



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Diseño de un sistema de climatización mediante tuberías  
geotérmicas para viviendas de adobe a bajas temperaturas,  
Carabaya, Puno – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Catacora Juño, Raisha Estefania ([orcid.org/0000-0001-6480-7039](https://orcid.org/0000-0001-6480-7039))  
Choquehuanca Chura, Samuel Edison ([orcid.org/0000-0002-0841-4756](https://orcid.org/0000-0002-0841-4756))

**ASESOR:**

MBA Ing. Patazca Rojas, Pedro Ramon ([orcid.org/0000-0001-9630-7936](https://orcid.org/0000-0001-9630-7936))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

MOYOBAMBA - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A nuestro mayor soporte,  
nuestras familias. Al amor por  
el bien común y la pasión por  
la Ingeniería Civil.

**Los autores**

## **Agradecimiento**

Eterna gratitud hacia la Universidad César Vallejo por acogernos y sostener nuestros sueños.

**Los autores**

## Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2 Variables y operacionalización.....	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5 Procedimientos .....	13
3.6 Método de análisis de datos .....	14
3.7 Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS .....	42
ANEXOS.....	47



## Índice de tablas

Tabla 1. Límites de temperaturas.....	6
Tabla 2. Conductividad térmica y capacidad calorífica.....	7
Tabla 3. Variaciones según tipos de suelos. ....	8
Tabla 4. Muestra y muestreo .....	12
Tabla 5. Promedio de temperaturas por hora .....	18
Tabla 6. Temperatura ambiente vivienda de adobe .....	18
Tabla 7. Temperaturas promedio y crítica .....	19
Tabla 8. Especificaciones técnicas de la BCG ecoGEO .....	32

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Ensayo SPT .....	10
Figura 2. Vista general de las viviendas de adobe .....	16
Figura 3. Detalle de acceso a la vivienda en estudio.....	17
Figura 4. Temperaturas en días de la visita in situ.....	17
Figura 5. Ciclo de Carnot .....	20
Figura 6. Vista de perfil, Esc. 1/75 .....	21
Figura 7. Plano vista de planta, Esc. 1/75 .....	22
Figura 8. Autorizaciones para el uso de la energía geotérmica .....	23
Figura 9. Plano con detalles de la instalación del suelo radiante, Escala 1/75 .....	26
Figura 10. Plano del sistema de tuberías geotérmicas, Esc. 1/75.....	26
Figura 11. Plano con detalles de instalación de tuberías geotérmicas, Esc. 1/75 .	27
Figura 12. Plano isométrico de las tuberías geotérmicas, Esc. 1/75 .....	27
Figura 13. Plano vista de planta, Esc. 1/75 .....	28
Figura 14. Plano de cimentaciones, Esc. 1/75.....	28
Figura 15. Plano de instalaciones eléctricas, Esc. 1/75 .....	29
Figura 16. Plano de instalaciones sanitarias, Esc. 1/75 .....	29
Figura 17. Plano de instalaciones de desagüe y aguas residuales, Esc. 1/75 .....	30
Figura 18. BCG ecoGEO Basic .....	31
Figura 19. Detalles de la BCG Basic y Compact .....	33
Figura 20. Detalle de instalación del sistema híbrido de la BCG .....	33
Figura 21. Características del sistema híbrido de la BCG .....	34
Figura 22. Detalle sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas .....	34
Figura 23. Características de los sistemas híbridos.....	36
Figura 24. Tecnología eólica alta potencia .....	36
Figura 25. Instalaciones ejecutadas de referencia .....	37

## Resumen

Carabaya, provincia de la región Puno, con 4 315 metros sobre el nivel del mar, registra temperaturas bajo los cero grados. Este fenómeno álgido es cada vez más intenso y extremo debido al cambio climático, dejando huellas de padecimientos y muertes en esta población vulnerable. Obrando frente a esta realidad ostensible año tras año, la presente investigación tiene como finalidad la mejora de las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas de adobe haciendo uso de la energía geotérmica para satisfacer las necesidades de un merecido confort climático, reconociendo que a una cierta profundidad la temperatura del subsuelo es constante, propicia para la transferencia del calor mediante sistemas geotérmicos. Se utilizó como instrumento la observación estructurada, analizando datos cualitativos como cuantitativos. La metodología de la investigación es descriptiva-explicativa, con un diseño cuasi experimental. En una primera parte se identificaron las características térmicas del ambiente en la vivienda. En la segunda parte se modeló la vivienda con el sistema de tuberías geotérmicas propuesto. En la tercera parte se analizó el modelamiento propuesto de las tuberías geotérmicas de acuerdo a la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Ley N° 26848 y por último, el diseño final del sistema propuesto de tuberías geotérmicas.

**Palabras clave:** Diseño, temperatura, tuberías geotérmicas.

## **Abstract**

Carabaya, province of the Puno region, with 4 315 meters above sea level, records temperatures below zero degrees. This phenomenon is increasingly intense and extreme due to climate change, leaving traces of suffering and death in this vulnerable population. Working against this ostensible reality year after year, this research aims to improve the thermal conditions of habitability in adobe dwellings by using geothermal energy to meet the needs of a well-deserved climate comfort, recognizing that at a certain depth the subsoil temperature is constant, conducive to the transfer of heat through geothermal systems. Structured observation was used as a tool, analyzing qualitative and quantitative data. The research methodology is descriptive-explanatory, with a quasi-experimental design. In a first part the thermal characteristics of the environment in the house were identified. In the second part the house was modeled with the proposed geothermal pipeline system. In the third part, the proposed modelling of geothermal pipelines was analyzed according to the Organic Law of Geothermal Resources, Law N° 26848, and finally, the final design of the proposed geothermal pipeline system.

**Keywords:** Design, temperature, geothermal pipes.

## I. INTRODUCCIÓN

La geotermia es el calor encerrado en el interior de la tierra que produce fenómenos geológicos a escala planetaria. Término continuamente usado para referirse a aquella porción de calor de la tierra que puede o podría ser recuperado y utilizado por el hombre (Dickson y Fanelli, 2013, p.23). La geotermia es una fuente renovable, limpia y sostenible, utilizada como medio estratégico para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, considerada a su vez la fuente de energía más eficiente debido a que su aprovechamiento es estable ya que no se ve afectada por los cambios estacionales ni por las condiciones climáticas del exterior lo que se traduce a una producción continua con jornada de 24 por 7 los 365 días del año a diferencia de la dependencia que tienen los otros tipos de energías renovables como la eólica, solar o hidroeléctrica (OSINERGMIN, 2010). Contiene un sistema de modelo integrado debido a que se observa a la geología con el estudio de la ubicación, extensión y profundidad de la porción de tierra a estudiarse; la geoquímica con el tipo de fluido que se hallará y a la geofísica con la temperatura (INGEMMET, 2012). La geotermia tiene diversas aplicaciones a nivel mundial, desde la producción de electricidad, calefacción, refrigeración, usos agrícolas, hasta aplicaciones en procesos industriales (Archer, Ardid y Dempsey, 2021). Varios de los campos geotérmicos en el planeta cuentan con factores de utilización de un 95% que equivale a 8 322 horas de funcionamiento a carga completa anual, siendo el valor más alto en cualquier forma de energía renovable (Lund, 2018). Así sea utilizada para satisfacer el 100% de nuestras necesidades energéticas, va a representar una desestimable fracción del almacenamiento total de energía geotérmica que contiene el planeta. Tan igual como la energía solar, es factible que el suministro dure hasta después de un tiempo en el que la tierra pueda sopesarse habitable (Rypkema, 2018). El recurso geotérmico está disponible en 195 países que conlleva a la totalidad mundial. Sólo en 26 países se reconocen instalaciones para el aprovechamiento de este recurso renovable (IDAE, 2011-2020). Uno de estos países es Islandia que desde los años 90 dispone de calefacción de origen geotérmico en sus viviendas de manera colectiva. La distribución de esta energía renovable se ejecuta mediante tuberías de 90 cm de diámetro que

cumplen la labor de trasladar 67 millones de litros a 100 °C con registro de pérdidas de calor por conductividad de tan solo 2 °C. Haciendo uso de la Bomba de Calor Geotérmica BCG, llega una calefacción limpia a los hogares en las zonas rurales de Islandia. Mundialmente, el proyecto es catalogado como un ejemplo de alto nivel en la rama de las ingenierías, considerado una obra eficiente y magistral, muchas veces citado como referente en climatización con energías renovables. Gracias al movimiento magmático que alberga la isla, las temperaturas en el subsuelo son prominentes, condición que permite la generación de energía térmica para la satisfacción de los islandeses (Sánchez, León y Vargas, 2020).

La geotermia en el marco nacional atraviesa la placa de Nazca y la Sudamericana, originando complejos procesos magmáticos y tectónicos, relacionados directamente con la concentración y desarrollo de flujos caloríficos geotermales especialmente en la zona volcánica del sur del país. El potencial geotérmico en el Perú comienza a ser analizado desde el inventario de fuentes termales, que señalan más de 300 fuentes con temperaturas que van desde los 16 hasta los 92 °C . Se dividieron las regiones según potencial geotérmico como: región geotérmica Cajamarca - La Libertad, región geotérmica Huaraz, región geotérmica Central, región geotérmica Churin, región geotérmica eje volcánico Sur, región geotérmica Cusco – Puno. La región de Puno, ubicada al sur del Perú, entre dos regiones geotérmicas alberga a la provincia de Carabaya, esta a su vez se encuentra circundada por una cadena de centros volcánicos, ofreciendo de esta manera puntos geotérmicos favorables que pueden ser observados en la superficie con la presencia de aguas termales o géiseres que ponen en evidencia la presencia en profundidad de una fuente de calor latente, concentrado así más del 50% del potencial de la energía geotérmica del país, siendo una ventaja comparativa natural que no ha sido realmente aprovechada hasta el momento (INGEMMET, 2012). A raíz de que en nuestro país las bajas temperaturas se manifiestan por debajo de los cero grados, ocasionando daños considerables y muchas veces irreparables en cultivos, animales y en la salud de niños y adultos, que repercute con vigor en las poblaciones vulnerables de los departamentos de la sierra central y del sur, con elevados indicadores de necesidades e inseguridades alimentarias (Alarcón, 2020) el diseño de una

sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas hace frente a las bajas temperaturas registradas entre los meses de abril a octubre, con fenómenos como las heladas y los friajes (INDECI, 2020). A los 3 000 metros de altura acaecen 65 días del año y sobre los 3 300 metros el promedio se eleva a 115 días (SENAMHI, 2005). 3'862,572 habitantes del territorio peruano adolecen este fenómeno registrando temperaturas promedio de 3 °C que van de 40 días a más. Los departamentos que registran un alto índice a este fenómeno son Arequipa, Puno, Huancavelica, Junín y Ayacucho cuya población evidencia un total de 50.9% de posibles afectados (PLANAGERD, 2014-2021). La provincia de Carabaya está ubicada a 4 315 m.s.n.m, con su capital Macusani, registra temperaturas hasta los 20 grados bajo cero en los meses de junio y julio (SENAMHI, 2020). Ante esta situación, como seres humanos, tenemos el poder de adaptación a lo impuesto por las condiciones climáticas. Sin embargo, a desemejanza de las plantas y animales, el ser humano tiene la capacidad para modificar las condiciones ambientales de su entorno, ya sea por medio del vestido o de la vivienda. Para ello, se analizan los mecanismos que lo condicionan y las variables climáticas que intervienen, estudiando en conjunto la autorregulación mínima necesaria en la zona delimitada por umbrales térmicos donde el mayor número de personas manifiesten sentirse bien (Fernández, 2009). Del mismo modo, el confort es definido como aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción dentro un ambiente térmico (ASHRAE, 2019). En el territorio peruano un 40% de la población vive en casas de adobe, del mencionado porcentaje, un 80% vive en zonas rurales (INEI, 2007). El diseño de un sistema de tuberías geotérmicas proporciona un ahorro energético y también uno económico, estimando que dicho montaje geotérmico sostiene una vida útil superior a los 50 años, que genera a su vez una instalación estética debido a que la mayor parte del sistema de tuberías se encuentran bajo tierra, lo que genera un nulo impacto arquitectónico. Interpretadas las razones concretas, a mediano plazo el sistema de climatización con tuberías geotérmicas se convertirá en una pieza clave dentro del abanico energético mundial.

