microondas**

El determinar el contenido de humedad, en suelos utilizando el horno convencional, está estipulado a normas aplicables; como ASTM D 2216-71 (NTP 339.127) y la del MTC E 108, en ella define la cantidad y peso a usar, en este caso, se tuvo un tamaño nominal 4,75 mm el tamaño de malla estándar, 4,760 mm (Nº 4), la masa mínima empleada fue de 100 gramos, ensayar la masa de suelos completa es a todas luces imposible para el caso de afirmado de caminos, siendo el suelo un material de gran variabilidad, es imprescindible hacer diversos ensayos sobre cantidades pequeñas, que luego se extrapolan a la totalidad de la masa, los cuales serán válidos, cumpliendo las normas sobre muestras establecidas; al respecto se pesaron tres recipientes de metal para cada muestra, totalizando 21 pruebas empleando una balanza electrónica, para luego colocar en cada una de ellas una masa representativa de suelo húmedo en cada recipiente pesándolos, para luego colocarlos en la estufa a temperatura  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante un lapso de 24 horas, las muestras secadas y obteniéndose un peso constante, se obtuvo el peso del recipiente con la muestra de suelo seco, empleándose la misma balanza para todo el

proceso, el promedio encontrado para el contenido de humedad es el valor que corresponde en si a la profundidad de la muestra, este proceso o método de secado en horno convencional al demorar 24 horas implica tiempo y costos en la obra. Mientras que determinar el contenido de humedad en horno microondas está contemplado en la norma I.N.V. E – 135– 071; puntualiza técnicas para expresar con precisión el contenido de agua (humedad) de suelos, para ello estos deben secarse en incrementos, de tiempo en horno microondas, este procedimiento se puede utilizar en sustitución del Método de ensayo o prueba INV E–122 cuando se precise conseguir resultados rápidos, es de señalar que este ensayo o método se puede emplear, en casi todo tipo de suelo; salvo en algunos como la bentonita o aquellos con alto contenido de montmorillonita, yeso halloisita, mica, u otros materiales altamente hidratados, suelos enormemente orgánicos, o suelos que incluyan sólidos disueltos, tales como depósitos marinos con alto contenido de sal; este procedimiento, podría arrojar resultados no confiables de contenido de humedad, se puede resumir este método considerando que una muestra de suelo húmedo, tamizado con una abertura de 2 mm (N° 10) y una masa recomendada de 100gr. es colocado en un recipiente adecuado, empleado en microondas como la porcelana, al respecto se pesaron tres recipientes para cada muestra, totalizando 21 pruebas; al cual se determina su masa, para introducirlo en el horno microondas, para ser sometido a un intervalo de secamiento; se saca del horno para luego pesar y conocer su masa, este proceso se repite, hasta que la masa sea más o menos constante, la diferencia encontrada de la masa de la muestra húmeda y la de muestra seca es apreciada como la de agua contenida en forma original en la muestra, el contenido de agua se obtiene, dividiendo la masa de agua por la masa de la muestra seca, multiplicando por 100; al respecto (La Madrid, L.2020) sostiene que en la actualidad, la industria peruana es muy estricta con el control de calidad de los productos por tanto se requiere hacer un exhaustivo seguimiento a la calidad del mismo; sin embargo, en productos donde sea muy importante el contenido de humedad, y la determinación del porcentaje de humedad por métodos tradicionales como el de secado en

horno genera tiempos muertos en la producción y consecuentemente pérdidas económicas, en referencia ello, los métodos de detección de humedad por señales de microondas llegan a solucionar esto al requerir menos tiempo llegando a controlarse incluso en tiempo real, además de que en algunos métodos no es necesaria la interacción con el material, es decir, no son métodos destructivos en algunos casos (2). La apreciación de estos dos métodos de secado por parte de (Gómez, M.; Vidal, S. 2007) quienes afirman que la evaluación de la humedad de los suelos se realiza, mediante el secado en horno ventilado, usualmente a temperaturas de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ , con una duración como mínimo de 12 horas, siendo su desarrollo muy lento, sirve para conocer la densidad seca de suelos, terrenos, muy necesario conocer estos datos, en forma casi inmediata para las obras, en razón a ello es que se ha investigado sobre la eventualidad de llevar a cabo el secado del suelo utilizando el horno microondas, la diferencia de resultados, entre ambos métodos por lo regular, es inferior a un 1% (3). En relación al objetivo general sobre el obtener el contenido de humedad en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre. Tayacaja- Huancavelica; se pudo llevar a cabo utilizando un horno microondas de 700W de potencia para analizar suelos arenoso presentes en dichos caminos, al respecto, (Kramarenko, V. et al 2016) para determinar el contenido de agua del suelo utilizando radiación de microondas, estudiaron las turbas, arcillas y suelos turbosos típicos de Siberia occidental, presentan un análisis detallado del contenido de agua del suelo, determinación y secado del suelo, por técnicas convencionales y secado por microondas domésticos, afirman que son un medio eficaz para determinar rápidamente el contenido de agua en suelos arcillosos, arenosos y orgánicos ya que las pruebas se llevan a cabo en menor tiempo y los resultados obtenidos son más precisos que cuando se utilizan hornos de secado, los autores anticipan que las recomendaciones sugeridas permitirían una amplia aplicación de métodos de bajo costo, tanto en campo como en condiciones de laboratorio (5).