## II. MARCO TEÓRICO

Con antecedentes de contexto internacional, Kolbrun en "Discovering the Potential: The Future of U.S. Geothermal Energy" (2020) Estados Unidos de Norteamérica, resuelve que si bien la energía solar y eólica intermitente se han difundido de manera rápida en los Estados Unidos, los vastos recursos geotérmicos permanecen casi en su totalidad sin explotar, arrojando cifras de solo un 1 % de explotación. El calor geotérmico tiene energía de carga base confiable y rentable, con una eficiencia energética no solo para calefacción o refrigeración, también como una fuente de energía potencial para diferentes procesos industriales. Con soporte del gobierno y del sector privado, además del avance tecnológico, la energía geotérmica podría escalar y expandirse más allá del oeste de los Estados Unidos y en todo el país para el beneficio económico y ambiental de la nación. Se acentúan las lecciones aprendidas de Islandia, líder mundial en la industria geotérmica. Asimismo, Espada en su proyecto final de carrera "Estudio de Instalaciones de Climatización Geotérmicas en viviendas" (2012) España, concluye que en el mundo actual, donde la contaminación es latente, cada vez es mayor el interés a emplear energías limpias. La energía geotérmica es una opción recomendada y factible para climatización de viviendas. De igual modo, según Ortega en la tesis "Evaluación de un sistema de climatización con BCG para una casa representativa en diferentes climas de Chile" (2017) presenta que el modelo computacional desarrollado calcula correctamente las cargas térmicas desde la información meteorológica, dimensiona satisfactoriamente la BCG desde la demanda energética a cubrir y caracteriza el recurso geotermal de baja entalpía de manera correcta. Se tiene que todas las ciudades cumplen con un COP de calefacción mayor a 2,97, que corresponde al COP mínimo de factibilidad, lo que se ve en el indicador de transferencia de calor por metro lineal de tubería. Igualmente, Sánchez y Novoa en la tesis "Evaluación técnico-económica de abastecimiento de calefacción central y ACS a base de energía solar o energía geotérmica a baja temperatura, a un edificio departamento en la ciudad de Chillan" (2013) concluyen que los cálculos realizados se obtuvieron a través de un modelo estático, que es menos exacto en comparación a modelos dinámicos



de simulación (software). El sistema geotérmico de baja temperatura, cubre la totalidad de la demanda energética, tanto para calefacción, como para ACS (Agua Caliente Sanitaria). Por otro lado, a nivel nacional se hace mención a Umán Juárez (2019) Lima, con la tesis “Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta - Cusco, 2017” concluyendo con la afirmación de que las estrategias de climatización pasiva mediante sistemas naturales son la opción más adecuada para alcanzar el confort térmico debido a que son soluciones de fácil aceptación que se pueden implementar tanto en viviendas nuevas como en existentes, sin alterar las características tradicionales de la vivienda. Se adaptan con facilidad a las características sociales, culturales y ambientales de la zona de estudio. Las viviendas de adobe en la zona de estudio, se caracterizan por ser autoconstruidas de manera tradicional, en base a conocimientos empíricos. De igual forma, Aguirre y Ordoñez (2019) Loreto, con el trabajo de suficiencia profesional “Estado del arte del aprovechamiento de Energía Geotérmica para climatización de ambientes mediante la técnica de pozo canadiense” concluyen que la energía geotérmica para climatizar ambientes con el sistema de pozo canadiense puede utilizarse en cualquier parte del mundo, según los estudios realizados manifiestan su eficacia, aunque aún no se ha podido determinar una metodología de diseño específico; según el estado del arte es vital conocer las características del clima y del suelo: las propiedades geotérmicas del suelo, la conductividad térmica, la alta capacidad calorífica y el nivel freático. Como medidas de adecuación al calentamiento global esta técnica en futuro se convertirá en uso frecuente; reduciendo sus limitaciones y desventajas. Por último, a nivel regional, Gutiérrez y Quispe (2018) Puno, con la tesis “Evaluación del potencial geotérmico de baja temperatura para aplicaciones de calefacción con bombas de calor” señalan que en la localidad de Paucarcolla, región Puno se tiene potencial geotérmico con temperaturas que se sostienen constantes con respecto al tiempo y a una profundidad de 2m. Se eligió la configuración horizontal y con tubos en slinky; para una potencia térmica de calefacción de 8.3 KW siendo necesarios 694.02 metros de tubería que se traduce a una área total de 150m<sup>2</sup>. De igual manera, Peralta y Miranda (2017) Puno, con la tesis “Análisis de estudio de la energía geotérmica de las aguas termales de Putina

empleando isobutano para la generación de energía eléctrica para la localidad de Putina” concluyen que el resultado del diagnóstico y la evaluación de la temperatura de las aguas de Putina dieron una temperatura mínima de 61.7°C y una máxima de 65.4°C. Estas mediciones fueron realizadas en junio de 2016, considerando que es un mes frío. Se ha identificado siete principales fuentes geotermales en la región de Puno, donde resalta por su temperatura la fuente geotermal de Ollachea, con temperatura promedio de 97.5°C y la fuente geotermal de Loripongo con un promedio de 57.72°C.

El gradiente geotérmico refiere a las variadas temperaturas que se dan entre el interior de la tierra y la superficie. La temperatura se incrementa y se relaciona con la profundidad entre rangos de 25 a 30 °C por cada kilómetro de profundidad desde la superficie hacia el centro de la esfera terrestre. Las estimaciones frecuentes van entre 10 y 66 °C/km; sin embargo, se han registrado gradientes de hasta 200 °C/km. De manera explícita en la física está en unidades de temperatura y unidades de longitud (Ingvar, Bertani y Ruggero, 2008, p.59).

<b>ENTALPÍA Y SU CLASIFICACIÓN SEGÚN TEMPERATURAS °C</b>					
<b>Autor:</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>
<b>BAJA</b>	<90	<125	<100	<=150	<=190
<b>MEDIANA</b>	90-150	125-225	100-200	-	-
<b>ALTA</b>	>150	>225	>200	>150	>190

Tabla 1. Límites de temperaturas

Fuente. Muffler, Hochstein, Benderitter, Nicholson, Axelsson 2000

La tabla 1 refiere a que la entalpia es un discernimiento de clasificación de los recursos geotérmicos, con límites de temperaturas a ser consideradas en el análisis de transferencia de calor. Las propiedades térmicas de un suelo están condicionadas por el contenido volumétrico de agua, la fracción del volumen del aire y la fracción de volumen de los sólidos del suelo, características relacionadas directamente con la profundidad. Se comprueba que a una mayor profundidad es mayor la temperatura, llegando a unos 100 °C con profundidad de 200 metros. A su vez, se determina que la temperatura a una profundidad

desde los 2 metros ya no registra variabilidad y se establece a la media de la temperatura anual (Baver, Gardner y Gardner, 1991, p. 343). La transferencia del calor dentro de un medio, como es el suelo, está definido por dos propiedades: la capacidad calorífica y la conductividad térmica, consideradas bases fundamentales para dar marcha a un sistema de calefacción. La conductividad térmica ( $\lambda$ ) está relacionada con su destreza para transportar calor y con el movimiento de la energía del calor a través del suelo (Cuevas y González, 2008). La capacidad calorífica: almacena calor si cambia la temperatura; sin cambios de fase. Recordando que, la masa de un suelo sostiene la capacidad de conservar la energía térmica recibida y la libera de manera progresiva denominándose inercia térmica. En consecuencia, el suelo es usado como acondicionador térmico de edificaciones (Russel, 1992). La tabla 2 determina qué tipo de material es idóneo para una conductividad térmica y capacidad calorífica, que facilita la transferencia de calor.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (J°/C/s)	CAPACIDAD CALORÍFICA (J°/cm 3/s)
Nieve compacta	0.0029	0.92
Suelo arenoso húmedo	0.017	1.68
Arcilla	0.0025	1.26
Arena	0.003	1.26
Orgánico	0.0126	2.39

Tabla 2. Conductividad térmica y capacidad calorífica  
Fuente. Rosenberg, 1974

La temperatura, es medida por distintas unidades que representan variadas escalas con un dispositivo denominado “termómetro” (Coluccio, 2021). El termómetro es un instrumento que calcula la temperatura de un sistema de modo cuantitativo. Para el registro de los datos cuantificables, según su necesidad, se consideran los siguientes: Termómetro con sonda de temperatura o sonda térmica, dispositivo que por recursos eléctricos o mecánicos, transmite de un lugar a otro la temperatura del emisor. Calificado para la medición de temperaturas de un sub suelo o de instalaciones térmicas, en edificios que precisan climatización o en ámbitos industriales (Gálvez, 2013, p.8). El

termómetro ambiental está orientados a medir la temperatura ambiente de la zona en la que se encuentran ubicados, dando como resultado la temperatura interior y exterior de viviendas para el control de los sistemas de climatización sensibles a cambios térmicos con precisión. Una temperatura ambiente es confortable cuando se ubica entre los rangos de 20 ° y los 25 °C (García, 2013, p.2). La humedad relativa se sujeta a la temperatura y a la presión del sistema de interés. Trabaja con rangos adecuados especialmente en zonas con temperaturas extremas, expresada en valor porcentual. Un mayor porcentaje significa que la mezcla de agua y aire es más húmeda - aire saturado y en cero señala un aire completamente seco. (Perry y Green, 1997, p.397).

TIPO DE SUELO	PERMEABILIDAD m/s	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/m K		CAPACIDAD TÉRMICA VOLUMÉTRICA MJ/M <sup>3</sup> k	
		seco	saturado	seco	saturado
LIMO	10	0,2-0,3	1,2-2,5	0,6-1,0	2,1-2,4
ARCILLA	10	0,2-0,3	1.1-1.6	0,3-0,6	2,1-3,2
GRAVA	10	0,3-0,4	1,8-3,3	1,2-1,6	2,2-2,4
ARENA	10	0,3-0,4	1,7-3,2	1,0-1,3	2,2-2,4

Tabla 3. Variaciones según tipos de suelos.  
Fuente. Geothermal Energy and heat storage, 2002

La tabla 3 nos manifiesta a la humedad relativa en conjunto a la conductividad y las variaciones que posibilitarán o no la transferencia del calor dependiendo del tipo de suelo. Las dos leyes de la termodinámica proporcionan la noción para comprender el intercambio de calor entre el aire que pasa a través de un sistema de tubos o tuberías y el suelo. La Primera Ley o principio de conservación de energía, establece que si se efectúa trabajo sobre un sistema, o éste permuta calor con otro, la energía interna del sistema cambiará. Concede de este modo, definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las disimilitudes entre energía interna y trabajo. La Segunda Ley ajusta la dirección en la que deben llevarse a cabo los transcurso termodinámicos y por ello, el impedimento de que ocurran en el sentido opuesto. La transferencia de energía puede evidenciarse por diferentes fases como: convección, conducción y radiación térmica. La eficiencia térmica, es la conexión entre el calor proporcionado a la máquina en cada etapa y el trabajo

realizado por dicha maquina (Sandoval, 2021). Una de las tecnologías más notables para el adecuado uso de la energía geotérmica es la Bomba de Calor Geotérmica BCG, máquina que mueve energía térmica de un medio hacia otro distinto, a favor o en contra del gradiente térmico. Usando un ciclo termodinámico, puede servir para calentar o enfriar. Trabaja con la estabilidad de las temperaturas que la tierra genera (Espada, 2012). El uso de las BCG presenta efectos multiplicadores para alcanzar un alto rendimiento aún en temperaturas ambiente extremadamente gélidas (Redko, DiPippo, 2020). El coeficiente de rendimiento en el modo de bomba de calor denominado COP permite la expresión analítica de forma cerrada demostrando que el factor de irreversibilidad está simplemente relacionado a los coeficientes de rendimiento del ciclo real (Ait, 1995). Se ve influenciado por la conductividad térmica y los valores de la temperatura (Suweni, 2018). Los resultados indican que el COP del sistema puede disminuir gradualmente debido a la ruptura térmica (Zeng, Q, S, K y X, 2021). Es posible mejorar el rendimiento del COP con un diseño que considere la posición correcta de la instalación, tomando en cuenta el flujo del aire (Liu y Long, 2021).

Denominado en el idioma inglés Standard Penetración Test (SPT) arquetipo de prueba de penetración dinámica, valido para el ensayo de terrenos en los que se desea ejecutar un reconocimiento geotécnico. Se considera el ensayo más provechoso en la realización de sondeos, como indicador de la densidad, compresibilidad de suelos como también para la verificación de la estratigrafía (Estudios geotécnicos, 2020). No mide ni halla de manera directa la resistencia al corte de los suelos (Zapata y Esquivel, 2016) y entre los diferentes tipos de ensayos in situ, el ensayo SPT es el más recomendado por simplicidad y alta experiencia empírica acumulada (Dalvi, 2017). En el campo de la rama ingenieril y construcción, es fundamental la previa investigación y análisis del suelo. El ensayo SPT es un instrumento de servicio que arroja de forma objetiva y simple los resultados monitoreados por el SPT, con resultados eficientes y márgenes de errores mínimos (De Lima, 2020). Los errores mínimos en resultados experimentales se pueden mitigar con los factores de corrección como la normalización de energía y la longitud de la barra incluida en la práctica del SPT (Zhang, Arroyo, Ciantia y Gens, 2021). Se ejecuta con una penetración de la varilla de hierro y punta en el suelo a

estudiarse. Con perforación mínima de 2 metros cada 20 centímetros extrayendo la muestra. Los recuentos de golpes varían desde un mínimo de 4 hasta un máximo de 50 dependiendo de las profundidades (Hamidi y Varaksin, 2015).

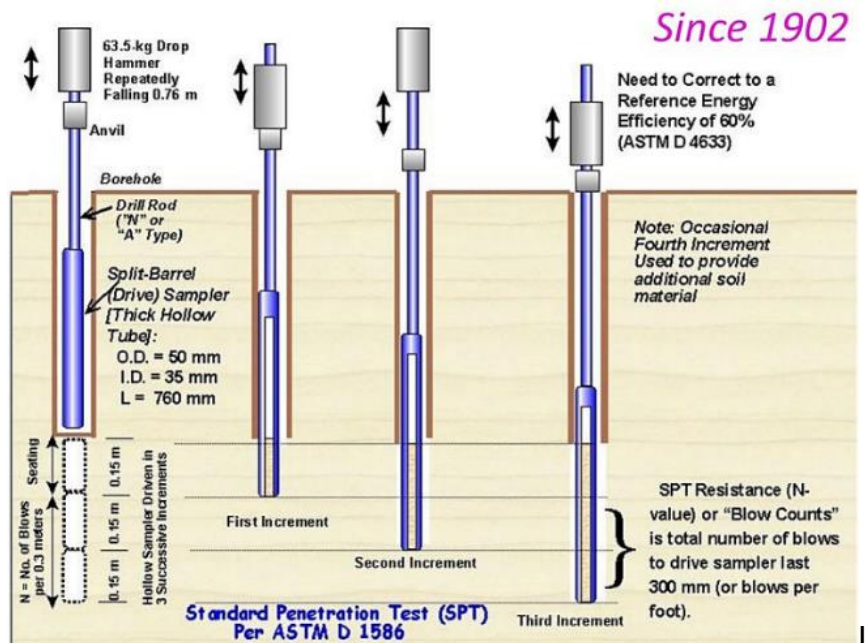


Figura 1. Ensayo SPT  
Fuente. ASTM D1586

La figura 1 representa el esquema para una ejecución del ensayo SPT in situ, sondeo intrínseco. Las condicionantes métricas como el muestreador tubo partido de 76mm y el peso de masa de 63.5kg, varillaje, el equipo de penetración y el cabezal de golpeo, utilizados para una correcta penetración del suelo. En el armado del trípode perteneciente al equipo para la penetración, de 6 a 9 metros, considera tres cintas métricas con mediciones de forma triangular simétrica. El ensayo no se puede ejecutar en suelos con presencia de rocas, gravas o conglomerados

### **III. METODOLOGÍA**

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

El tipo que presenta la investigación es de enfoque mixto, que refiere a un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, con una progresión de investigaciones para responder al planteamiento (Ruiz, Borboa y Rodríguez, 2013). El diseño es cuasi experimental, debido a que se manipula intencionalmente la variable independiente (la baja temperatura) con fin de estudiar las consecuencias sobre la dependiente (sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas).

#### **3.2 Variables y operacionalización**

La variable independiente es la baja temperatura. Que refiere a la percepción o sensación expresada ante mentado fenómeno. Dicho de otra forma, el frío es la ausencia parcial o total del calor. Como indicador se tiene al termómetro ambiental calibrado y certificado.

La variable dependiente considerada es el sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas. Que refiere a la transferencia de calor mediante una bomba de calor geotérmica. Los indicadores son el ensayo de Penetración Estándar (SPT), el termómetro con sonda y las tuberías. En consideración, la variable interviniente es la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos Ley N°26848 donde el Estado promueve el razonable desarrollo de los recursos geotérmicos con el fin de fortalecer el abastecimiento de energía necesaria para el crecimiento económico, el bienestar de la población y la eficiente diversificación de las fuentes de energía del país, cautela el desarrollo de las referidas actividades, su acceso y libre competencia, de acuerdo a ley (Ministerio de Energía y Minas, 2013). Los indicadores son la capacidad de los usuarios para la aplicación de la mencionada Ley y la participación de expertos en actividades relacionadas con el uso de la energía geotérmica.

### 3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

La población es el grupo del total de las cantidades analizadas, cuyas características asumidas se van a estudiar en un determinado lugar o período. Dependiendo de su tamaño, puede ser infinito o finito. La población puede estar conformada por personas u objetos, muestras de laboratorio, entre otros (López, 2017).

La investigación presenta como población a 13 viviendas de adobe, ubicadas en la provincia de Carabaya, a 3KM de la zona sur este de la capital, Macusani. El criterio de selección está basado en la temperatura.

La muestra es una de las 13 viviendas de adobe, utilizando el criterio de exclusión por la medición de la temperatura dentro de cada una de las 13 viviendas, seleccionando 01 de las viviendas por registrar en ella la más baja temperatura. Utilizando un tipo de muestreo no probabilístico - por conveniencia, ya que la vivienda está disponible en el periodo de investigación. Como unidad de análisis, se considera la temperatura en la 01 vivienda de adobe seleccionada.

TEMPERATURAS VIVIENDAS - CARABAYA, PUNO 2021										
	MAÑANA	NOCHE	MAÑANA	NOCHE	MAÑANA	NOCHE	MAÑANA	NOCHE	MAÑANA	NOCHE
V1	8 °C	2°C	10 °C	0°C	5 °C	1°C	9°C	-1 °C	6 °C	-1 °C
V2	7°C	1°C	11 °C	0°C	7 °C	-1°C	11 °C	1°C	8 °C	1°C
V3	7 °C	2°C	9 °C	-1°C	6 °C	-1°C	9 °C	0°C	9 °C	0 °C
V4	8 °C	1°C	9 °C	0°C	7 °C	0°C	10 °C	1°C	10 °C	-1 °C
V5	9°C	1°C	8 °C	-1°C	6 °C	0°C	9 °C	1°C	9 °C	1°C
V6	7°C	2°C	11 °C	1°C	6 °C	5 °C	8 °C	1°C	7 °C	-1 °C
V7	6°C	-1 °C	8°C	-2 °C	5 °C	-1 °C	8°C	-1 °C	6°C	-2 °C
V8	7°C	1°C	9 °C	0 °C	6 °C	0°C	9 °C	0°C	7 °C	-1 °C
V9	8°C	2°C	10 °C	1°C	5 °C	-1°C	10 °C	1°C	8 °C	0 °C
V10	9°C	1°C	8 °C	-2°C	8 °C	0°C	10 °C	1°C	10 °C	2°C
V11	9 °C	1°C	8 °C	-2°C	6 °C	-1°C	8 °C	0°C	7 °C	0 °C
V12	7 °C	2°C	10 °C	0°C	7 °C	0°C	11 °C	9 °C	8 °C	1°C
V13	6 °C	2°C	9 °C	0°C	6 °C	0°C	9 °C	9 °C	7 °C	1°C

Tabla 4. Muestra y muestreo  
Fuente. Elaboración propia.



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

Cualquier instrumento de recolección de datos debe cubrir dos disposiciones: validez y confiabilidad. La validez apunta al grado en que un instrumento de medición mide realmente las variables que pretende medir. Se proporcionan tres tipos principales de evidencia para la validez cuantitativa: evidencia relacionada con el contenido, evidencia relacionada con el criterio y evidencia relacionada con el constructo. La confiabilidad señala el grado en que la aplicación repetida de un instrumento de medición, a los mismos individuos u objetos, produce resultados iguales (Hernández, Baptista, Fernández, 2000).

Las técnicas empleadas en la investigación, fueron aplicadas en campo, gabinete y laboratorio, con el fin de lograr la veracidad deseada en la investigación. Se tiene como técnicas la recolección de datos en el diario de investigación proporcionando información clasificada, controlada y sistemática. Mediciones de temperaturas y el uso del software AutoCad para los diseños necesarios. Cálculos empíricos. El Manual de ensayo SPT - ASTM D1586. El análisis de contenido en la Ley N° 26848 y análisis de los ensayos realizados en laboratorio de acuerdo a normativas y lineamientos. Al tener como instrumento la observación estructurada, se pretende probar las hipótesis planteadas, conociendo exactamente lo que se va a investigar.