## **5.2 Respecto a las hipótesis planteadas**

### **5.2.1 Respecto a la hipótesis general**

En referencia a la hipótesis general propuesta, se pudo determinar que utilizando horno microondas, se obtiene el contenido de humedad en suelos arenosos en comparación al horno convencional de laboratorio, y la diferencia en los resultados es mínima en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica.;apreciamos que la diferencia del contenido de humedad encontrado en el horno convencional y el horno microondas fue en promedio de 0.2214% mientras que la aceptación de ensayos contempla una variación de  $\pm 2.0\%$  ; cumpliendo con largueza con esta norma por lo tanto el ensayo de obtención de humedad en horno microondas, es particularmente útil dada la lejanía de estos caminos vecinales.

### **5.2.2 Respecto a las hipótesis específicas**

- En conexión a la primera hipótesis específica planteada se pudo determinar el tiempo de secado promedio en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja- Huancavelica, la muestra de 100grs fue secada en el microondas de potencia de 700W inicialmente, en un lapso de 3 minutos, sacada la muestra, se procedió a remover para que el material este suelto para luego ser pesada registrándose un primer peso, se colocó nuevamente en el microondas por un espacio de 1 minuto para anotar el peso ,este proceso se repitió dos veces más hasta que el peso sea constante en total se emplearon 6 minutos, hasta obtener el contenido de humedad en este tipo de suelo arenosos con las muestras del proyecto Qatillos – Quishuar; en relación a ello (Jalal et al ;2017) determinaron la exactitud y la duración del secado del suelo del horno microondas, consideran que en el horno de convección se obtiene el contenido de humedad correcto a  $105^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas y un horno microondas (90-180-



360-600 y 900 Watt en 5 y 10 min de duración, son enfáticos al decir que el horno de microondas estándar fue el dispositivo más práctico para usar en el secado de suelos, se accede a los resultados en 10 minutos, en contraste con alrededor de 24 horas para conseguir los mismos resultados utilizando la técnica del horno estándar que emplea la industria(6). Asimismo es concluyente (Jastrzębska M. 2019) las actividades relacionadas con los hornos microondas son utilizadas comúnmente para determinar la humedad del suelo y secar suelos que están demasiado húmedos para otras pruebas de laboratorio, estas actividades no están estandarizadas en la mayoría de países; siendo las únicas pautas disponibles las que se basan en los proyectos de investigación, en su trabajo para la determinación del contenido de humedad para 3 tipos de suelo: arena fina (FSa; SP - arena poco graduada), grava arenosa (saGr; GW - mezclas de arena y grava bien graduadas) y arcilla limosa (siCl; CH - arcilla inorgánica de alta plasticidad), la duración del proceso fue entre 2 a 17 minutos (7).

- En relación a la segunda hipótesis, si es posible determinar, los cambios de los contenidos de humedad utilizando, hornos convencional y microondas; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre. Tayacaja-Huancavelica, dichos cambios son pequeños registrándose variaciones menores + / - al 2% que estipula la norma. Señala sobre ello (Prokopowicz P. et al 2020); el método convencional y estandarizado para determinar la humedad del suelo, y basado en los experimentos de Jastrzębska quien recomienda secar las muestras de suelo en un horno microondas, en su trabajo, probaron el contenido de humedad de cuatro materiales de suelo diferentes; un total de 40 muestras en total, y las variaciones en los resultados son mínimas para ello el suelo debe calentarse en un horno de microondas, en un lapso de tiempo de 8-10 minutos, independientemente de su humedad inicial (en el rango probado - 16-70%), y el tiempo de secado depende de la humedad de la muestra y del suelo y la granulación (8).