### **3.5 Procedimientos**

Una vez planteadas las bases teóricas dentro del método, se procede a la aplicación de mencionados procedimientos de estructura contextual iniciando por delimitar los pasos a seguir en cada uno de los procedimientos, de cómo se va a hacer, cómo se va a trabajar y con quiénes, así como el planteamiento de los instrumentos de medición y discusión según sea el caso (Lénica, 2004). El Paso 1. Reconocimiento y planteamiento de la problemática, Paso 2. Visita in situ a la población a estudiar, Paso 3. Por exclusión, toma de la muestra, Paso 4. Registro de datos cuantificables como área de la vivienda de adobe, dimensiones, toma de la temperatura en la vivienda de adobe, temperatura ambiente

y temperatura del suelo, Paso 5. Realización del ensayo SPT y análisis en laboratorio: Registro de sondeos en los suelos. Análisis granulométrico por tamizado, límites de consistencia, contenido de humedad natural y temperatura del sub suelo. Paso 6. Uso del programa AutoCad para el modelamiento de la vivienda con el sistema de tuberías geotérmicas. Paso 7. Análisis del modelamiento de la vivienda con el sistema de tuberías geotérmicas fundamentado en la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Ley N°26848. Paso 8. Diseño final del sistema de tuberías geotérmicas.

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

Los datos descriptivos están proyectados para confrontar datos obtenidos de distintos análisis, con la utilización de tablas, fórmulas, mediciones, procedimientos sistematizados y cálculos en Excel relacionados con la investigación (Pértega y Pita, 2001). En el análisis de los datos recolectados, se emplea la medición de temperatura in situ con respaldo del registro en SENANMHI. Características y propiedades de los suelos, con la ejecución del ensayo SPT- ASTM D1586 y los lineamientos de la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Ley N°26848 vigente en el territorio peruano.

### **3.7 Aspectos éticos**

Al considerar la ética como una ciencia normativa, que establece leyes y normas para que las personas se involucren con las sabias y correctas decisiones, la investigación maneja hipótesis coherentes y reales, para un desarrollo honesto y transparente, obteniendo respuestas a una realidad actual y palpable bajo un lineamiento de formatos estandarizados, instrumentos certificados, ASTM D1586 y la Ley. Se mantiene un acercamiento sincero y respetuoso con la comunidad y sus comuneros en la provincia de Carabaya, así como también el respeto hacia el medio ambiente considerado un ente viviente. La investigación toca temas de interés a nivel mundial, nacional y regional. Empleando un parafraseo veraz y preciso conforme a los temas involucrados en la

presente investigación a su vez, se genera la responsabilidad y el compromiso hacia el medio ambiente debido a la preocupación ante cifras que señalan que el ámbito de desarrollando de la ingeniería civil actúa de manera considerable en contra del medio ambiente. La forma en que se construyen edificios, puentes o viviendas unifamiliares, de acuerdo a los diseños o sistemas a aplicar de manera directa por ejemplo en las edificaciones que concentran actividades de calefacción usual o de manera indirecta con la utilización en mencionadas edificaciones. Sea una energía directa o indirecta usada en viviendas, emanan principalmente la combustión de combustibles fósiles. Combustión que se deriva a una contaminación atmosférica haciendo mención a óxidos de azufre y nitrógeno, monóxido de carbono, anhídrido carbónico, compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión. Estos contaminantes son responsables del cambio climático y de la contaminación urbana superficial.

Empero a todo lo descrito y explicado en los párrafos precedentes, no es posible negar que hoy en día el sector de la construcción es uno de los más demandados, considerado como necesidad básica en mayor parte del ámbito urbano y ampliándose en ámbito rural, conformando así una demanda existente en la vida humana, siendo por lo tanto imprescindible generar responsabilidades a fin de establecer las condiciones sociales y ambientales adecuadas, para generar un desarrollo orientado hacia una sostenibilidad que requiere de manera urgente el planeta tierra. De esta manera, la ética profesional forma parte del conjunto de principios morales y modos de actuar íntegros en el medio profesional (Bolívar, 2005).

## IV. RESULTADOS

La vivienda en investigación es de baja planta, 01 piso, edificada con muros de adobe. Vivienda unifamiliar con una distribución de 02 ambientes o espacios, con diseño rectangular uniforme. Techo de calamina. Construída con técnicas básicas en construcción. Conexión eléctrica. No limita con otra vivienda cercana pues en las zonas rurales, el espacio entre vivienda y vivienda es vasto. Para consideración, el adobe es una unidad de tierra cruda, que puede estar confluenciada con paja o arena gruesa para la mejora de su resistencia y durabilidad. Para la construcción de muros con adobes deben estar secos asentados con mortero de barro (tierra). Debido a sus características termo físicas, el material resulta idóneo como elemento regulador de las temperaturas interiores de espacios habitables en climas fríos y templados (Norma E.080, 2017).



Figura 2. Vista general de las viviendas de adobe  
Fuente. Software Google Earth, 2021

La figura demuestra la existencia de las 13 viviendas de adobe localizadas en la provincia de Carabaya dispersas debido al vasto espacio natural que tienen en dicha localidad.



Figura 3. Detalle de acceso a la vivienda en estudio.

Fuente. Software Google Earth, 2021

La figura detalla la ubicación de la vivienda en estudio, a una latitud  $14^{\circ}03'49''S$   $70^{\circ}24'17''W$  y una altitud de 4 389 metros sobre el nivel del mar, situada en la parcela 3 margen derecho de la carretera Panamericana Sur con acceso principal hacia el Sur – Oeste, arribando a ella por carretera pavimentada o por la vía en estado de trocha carrozable.

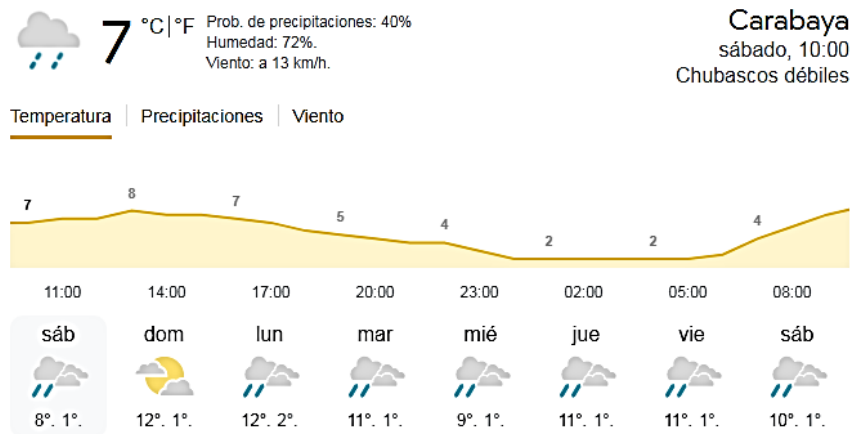


Figura 4. Temperaturas en días de la visita in situ

Fuente: SENAMHI, 2021

Macusani, capital de la provincia de Carabaya registra un clima templado y con presencia de precipitaciones eventualmente. Los inviernos son muy fríos y extremos con continuas heladas. Se dan inicio en el mes de mayo pasando por

los meses de junio y julio finalizando a mediados del mes de agosto. Durante el transcurso del año, la temperatura varía entre los -6 °C a 11 °C y rara vez baja a menos de -7 °C o sube a más de 16 °C como demuestra la figura (SENAMHI, 2021).

TEMPERATURAS CARABAYA												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>MÁX</b>	9 °C	9 °C	9 °C	9 °C	10 °C	9 °C	9 °C	10 °C	9 °C	10 °C	11 °C	10 °C
<b>TEMP.</b>	5 °C	4 °C	4 °C	4 °C	4 °C	4 °C	4 °C	2 °C	2 °C	3 °C	4 °C	5 °C
<b>MIN</b>	1 °C	1 °C	1 °C	0 °C	0 °C	2 °C	1 °C	1 °C	0 °C	0 °C	1 °C	0 °C

Tabla 5. Promedio de temperaturas por hora  
Fuente. Elaboración propia

Como resultado de los datos y mediciones de temperaturas in situ, se elaboró la tabla extrayendo el promedio de las temperaturas por hora registradas en la localidad de Carabaya.

INDICADOR	TEMPERATURA HALLADA	INSTRUMENTO	OBSERVACIONES
TEMPERATURA DEL PISO DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE ADOBE	6 °C	Termómetro con sonda	
TEMPERATURA DE LAS PAREDES DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE ADOBE	7 °C	Termómetro con sonda	Las temperaturas de las paredes poseen una aproximación del mismo resultado por influencia del medio.
TEMPERATURA DEL TECHO DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE ADOBE	6 °C	Termómetro con sonda	
PROMEDIO		6.33 °C = 6.5 °C	
Por lo tanto, <b>TEMPERATURA AMBIENTE</b>		<b>6.5 °C</b>	

Tabla 6. Temperatura ambiente vivienda de adobe  
Fuente. Elaboración propia

La tabla demuestra las mediciones de la temperatura ambiente al interior de la vivienda de adobe en estudio, proporcionando como resultado una temperatura de 6.5 °C, valor considerable para cálculos posteriores.

TEMPERATURA PROMEDIO DEL MEDIO A ESTUDIARSE				
INDICADOR	TEMPERATURA HALLADA		INSTRUMENTO	OBSERVACIONES
TEMPERATURA AMBIENTE	DEL	5°C	Termómetro ambiental	Corroborando con registros de SENAMHI
TEMPERATURAS CRÍTICAS-SENAMHI				
Temperatura ambiente mínima CARABAYA		-7°C a - 4°C	SENAMHI	
Temperatura ambiente máxima CARABAYA		10 a 14°C	SENAMHI	
TEMPERATURA DEL SUELO		5°C	Termómetro con sonda	In situ
TEMPERATURA DEL SUELO	DEL SUB	4°C	Ensayo SPT y Termómetro con sonda	A 2 metros de profundidad
TEMPERATURA DE LA TIERRA	GEOTÉRMICA	14°C		Debido a la inercia térmica de suelo la temperatura en promedio se mantiene constante todo el año
Gradiente común de la Tierra			2.5 °C a 3°C/ 100	

Tabla 7. Temperaturas promedio y crítica  
Fuente. Elaboración propia.

La tabla brinda como resultado la temperatura promedio y crítica del medio a estudiarse, con los indicadores considerados e instrumentos utilizados para su medición y registro.

Por lo tanto, con los resultados y tablas elaboradas se deduce que: la temperatura del medio es variable y la temperatura del suelo es considerablemente constante, con minúsculo porcentaje de variabilidad.

Para el modelamiento de la vivienda con el sistema de tuberías geotérmicas los cálculos y consideraciones son: Carabaya registra una energía geotérmica entre 21 a 40 MWet y/o 61 a 80 MWet según los estudios del Ministerio de Energía y Minas y la Ley 26848 Ley orgánica de Recursos Geotérmicos. El diseño del sistema de tuberías geotérmicas se determinó mediante comparaciones cuantitativas y cualitativas. De las cuales se consideraron: Área total aproximada a climatizar de 8m x 10m = 80 m<sup>2</sup> de área a climatizar. Descontamos el hall 2 x3.80 = 7.6m<sup>2</sup>. Descontamos el área del baño 2.9\*1.2=3.48m<sup>2</sup>. Descontamos el área de la cocina 2\*2.90= 5.8 m<sup>2</sup>. Descontamos un aproximado de muros (e=0.30) 8\*0.3+10\*0.3= 3.72m<sup>2</sup>. Área aproximada a descontar = 20.06 m<sup>2</sup>. Tenemos un área aproximada a climatizar de 80 m<sup>2</sup>- 20.06m<sup>2</sup> = 59.95 m<sup>2</sup>. Área Total aproximada a Climatizar = 60 m<sup>2</sup>, la cantidad de energía renovable

suministrada mediante tecnologías de bombas de calor (Eres) se calcula con la fórmula siguiente  $E_{res} = Q_{usable} * (1 - 1/SPF)$ , donde:  $Q_{usable} = H_{hp} * Prated$ , siendo:  $Q_{usable}$ = calor útil total estimado proporcionado por bombas de calor [GWh];  $H_{hp}$ = horas equivalentes de funcionamiento a plena carga [h];  $Prated$ = potencia de las bombas de calor instaladas, teniendo en cuenta la duración de los diferentes tipos de bombas de calor [GW];  $SPF$ = factor de rendimiento medio estacional estimativo (SCOPnet o SPERnet). Para la climatización, tendremos un SPF tierra-aire según tabla de La normativa Real Decreto 413/2014, por el que regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España. Que nos ofrece un  $H_{hp}$  (horas equivalentes de funcionamiento a plena carga) = 1340h, un  $Prated$  (Potencia de bombas de calor instaladas) = de 1 a 9kWt un SPF tierra-aire de 3.2, por lo tanto el  $E_{res} = 6kW * (1 - 1/3.2)$ , Para nuestra investigación, obtenemos un  $E_{res} = 4.125$ , por lo tanto usamos la BCG de 6kWt. En los usos tradicionales como en Uruguay o Chile se usan bombas de calor convencionales y tanques ACS tradicionales, actualmente se encontró otra tecnología más eficaz en el mercado de Europa, una BCG que reduce su espacio y es adaptable su instalación a las viviendas de adobe, sin necesidad de radiadores y/o puede tener o no tener tanques ACS. Las bombas de calor funcionan por el principio del ciclo de Carnot. Dicho ciclo es un proceso cíclico reversible que utiliza un gas perfecto, que consta de dos transformaciones isotérmicas y dos adiabáticas.

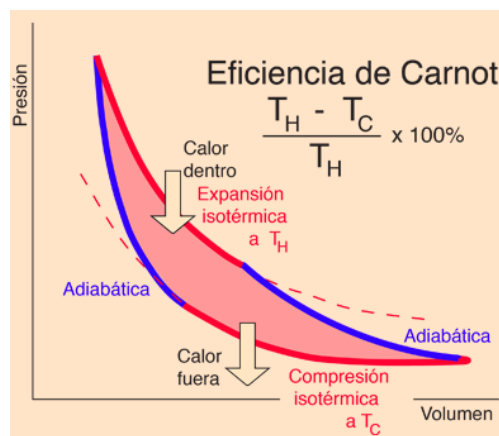


Figura 5. Ciclo de Carnot  
Fuente. Olmo, 2000.



La BCG para el diseño de climatización consta de: 2 válvulas de presión, una la acelera y la otra desacelera, 2 cámaras con distintas expansiones, una de baja temperatura y otra alta temperatura. Se hace uso de la transformación adiabática, incluyendo el valor de la temperatura. Utilizando del software AutoCad para el modelamiento demandado, con los siguientes resultados:



Figura 6. Vista de perfil, Esc. 1/75

Fuente. Elaboración propia

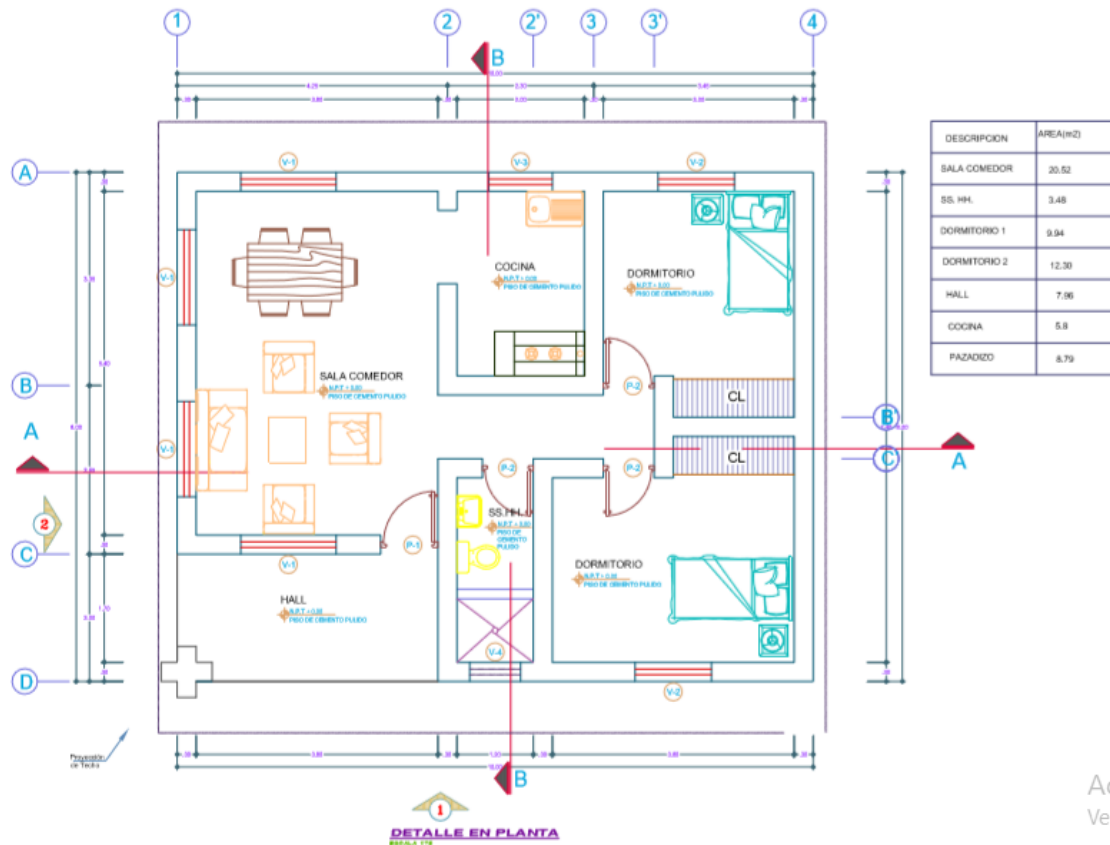


Figura 7. Plano vista de planta, Esc. 1/75  
Fuente. Elaboración propia.

Prosiguiendo con el análisis del modelo propuesto de las tuberías geotérmicas de acuerdo a los lineamientos de la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos señalando que la ley a nivel del territorio nacional aprueba el uso y la explotación del recurso geotérmico y el documento reconocido con título: Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios de la EREN español que establece una metodología del cálculo del SPF (factor de rendimiento medio estacional estimativo) que permita determinar qué bombas de calor accionadas eléctricamente pueden ser consideradas como bombas de calor renovables. La normativa regulatoria es el RD 413/2014, que permite la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España., dando como resultado la viabilidad del proyecto. Tomar en consideración que en el Perú, aún no existen parámetros o reglamentos para el uso del recurso de energía renovable geotérmico pero si se cuenta con las autorizaciones válidas para que dicha investigación se realice como modelo en

una vivienda de adobe y en un espacio donde habita el calor del sub suelo como es la localidad de Carabaya.

Nº	Titular / Empresa	Proyecto	Ubicación	Resolución Directoral	Culm Est Fase I (2 años)	Culm Est (DS N°015-2013-EM)	Pot Inst (MWe)
1	ANDES POWER PERU S.A.C.	TUTUPACA	Tacna	010-2011-EMDGE	19-mar-2013	12-jul-2015	75
2	ECO ENERGY S.A.C.	GERONTA II	Ayacucho	027-2011-EMDGE	20-may-2013		
3		UMACUSIRI I	Ayacucho	028-2011-EMDGE	20-may-2013		
4		UMACUSIRI II	Ayacucho	029-2011-EMDGE	20-may-2013		
5		GERONTA I	Ayacucho	030-2011-EMDGE	20-may-2013		
6		PINAYA I	Puno	002-2011-EMDGE	5-feb-2013		
7		PINAYA II	Puno	003-2011-EMDGE	5-feb-2013		
8		PINAYA III	Puno	036-2011-EMDGE	20-may-2013		
9		PINAYA IV	Puno	239-2012-EMDGE	13-dic-2014		
10		PINAYA V	Puno	240-2012-EMDGE	13-dic-2014		
11		PINAYA VI	Puno	249-2012-EMDGE	19-dic-2014		
12		EDC Energia Verde Perú SA (antes HOT ROCK PERU S.A.)	RUPHA	Ancash	006-2011-EMDGE	13-feb-2013	1-mar-2015
13	CHOCOPATA		Puno	012-2011-EMDGE	19-mar-2013	1-mar-2015	Renuncia
14	TURU		Arequipa Cutco	099-2011-EMDGE	6-dic-2013	5-jul-2015	Par Wind
15		ACHUMANI	Arequipa	217-2012-EMDGE	28-oct-2014	22-feb-2016	SO
16		HUISCO	Ayacucho	010-2013-EMDGE	16-feb-2015		

Figura 8. Autorizaciones para el uso de la energía geotérmica

Fuente. Ministerio de Energía y Minas, 2012

El diseño del sistema propuesto de tuberías geotérmicas, con la BCG a emplearse en la vivienda unifamiliar, según el catálogo de la tienda EcoGEO para un consumo de 6kWt con las siguientes características: MODELO B1/C1 de la empresa EcoGEO Basic/eco GEO Compact. Eficiencia del sistema: La razón es que nos da un porcentaje elevado de energía de entrega a la vivienda procedente del medio de captación, entre un 70% y un 80%. El resto de la energía que se demanda, procede del compresor. Sobre este elemento, Ecoforest aplica una serie de estrategias de control que adaptan el consumo del mismo a la demanda de la vivienda. Reafirmando la relación del COP al 400%, o la relación 25%, 75%. Para nuestro análisis en la vivienda unifamiliar, con área aproximada a climatizar de 60 m<sup>2</sup> con un consumo de BCG de 6kWt. La bomba produce de 30 °C hasta 35 °C. El cálculo de la longitud de la tubería geotérmica con el sistema de tubos enterrados aplicando el Manual de la empresa FERROTERM. Por consiguiente: La temperatura aproximada promedio en Carabaya es de 4 °C, las mínimas críticas llegan -2 °C y las máximas a 7 °C. La temperatura hallada es de 4°C. Calculando:  $T_l(X_s) = -7^{\circ}\text{C}$  (Dato del SENAMHI),  $T_h(X_s) = 15^{\circ}\text{C}$  (Dato del SENAMHI),  $T_m = 4^{\circ}\text{C}$ ,  $A_s = 0$ ,  $X_s = 80\text{m}$  de longitud = 8000 cm,  $a = X$  (cm<sup>2</sup>/día), Si:  $A_s = 0$ . Entonces:  $T_l(X_s) = T_h(X_s) = T_m$  seleccionando una bomba según estas condiciones, la más factible para nuestro sistema es la EcoGeo S Basic con una Captación Vertical. Según el catálogo