## CONCLUSIONES

1. Los resultados en los ensayos de obtención de humedad natural en suelos arenosos, usando el horno microondas ofrecen, resultados muy cercanos a los del horno convencional de laboratorio, consiguiendo como máximo tiempo de secado en horno microondas, de 6 minutos utilizando muestras de 100 gramos; resultando, un método confiable para las muestras recolectadas para el ensayo, realizado de acuerdo a la norma ASTM D 4643, I.N.V. E – 135 – 07; y en un tiempo de 24 horas; indicados en el horno convencional refrendados a nivel internacional por la norma ASTM D 2216-71 (NTP 339.127), M.T.C. E 108, por consiguiente el horno microondas es un instrumento que se puede emplear para el secado de muestras de suelos arenosos simplificando procesos, con ahorro de tiempo, costos y evitando la contaminación.
2. El método del horno microondas para la determinación de la humedad del suelo, que se puede emplear en el análisis de suelos de textura arenosa sirve para ayudar en el manejo de afirmado de caminos
3. La diferencia del contenido de humedad, en suelos arenosos, encontrado en el horno convencional y el horno microondas fue en promedio de 0.2214% mientras, que la aceptación de ensayos contempla una variación de  $\pm 2.0\%$ .
4. Al equiparar los resultados conseguidos, por medio de los ensayos realizados, el contenido de humedad en muestras de suelo arenoso utilizando el horno convencional y el horno microondas, los coeficientes de correlación de las muestras son cercanos a 1.00.

## **RECOMENDACIONES**

- 1.** Es importante que el investigador, prepare y luego procese la muestra, prontamente para disminuir la merma de humedad no registrada, que puedan dar lugar a imprecisión errónea, en el contenido de humedad, tanto en hornos convencionales y horno microondas.
- 2.** La presente investigación deja abierta la oportunidad de realizar investigaciones, por ejemplo sobre la humedad natural de diversos tipos de suelos en las que se verifique el tiempo de secado, la temperatura alcanzada, también trabajar en muestras inalteradas, siempre enfocadas a nuestro trabajo en ingeniería civil.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Lucuara Gómez, K. J. (2010). Determinación de humedad natural de suelos finos sin utilizar reductores de calor mediante el horno microondas.
2. La Madrid, L. (2020). Medición del grado de humedad en agregados de concreto por medio de frecuencias de microondas (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú.
3. Gómez, M.; Vidal, S. Correlación de Determinación de Humedad de Suelos por Medio de Secado en Horno y en Microondas. *Revista de la Construcción*, 2007, vol. 6, no 1, p. 28-34.
4. Nieto Castañeda, F. A., Gámez Camargo, C. P., & Hilarión Plazas, D. L. (2008). Método para la determinación de la humedad en suelos granulares utilizando horno microondas. *Epsilon*, 1(10), 23-31.
5. Cormick, Adam. Comparing Different Heating Methods for Determination of Moisture Content in Soils. 2015.
6. Kramarenmko, V, et al. Determination of water content in clay and organic soil using microwave oven. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2016. p. 012029.
7. JALAL, Jalilian; SINA, Siavash Moghaddam; YADOLLAH, Tagizadeh. Accelerating Soil Moisture Determination with Microwave Oven. *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 2017, vol. 48, no 2, p. 101-103.
8. Jastrzebska, M. Practical application of the microwave oven in the geotechnical laboratory. *Architecture Civil Engineering Environment* , 2019, vol. 12, no 2, pág. 91-104.