técnico de la empresa, se tiene: la Potencia Térmica total = potencia térmica terreno + potencia del compresor  $P_t$  (total) = 6 kW + 4 kW, donde:  $P_t$  (terreno) = 6 kW según cálculo previo,  $P_c$  (Compresor) = 1 – 9 kW según catálogo EcoGEO consideramos en promedio 4kW. Por lo tanto:  $P_t$  (total) = 10 kW, hallando la Potencia térmica del terreno ( $p_t$  (terreno))  $P_t$  (terreno) = Potencia Térmica Total – Potencia del Compresor. Donde:  $P_t$  (terreno) = 10 kW – 10kW/4,  $P_t$  (terreno) = 7.5 kW = 7,500W. Hallando la longitud de sonda vertical ( $L_{sv}$ )  $L_{sv} = P_t$  (terreno)/ Extracción térmica por metros. Tomando en consideración: Extracción térmica = 65W/m,  $L_{sv} = 7,500/ 65 = 115.384$  m, con redondeo a 115.40 metros. Redimensionando: Como la longitud de la sonda VERTICAL GEOTERMIA PE-100 SIMPLE del modelo 246001 del catálogo FERROTERM ES DE 80m, usamos el modelo 246003 de la sonda vertical geotermia PE-100 SIMPLE que tiene una longitud de 125 metros. Se establece entonces 01 tubería de sonda simple del modelo 246003 con diámetro de 20mm, cubriendo así lo mínimo requerido de 115.40 m. Para el diseño de la distancia hacia la vivienda, lo establecido en las especificaciones técnicas de la empresa, que indica lo siguiente: La perforación a más de 110 y 165 mm de diámetro se hará solamente con la maquinaria requerida, las tuberías verticales deben de estar por lo menos a 3 m de la vivienda y 1 m de otras instalaciones y deben de estar de separados entre sí un mínimo de 6 m, según lo requiera. Analizamos que el proceso constructivo será un tanto difícil al momento de la instalación mediante perforaciones a grandes profundidades. Redimensionando el diseño con un sistema de tuberías horizontales. Se toma en consideración lo siguiente: El diseño de tuberías estará enterrado entre los 1.5 m y hasta los 2.0 m de profundidad del subsuelo y según los datos de laboratorio tenemos que, de los 1.30 m hasta los 2.0 m de profundidad del subsuelo se tiene una arena pobremente graduada con limo y arcilla. Es un suelo que posee limo, arcilla y arena mal graduada por ende es un suelo no cohesivo, entonces según la gráfica de Captación Horizontal el tipo de suelo en la vivienda unifamiliar en Macusani - Carabaya es de un suelo seco no cohesivo. La extracción térmica de captación horizontal, horas de funcionamiento de 1.800 h por año será de 10 W/m<sup>2</sup>. El diámetro a usarse será de 20 mm. Hallamos también la temperatura del último estrato a los 2 metros de profundidad del terreno natural, por donde pasará

nuestro sistema de tuberías geotérmicas, el cual obtuvimos como resultado: Temperatura del subsuelo a los 2 m = a 4°C. Según el catálogo técnico de la empresa tenemos que: Una necesidad térmica de calefacción 4.125Kw pero asumiremos 6 kW por la potencia emitida por la BCG, el uso de calefacción se establece en 1.800 h/año, el COP de la bomba de calor facilitado por el fabricante es de 4, el suelo en estudio es arena pobremente graduada con limo y arcilla, según tabla 10 w/m. Potencia Térmica total = potencia térmica terreno + potencia del compresor, donde:  $P_t$  (terreno) = 6 kW según cálculo anterior,  $P_c$  (Compresor) = 1 a 9 kW según catálogo EcoGEO. Usando por dimensionamiento un uso de 4kW como potencia del compresor, entonces:  $P_t$  (total) = 6Kw + 4Kw,  $P_t$  (total) = 10 kw. Hallamos la potencia térmica del terreno,  $P_t$  (terreno)  $P_t$  (terreno) = Potencia Térmica Total – Potencia del Compresor, donde:  $P_t$  (terreno) = 10 kW – 10kW/4,  $P_t$  (terreno) = 7.5 kW = 7,500W. Hallando la superficie de captación: Superficie de captación = Potencia térmica terreno/Extracción térmica por m<sup>2</sup>, Superficie de captación = 7500/10, Superficie de captación = 750 m. Hallando la longitud de sonda horizontal: La separación entre tubos será de 50 cm (0.50m)  $L_{sh} = 750/0.50$ ,  $L_{sh} = 150$  m. Redimensionando: Se establecen por lo tanto 12 circuitos de diámetro 20 mm con sondas geotérmicas de 100 m horizontales cada una y con una separación de 0.50 m. El Diseño del Piso Radiante: (Temperatura Macusani = 7 °C) (Temperatura promedio= 4.5 °C). Área a climatizar = 3.80\*5.40=20.52m<sup>2</sup>. Con Ferrosystems de 20\*2,0mm. Terminación: Piso Vinílico. Superficie del ambiente= 20.52m<sup>2</sup>. Potencia necesaria según balance térmico: 1.000 Kcal/h (Ferrosystems). Potencia x m<sup>2</sup> (1000/20.52) = 48.73 k cal/h. Temperatura de salida de la caldera (según tabla Ferrosystems = 35°C) Emisión de calor = (aprox. 50 k cal/m<sup>2</sup>). Separación = 30 c, T°sup Piso = 22.5°C. Obteniendo de esta manera, el diseño final:

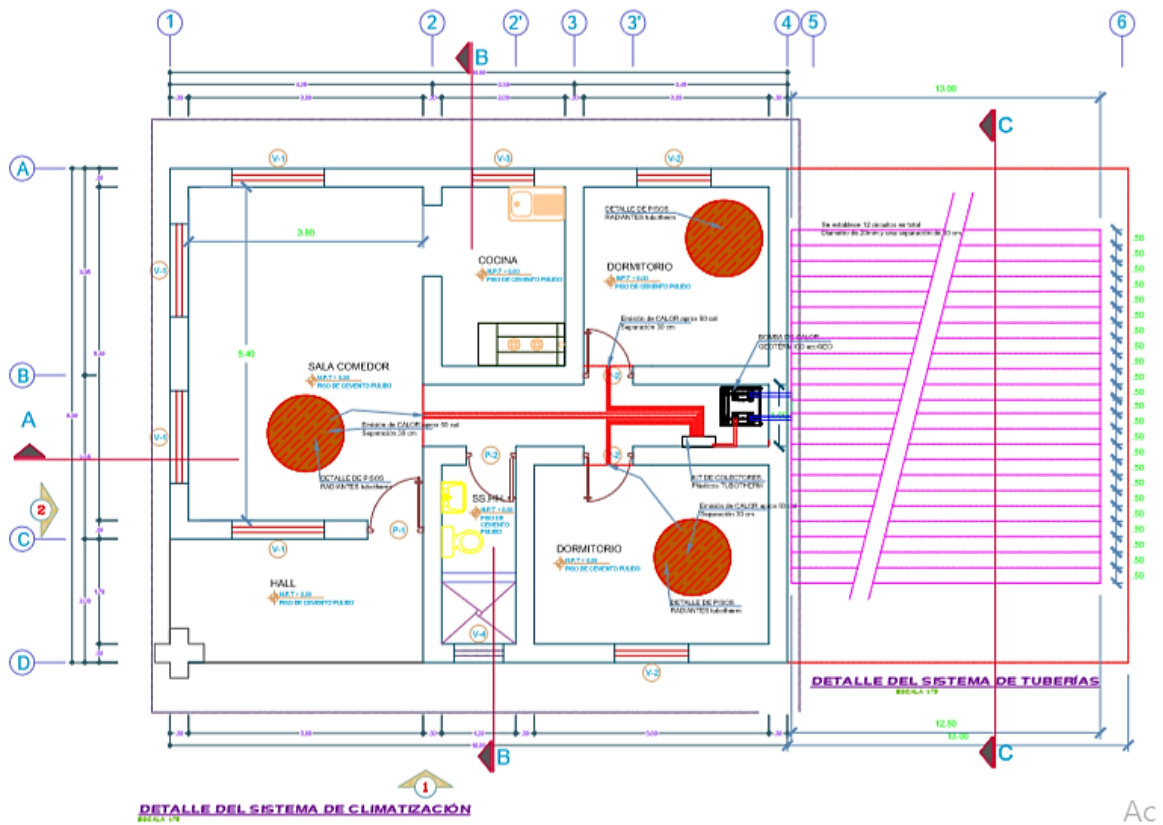


Figura 9. Plano con detalles de la instalación del suelo radiante, Escala 1/75  
Fuente. Elaboración propia.

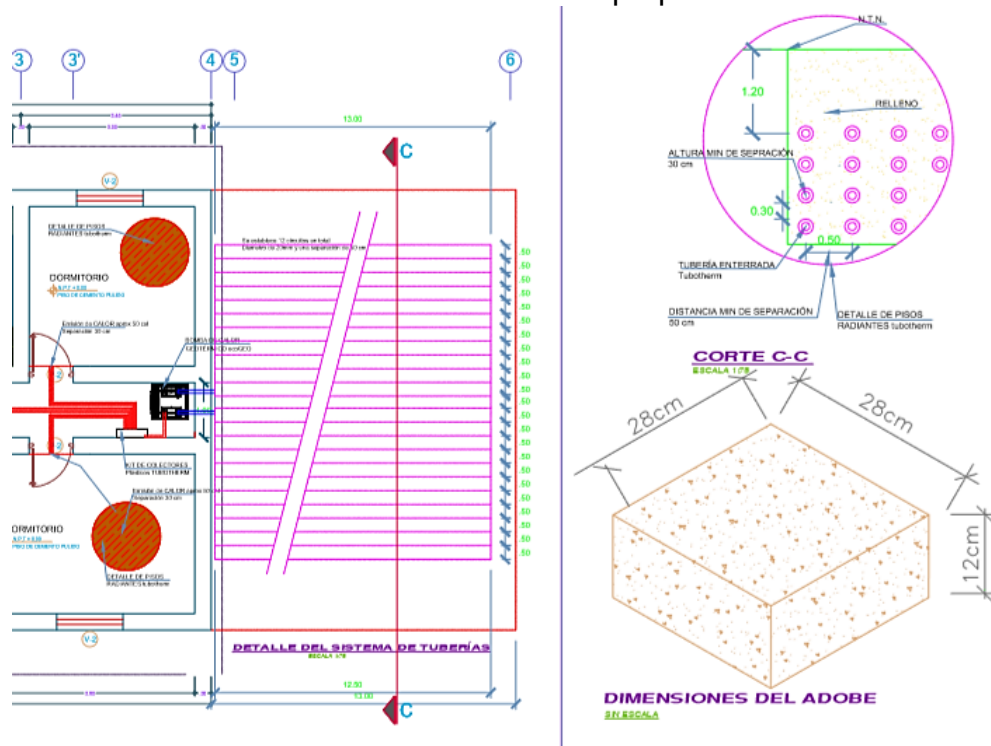


Figura 10. Plano del sistema de tuberías geotérmicas, Esc. 1/75  
Fuente. Elaboración propia.

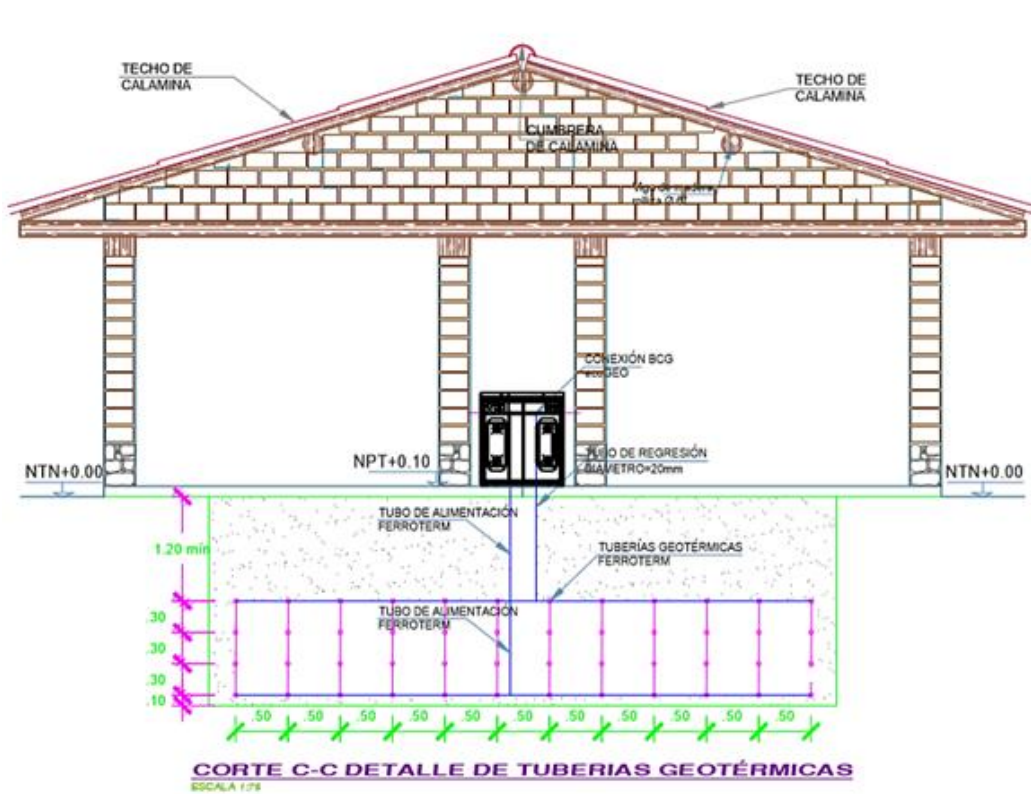


Figura 11. Plano con detalles de instalación de tuberías geotérmicas, Esc. 1/75  
Fuente. Elaboración propia.

La instalación de las tuberías horizontales geotérmicas Ferroterm se harán a 30 cm de separación de altura entre tubos y tendrán una separación de 50 cm entre tuberías, se conectan a la BCG ecoGEO Basic mediante el tubo de alimentación.

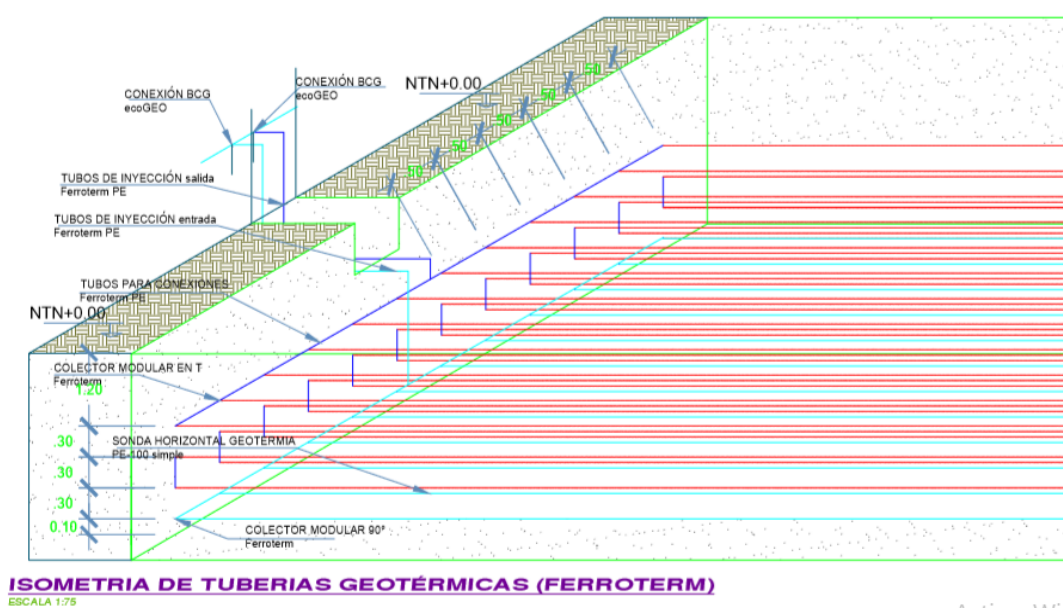


Figura 12. Plano isométrico de las tuberías geotérmicas, Esc. 1/75  
Fuente. Elaboración propia.



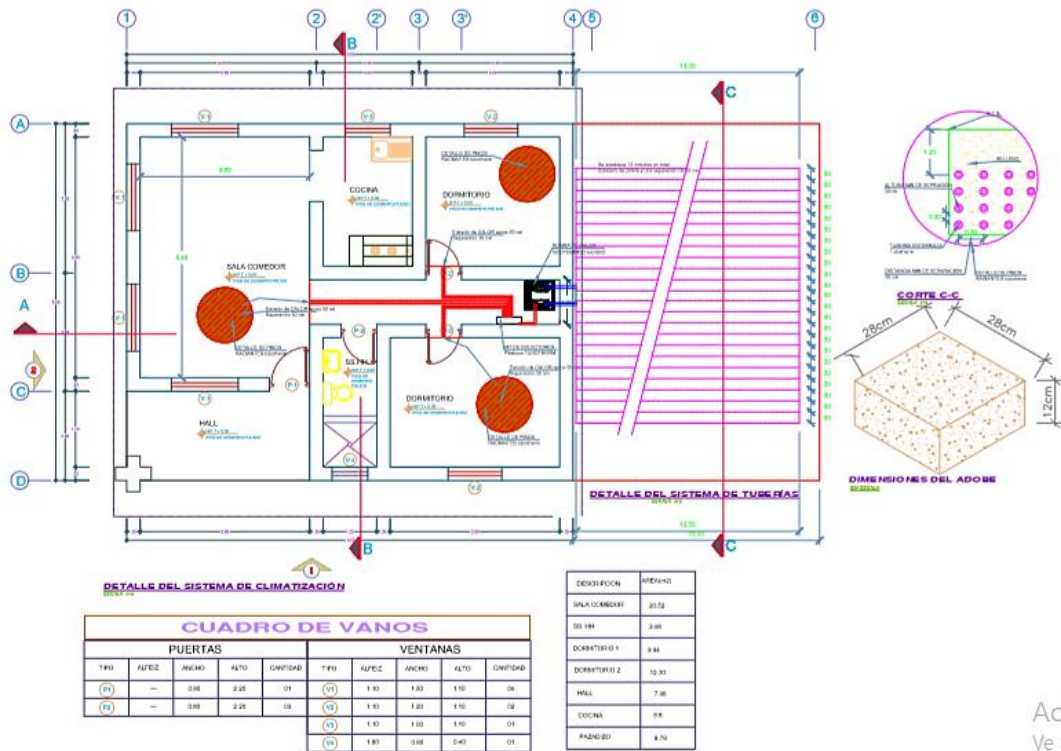


Figura 13. Plano vista de planta, Esc. 1/75

Fuente. Elaboración propia.

La energía geotérmica generada por los tubos enterrados horizontales a través de la BCG será transportada mediante los pisos radiantes Tuboterm a los 2 dormitorios y a la sala comedor.

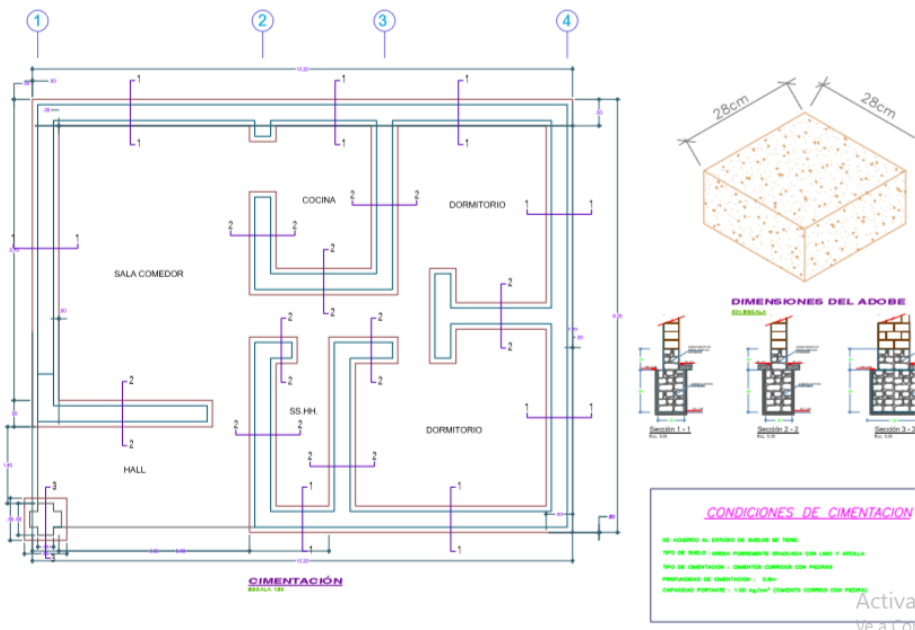


Figura 14. Plano de cimentaciones, Esc. 1/75.

Fuente. Elaboración propia.



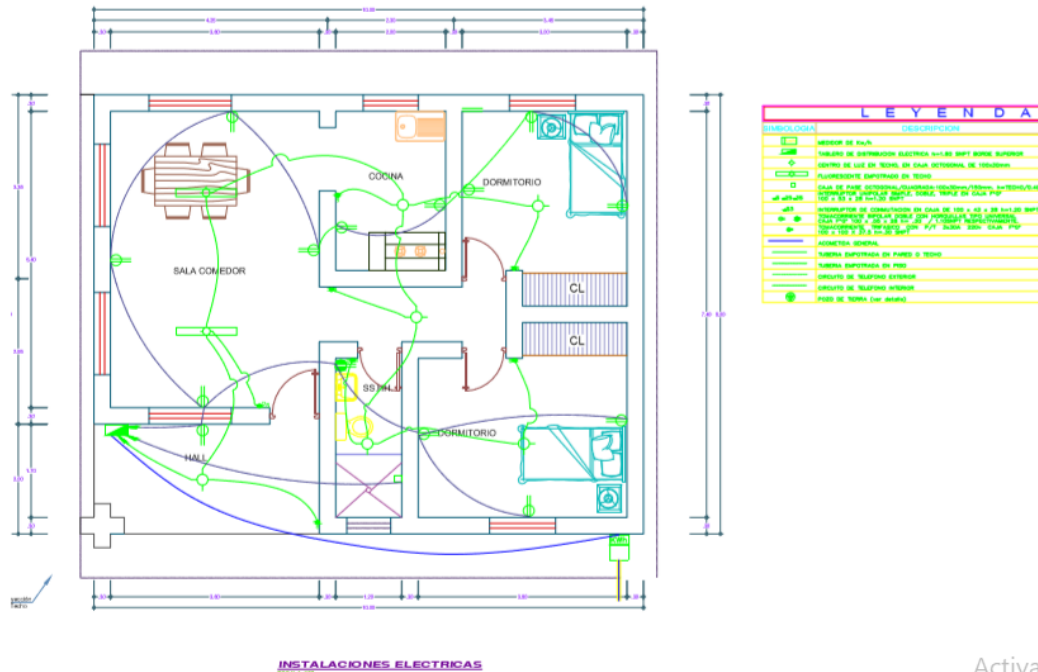


Figura 15. Plano de instalaciones eléctricas, Esc. 1/75  
Fuente. Elaboración propia.

La vivienda de adobe posee las siguientes características en instalación eléctrica y en instalación sanitaria, para el diseño de climatización mediante tuberías geotérmicas se modificaron los closets para ubicar la BCG, estando así cerca de la conexión eléctrica.