9. Prokopowicz, P. et al. Tiempo necesario para el secado por microondas de suelos minerales. En Journal of Physics: Serie de conferencias . IOP Publishing, 2020. p. 012021.
10. Borselli, L; 2020 GEOTECNIA I Año Académico 2019-2020 disponible en: [https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia\\_1\\_parte\\_II.pdf](https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_II.pdf)
11. Condori Quispe, B. M. (2019). El contenido de humedad en la simulación del comportamiento elastoplástico de los suelos, Huancayo en el año 2016. SUNEDU.
12. Primer taller de mecánica de suelos – marzo 2006. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, {Internet}.disponible en: <http://www.lms.uni.edu.pe/Determinacion%20del%20contenido%20de%20Humedad.pdf>
13. Método para determinar la humedad de suelos usando el horno microondas. {Internet}. I.N.V.E.-135-07; disponible en: [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-135-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-135-07.pdf)
14. Diprose, M. F. "Some Considerations When Using a Microwave Oven as a Laboratory Research Tool." Plant and Soil 229, no. 2 (2001): 271-80. Accessed December 18, 2020. <http://www.jstor.org/stable/42951110>.
15. Vergara-Fuentes, I. et al. Evaluación de Emisiones Electromagnéticas Producidas por Hornos Microondas. 2013.
16. <https://www.docsity.com/es/contenido-de-humedad-1/5456935/>. Tomado 16 Dic. 2020 18:11:01 GMT.
17. <https://www.significados.com/suelo/>. Tomado el 16 Dic. 2020 23:36:58 GMT
18. La importancia del estudio de los suelos {Internet}. disponible en: <http://tesis.uson.mx> › tesis › docs › Capitulo

## ANEXOS

### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	operacionalización de variables	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Es posible obtener el contenido de humedad en suelos arenosos , usando horno microondas en comparación al horno convencional de laboratorio, sin diferencia en los resultados; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿Es posible determinar el tiempo de secado promedio en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica.?</p> <p>b) ¿Es posible precisar, cambios de los contenidos de humedad utilizando los hornos convencional y microondas; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Obtener el contenido de humedad en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Determinar el tiempo de secado promedio en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica.</p> <p>b) Determinar cambios de los contenidos de humedad utilizando los hornos convencional y microondas; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Utilizando horno microondas, se obtiene el contenido de humedad en suelos arenosos en comparación al horno convencional de laboratorio, y la diferencia en los resultados es mínima en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica..</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a) Se determina el tiempo de secado promedio en suelos arenosos, usando horno microondas en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica.</p> <p>b) Se determina los cambios de los contenidos de humedad utilizando hornos convencional y microondas; en el proceso de mantenimiento periódico del camino vecinal Manchay-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre.Tayacaja-Huancavelica.</p>	<p>Categoría de análisis: Suelo arenoso</p> <p>Variables: Humedad</p> <p>Indicadores: Porcentaje de agua secada mediante el horno microondas</p> <p>a) Variable Independiente: Obtención del contenido de humedad en suelos</p> <p>b) Variable Dependiente: Secado en el horno de microondas</p>	<p>En la investigación se empleó el método científico</p> <p>El tipo de investigación es aplicada</p> <p>El nivel de investigación descriptivo-explicativo</p> <p>Diseño experimental</p> <p>G1: O1 x O2</p> <p>Donde:</p> <p>G1: Grupo Experimental</p> <p>X: Aplicación del contenido de humedad</p> <p>O1: Test Antes del experimento.</p> <p>O2: Test después del experimento</p> <p>El trabajo de investigación tuvo como <b>población</b> la ruta que comprende el camino vecinal Manchay-Pilata-Yanayacu-Cedro Pampa-Puca Yacu-Qatillos-Qishuar-Potrero-Huamanmarca-Loma Santa Cruz de Pueblo Libre .Tayacaja Huancavelica, con una longitud de 750 km.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Estuvo determinada por el tramo 0+000 km a 4+750 km, correspondientes al camino vecinal entre Qatillos -Quishuar; Ubigeo: 090713 Provincia: Tayacaja-Huancavelica; Distrito: Quishuar, donde se obtuvieron las 7 muestras</p>

## ANEXO 2: OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

<b>variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>escala</b>
Contenido de humedad en suelos	Porcentaje (%)	5%, a 10%	%
Peso de muestra de suelos arenosos	Gramos	100 grs	Gramos
Secado en el horno de microondas	Tiempo (Minutos)	3, con intervalo de 1 minuto	minutos

## ANEXO 3: BASES Y RESOLUCIÓN DEL PROYECTO PARA SU EJECUCION



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TAYACAJA- PAMPAS  
PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE SELECCIÓN N°014-2020-CS/MPT



### **BASES ESTÁNDAR DE PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE SELECCIÓN PARA EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y RUTINARIO (Decreto de Urgencia N° 070-2020)**

### **PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE SELECCIÓN N° 014- 2020-CS-MPT-1**

SERVICIO PARA LA EJECUCION DEL MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y RUTINARIO DEL CAMINO VECINAL DEL TRAMO: MANCHAY - PILATA - YANANACU - CEDROPAMPA - PUCA YACU) - (QATILLOS – QUISHUAR., POTRERO – HUAMANMARCA, LOMA - SANTA CRUZ DE PUEBLO LIBRE, DE LOS DISTRITOS DE SALCABAMBA - QUISHUAR - SALCAHUASI -TAYACAJA – HUANCAVELICA.





## CAPÍTULO I ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE SELECCIÓN

### 1.1. REFERENCIAS

Cuando en el presente documento se mencione la palabra Decreto de Urgencia, se entiende que se está haciendo referencia al Decreto de Urgencia N° 070-2020; cuando se mencione la palabra Ley, se entiende que se está haciendo referencia a la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado, y cuando se mencione la palabra Reglamento, se entiende que se está haciendo referencia al Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado aprobado por Decreto Supremo N° 344-2018-EF.

Las referidas normas incluyen sus respectivas modificaciones, de ser el caso.

### 1.2. CONVOCATORIA

Se realiza a través de su publicación en el SEACE, en la fecha señalada en el calendario del procedimiento especial de selección, debiendo adjuntar las bases y resumen ejecutivo.

### 1.3. REGISTRO DE PARTICIPANTES

El registro de participantes se efectúa electrónicamente a través del SEACE desde el día siguiente de la convocatoria, siendo requisito para la presentación de la oferta. En el caso de un consorcio, basta que se registre uno (1) de sus integrantes.

#### Importante

- *Los proveedores que deseen registrar su participación deben ingresar al SEACE utilizando su Certificado SEACE (usuario y contraseña). Asimismo, deben observar las instrucciones señaladas en el documento de orientación "Guía para el registro de participantes electrónico" publicado en <https://www2.seace.gob.pe/>.*
- *En caso los proveedores no cuenten con inscripción vigente en el RNP y/o se encuentren inhabilitados o suspendidos para ser participantes, postores y/o contratistas, el SEACE restringirá su registro, quedando a potestad de estos intentar nuevamente registrar su participación en el procedimiento especial de selección en cualquier otro momento, dentro del plazo establecido para dicha etapa, siempre que haya obtenido la vigencia de su inscripción o quedado sin efecto la sanción que le impuso el Tribunal de Contrataciones del Estado.*

### 1.4. FORMA DE PRESENTACIÓN DE OFERTAS

Se realiza electrónicamente a través del SEACE desde el día siguiente de la convocatoria y hasta la fecha establecida en el cronograma del procedimiento. Las ofertas se presentan conforme lo establecido en el artículo 59 del Reglamento.

Las declaraciones juradas, formatos o formularios previstos en las bases que conforman la oferta deben estar debidamente firmados por el postor (firma manuscrita). Los demás documentos deben ser visados por el postor. En el caso de persona jurídica, por su representante legal, apoderado o mandatario designado para dicho fin y, en el caso de persona natural, por este o su apoderado. No se acepta el pegado de la imagen de una firma o visto. Las ofertas se presentan foliadas.



### 3. UBICACIÓN

#### DISTRITO DE SALCABAMBA

#### 3.1. TRAMO: MANCHAY - PILATA - YANANACU - CEDROPAMPA - PUCA YACU

El camino vecinal donde se prevé efectuar el servicio se encuentra en el:

Departamento : Huancavelica  
Provincia : Tayacaja  
Distrito : Salcabamba  
Localidades : Manchaya – Pilata – Cedropampa – Puca Yacu  
Zona : Sierra  
Región natural : Quechua  
Altitud promedio : 3037 m.s.n.m.  
Longitud : 22.00 km Aprox.  
Código de Ruta :  
Inicio : Manchay  
Fin : Puca Yacu



#### DISTRITO DE QUISHUAR

#### 3.2 TRAMO: QATILLOS - QUISHUAR

El camino vecinal donde se prevé efectuar el servicio se encuentra en el:

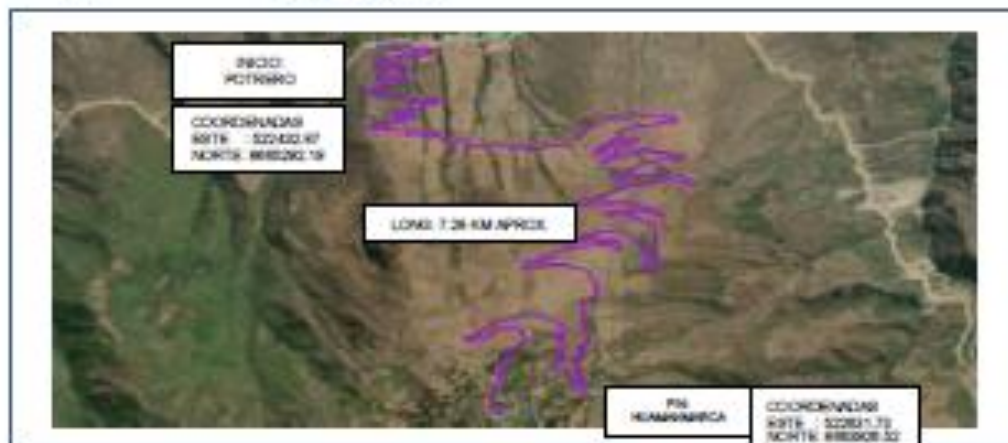
Departamento : Huancavelica  
Provincia : Tayacaja  
Distrito : Quishuar  
Localidades : Qatillos - Quishuar  
Zona : Sierra  
Región natural : Quechua  
Altitud promedio : 3130 m.s.n.m.  
Longitud : 4.71 km Aprox.  
Código de Ruta :  
Inicio : Qatillos  
Fin : Quishuar



**DISTRITO DE SALCAHUASI**  
**3.3 TRAMO: POTRERO - HUAMANMARCA**

El camino vecinal donde se prevé efectuar el servicio se encuentra en el:

Departamento : Huancavelica  
Provincia : Tayacaja  
Distrito : Salcahuasi  
Localidades : Potrero - Huamanmarca  
Zona : Sierra  
Región natural : Quechua  
Altitud promedio : 3150 m.s.n.m.  
Longitud : 7.28 km. Aprox.  
Código de Ruta :  
Inicio : Potrero  
Fin : Huamanmarca

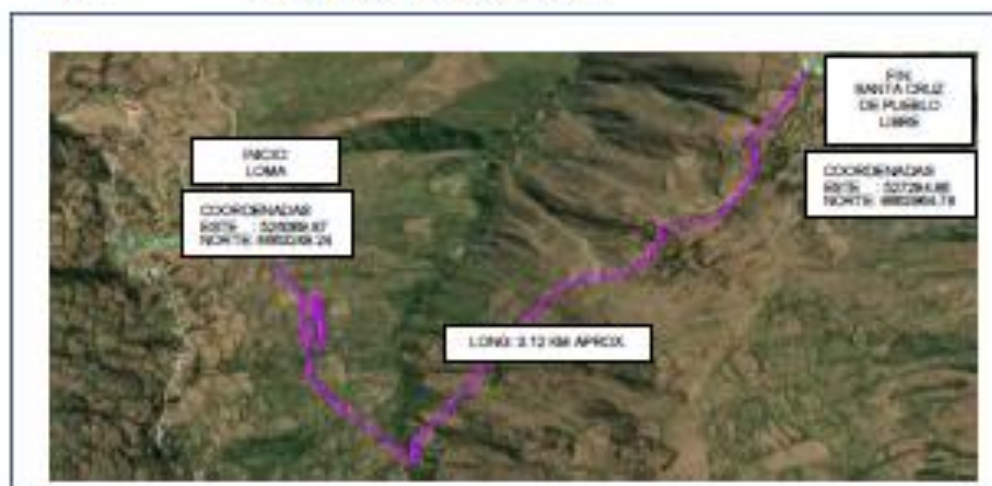




**DISTRITO DE SALCAHUASI**  
**3.4 TRAMO: LOMA - SANTA CRUZ DE PUEBLO LIBRE**

El camino vecinal donde se prevé efectuar el servicio se encuentra en el:

Departamento : Huancavelica  
Provincia : Tayacaja  
Distrito : Salcahuasi  
Localidades : Loma – Santa Cruz de Pueblo Libre  
Zona : Sierra  
Región natural : Quechua  
Altitud promedio : 3150 m.s.n.m.  
Longitud : 3.12 km. Aprox.  
Código de Ruta :  
Inicio : Loma  
Fin : Santa Cruz de Pueblo Libre



**4. OBJETIVO**

El objetivo de los presentes Términos de Referencia es describir las pautas, actividades y condiciones técnicas que permita la contratación de una persona natural o jurídica que efectúe el servicio de mantenimiento vial de los caminos vecinales, del tramo **Manchay - pillata - yanacu - cedropampa - Puca yacu** con una longitud de **22.00 km Aprox**; el tramo: **Qatillos - Quishuar** con una longitud de **4.71 km Aprox**, el tramo: **Potrero - huamanmarca** con una longitud de **7.28 km Aprox** y el tramo: **Loma - Santa Cruz de Pueblo Libre** con una longitud de **3.12 km. Aprox**, quien será responsable de formular el Plan de Trabajo, la ejecución del mantenimiento periódico y rutinario, y el inventario de condición vial, en concordancia con los alcances del servicio y los criterios generales indicados en los presentes Términos de Referencia.



Para efectos del pago de las contraprestaciones ejecutadas por el contratista, la Entidad debe contar con la siguiente documentación:

- INFORME DEL FUNCIONARIO RESPONSABLE DE LA GERENCIA DE DESARROLLO URBANO E INFRAESTRUCTURA] EMITIENDO LA CONFORMIDAD DE LA PRESTACIÓN EFECTUADA.
- COMPROBANTE DE PAGO.
- CONSIGNAR COPIA DE CONTRATO

DICHA DOCUMENTACIÓN SE DEBE PRESENTAR EN [EN MESA DE PARTES DE LA "MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TAYACAJA - JR. GRAU Nº115"

Los pagos se efectuarán de acuerdo al siguiente detalle, previa conformidad del área usuaria:

DESCRIPCIÓN DE LA PRESTACIÓN	CONFORMIDAD DEL ÁREA USUARIA	PAGOS PARCIALES
FASE I: Entrega del Plan de Trabajo.	Aprobación del Plan de Trabajo	1% del Monto del Contrato Original
FASE II: Entrega de Informes Mensuales e Informe Final del servicio de mantenimiento periódico.	Conformidad de los informes mensuales e informe Final de la ejecución del Mantenimiento Periódico.	Se paga mensualmente de acuerdo al avance mensual ejecutado, teniendo como límite el 83% del monto del contrato original.
FASE III: - Entrega de Informes Mensuales del servicio de mantenimiento rutinario. - Inventario de condición vial.	Conformidad de los informes mensuales del Mantenimiento Rutinario.	Se paga mensualmente por mantenimiento rutinario. La suma de dichos pagos representa el 15% del monto del Contrato original
	Aprobación del Inventario de Condición Vial.	1% del Monto del Contrato Original
<b>TOTAL</b>		100% del monto del Contrato Original

#### 11. CONFORMIDAD FINAL DEL SERVICIO

La conformidad del servicio será otorgada por el área usuaria de la Entidad.

La conformidad de la prestación del servicio se regula por lo dispuesto en el artículo 168 del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

#### 12. PLAZO DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO

El plazo de ejecución será de **cuatrocientos setenta y ocho (478) días calendario aproximado de acuerdo a la longitud de tramo. Siendo**

**Fase 1:** El plazo de la elaboración del Plan de Trabajo será de 20 días calendario, contados a partir del día siguiente de suscrito el contrato.

**Fase 2:** El plazo de ejecución del mantenimiento periódico será de ochenta y cinco (85) días calendario aproximado de acuerdo a la longitud de tramo.

El inicio del plazo de ejecución de la Fase II se realizará al día siguiente de la comunicación de la aprobación del Plan de Trabajo.

**Fase 3:**

El plazo de ejecución del mantenimiento rutinario será de 360 días calendario.

## ANEXO 4: ENSAYO DE SUELOS



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elio, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: silvergeosac@gmail.com

Identificación de ensayo			Proctor Modificado según ASTM D1557		Clasificación de Suelos (SUCS y AASHTO)	
Ubicación	N° de Calicata	Abastecimiento para:	Óptimo Contenido de Humedad (%)	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Símbolo	Nombre de Grupo
Cantera 01 - Progresiva km 0+000	C-01	Tramo Km 0+000 - Km 4+710	6.93%	2.10	SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)

### 3.2 ENSAYOS IN-SITU Y DE LABORATORIO

Luego de la identificación y distribución de los ensayos de Densidad In-situ se procedió al desarrollo de los ensayos In-situ por personal debidamente calificado del Laboratorio de mecánica de suelos de la empresa SILVER GEOTEC S.A.C, de acuerdo al reglamento al Manual de Ensayo de Materiales de las normas MTC EM-2000, los cuales han sido ceñidos a los procedimientos de la Norma Técnica Peruana (NTP) y la norma internacional de la American Society of Testing Materials (ASTM).

Los ensayos de desarrollados en campo son los que se presentan a continuación:

#### 3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - ENSAYOS IN-SITU

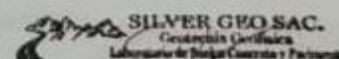
Los ensayos estándar para la identificación del tipo de suelo se realizaron según las siguientes normas:

Descripción de Ensayo	MTC	ASTM	NTP
1. Densidad In-situ por Cono de Arena	: MTC E 117	ASTM D1556	NTP 339.143
2. Humedad por Gas Carburo de Calcio	: MTC E 126	ASTM D4944	NTP 339.250

A continuación, se detalla en los Cuadros N°03 y N°04 la relación de los ensayos realizados en Campo según normas MTC E 117 y MTC E 126 respectivamente (Densidad In-situ y Contenido de Humedad) vs los ensayos desarrollados en Laboratorio MTC E 115 (Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad).

CUADRO N° 03

Identificación de Ensayo			Óptimo Contenido de Humedad MTC E-115 vs Humedad In-situ MTC E-127				Máxima Densidad Laboratorio MTC E-115 vs Densidad In-situ MTC E-117			
			Proctor MTC E 115	Humedad MTC E 127	Aceptación de Ensayos		Proctor MTC E 115	Densidad MTC E 117	Aceptación de Ensayos	
Ítem	Fecha	Progresiva (Km)	Humedad Laboratorio	Humedad In-Situ	Variación ±2,0%	Aceptación	Max. Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca gr/cm <sup>3</sup>	Compactación	Aceptación
1	20-02-21	0+000	6.93%	7.00%	-0.07%	Cumple	2.10	2.01	95.59%	Cumple
2	20-02-21	0+250	6.93%	7.20%	-0.27%	Cumple	2.10	2.01	95.89%	Cumple
3	20-02-21	0+500	6.93%	6.50%	0.43%	Cumple	2.10	2.01	95.78%	Cumple
4	20-02-21	0+750	6.93%	7.30%	-0.37%	Cumple	2.10	2.01	95.57%	Cumple
5	20-02-21	1+000	6.93%	5.90%	1.03%	Cumple	2.10	2.01	95.64%	Cumple
6	20-02-21	1+250	6.93%	7.00%	-0.07%	Cumple	2.10	2.01	95.93%	Cumple
7	20-02-21	1+500	6.93%	8.00%	-1.07%	Cumple	2.10	2.01	95.73%	Cumple



Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204352



FIGURA N° 02 - AREA DEL PROYECTO TRAMO LOMA - SANTA CRUZ DE PUEBLO LIBRE

## 1.5. NORMATIVIDAD

Las siguientes referencias contienen disposiciones que al tenerse en este informe constituyen requisitos de la presente Norma:

- R.D. N° 05-2013-MTC/14. Manual de Carreteras (Obras, Geología, Geotécnica y Pavimentos)
- R.D. N° 22-2013-MTC/14. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción,
- MTC 204-2000 Manual de Ensayo de Materiales
- Normas Técnicas Peruanas (NTP)
- Normas ASTM (American Society of Testing Materials)
- Normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

## 2. AFIRMADO

### 2.1. DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de afirmado (material granular seleccionado) como superficie de rodadura de una carretera, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, con o sin adición de estabilizadores de suelos, que se colocan sobre una superficie preparada. Los materiales aprobados son provenientes de canchales u otras fuentes. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material, en conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental.

Generalmente el afirmado que se especifica en esta sección se utilizará como superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas.

**ANEXO 5 Ficha de datos sobre humedades obtenidas en horno convencional y en horno microondas**

Horno convencional	Horno microondas
<p>Ensayo No. 1 de 21</p> <p>Peso húmedo + recipiente (gr):</p> <p>Peso recipiente (gr):</p> <p>Peso inicial (gr):</p> <p>Peso seco + recipiente (gr):</p> <p>Peso seco (gr):</p> <p>Humedad (%):</p> $W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	<p>Ensayo No. 1 de 21</p> <p>Peso húmedo + recipiente (gr):</p> <p>Peso recipiente (gr):</p> <p>Peso inicial (gr):</p> <p>Peso seco + recipiente (gr):</p> <p>Peso seco (gr):</p> <p>Humedad (%):</p> <p>Tiempo (minutos):                      6 minutos</p>



**ANEXO 6 : PANEL FOTOGRÁFICO**