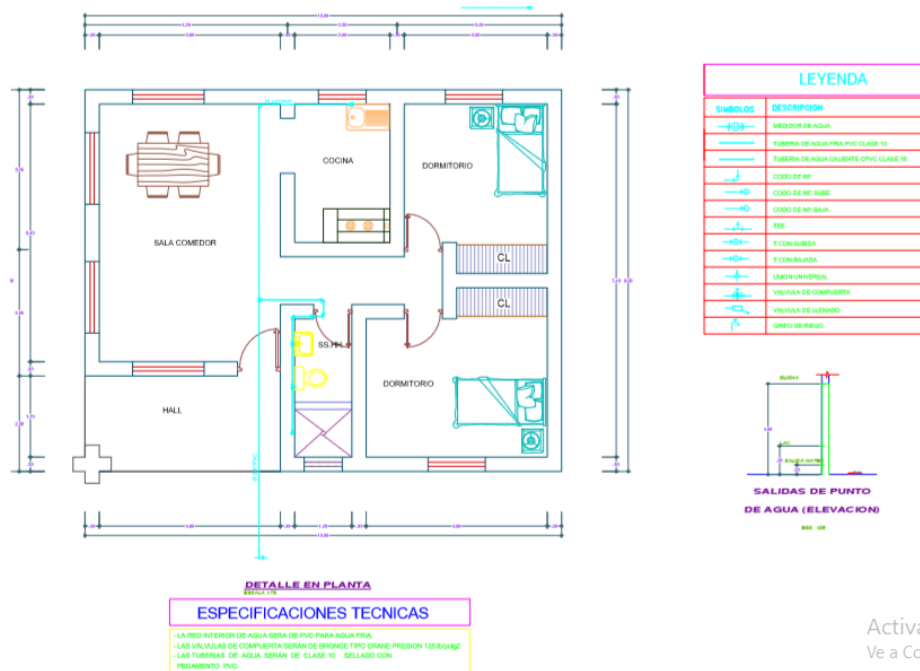


Figura 16. Plano de instalaciones sanitarias, Esc. 1/75  
Fuente. Elaboración propia.

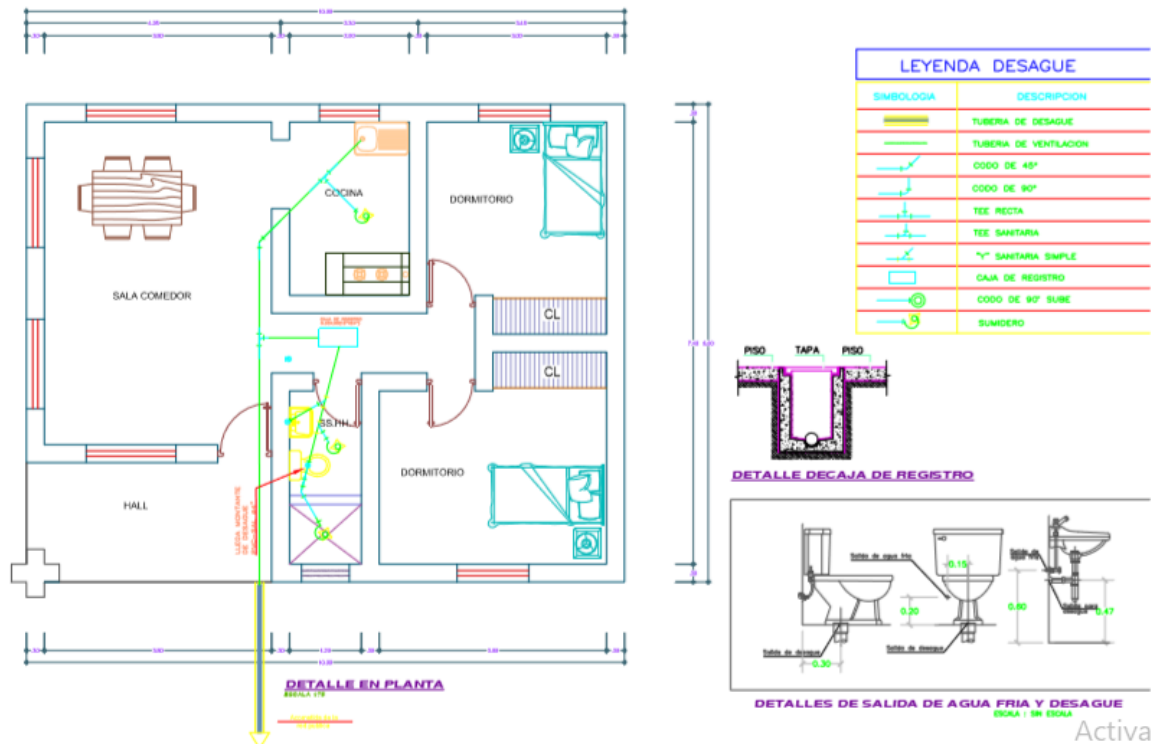


Figura 17. Plano de instalaciones de desagüe y aguas residuales, Esc. 1/75

Fuente. Elaboración propia.

Se tomó en cuenta la ramificación de las instalaciones de agua y desagüe para que la instalación de las tuberías Tuboterm no converjan entre sí, esto con el fin de que el calor generado mediante los pisos radiantes y las tuberías Tuboterm no tengan daños posteriores entre instalaciones, tanto las instalaciones sanitarias como el sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas.

Se presenta a continuación los detalles considerados y especificaciones técnicas para la bomba de calor geotérmica ecoGEO B/C 1-9: Control de potencia térmica modulante en un amplio rango (20-100%) y control de caudal modulante en los circuitos de captación y producción (20-100%). Diseño compacto que incluye circuladoras de captación y producción, vasos de expansión de 8 y 12 L para captación y producción respectivamente. Sistema de recuperación de alta temperatura (HTR) para la producción de ACS hasta 70 °C sólo con bomba de calor. Modelos con HTR. Sin resistencia. Gestión integrada de hasta 4 temperaturas de impulsión diferentes, 2 acumuladores de inercia diferentes (1 calefacción y 1 refrigeración), 1 acumulador de ACS, 1 piscina y control horario de la recirculación de ACS. Gestión integrada de unidades de captación aerotérmicas modulantes, tanto en sistemas de captación aerotérmicas o sistemas de captación híbridos

geotérmico-aerotérmico. Gestión integrada de equipos de apoyo externos auxiliares todo/nada o modulantes, por ejemplo, resistencias eléctricas o calderas todo/nada o calderas modulantes. Gestión integrada de bloque de hasta 3 bombas de calor en paralelo. Gestión integrada de sistemas de emisión simultánea frío/calor según esquema. En los modelos 2 y 4 el frío pasivo integrado en el equipo. Todos los modelos disponibles Monofásicos y Trifásicos. Productos compatibles con e-manager y e-system. Contadores de energía integrados para consumo eléctrico, producción térmica de calor/frío y rendimientos instantáneos y estacionales mensual y anual.

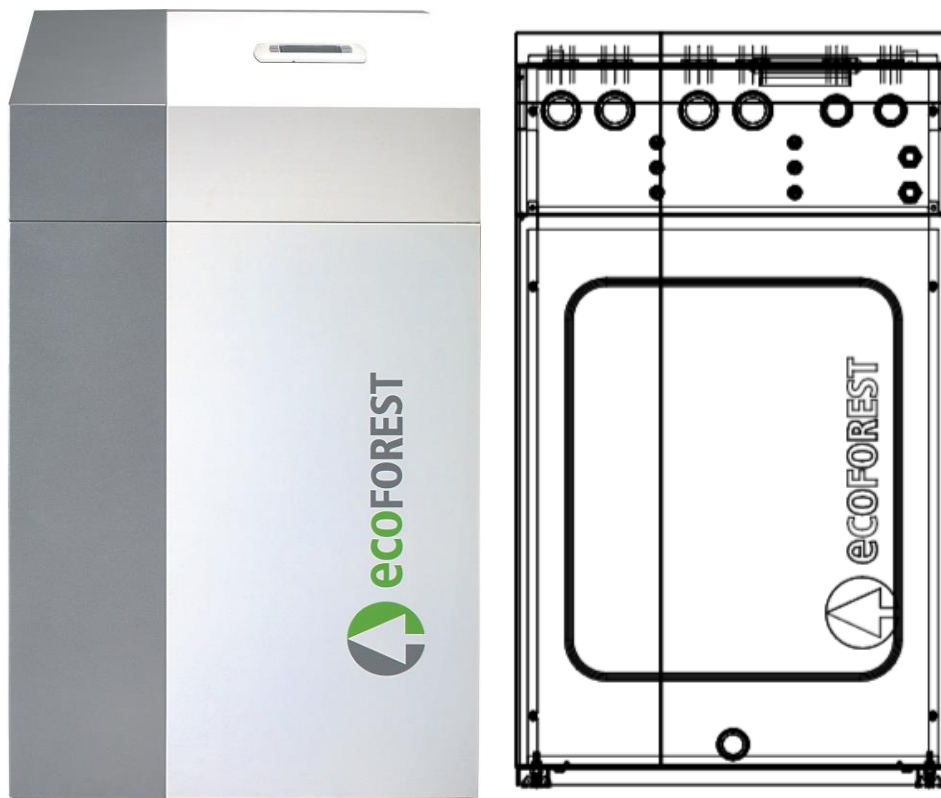


Figura 18. BCG ecoGEO Basic

Fuente: ecoFOREST, 2018

ESPECIFICACIONES ECOGEO B/C 1-9eS		UNID.	B/C1	B/C2	B/C3
APLICACION	Lugar instalación	-	Interior		
	Tipo sistema captación	-	Geotérmico / Aerotérmico / Híbrido		
	Calefacción	-	✓	✓	✓
	Posibilidad de sistema recuperación alta temp. HTR	-	✓	✓	✓
	Refrigeración activa integrada	-	-	-	✓
	Refrigeración pasiva integrada	-	-	✓	-
PRESTACIONES	Rango modulación compresor	%	20 a 100		
	Potencia calefacción 2, B0W35	kW	1,3 a 11		
	COP 2, B0W35	-	4,5		
	Potencia refrigeración activa 2, B35W7	kW	-	1,4 a 11	
	EER 2, B35W7	-	-	5,2	
	Temperatura ACS máxima sin apoyo	°C	63		
	Temperatura ACS máxima con apoyo	°C	70		
	Nivel de potencia acústica	db	33 a 44		
	Etiqueta energética / ηs con control clima medio	-	A+++ / 195%		
LÍMITES DE OPERACIÓN	Rango temperaturas calefacción / Consigna	°C	10 a 60 / 20 a 60		
	Rango temperaturas refrigeración / Consigna	°C	4 a 35 / 7 a 25		
	Rango temperaturas captación calefacción	°C	-25 a +35		
	Rango temperaturas disipación refrigeración	°C	10 a 60		
	Presión circuito refrigerante mínimo / máximo	bar	Feb-45		
	Presión circuito de producción / precarga	bar	0,5 a 3 / 1,5		
	Presión circuito de captación / precarga	bar	0,5 a 3 / 0,7		
	Presión máxima acumulador ACS	bar	8 (solo para ecoGEO C)		
FLUIDOS DE TRABAJO	Carga de refrigerante R410A	kg	0,75 (sin HTR) / 0,85 (con HTR)		1
	Tipo de aceite del compresor/carga de aceite	kg	POE / 0,74		
DATOS ELÉCTRICOS CONTROL	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz	-	✓		
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C10A		
	Fusible circuito primario transformador	A	0,5		
	Fusible circuito secundario transformador	A	2,5		
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR MONOFÁSICA	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz	-	✓		
	Protección externa máxima recomendada	-	C25A		
	Consumo máximo, B0W35	kW/A	2,7 / 11,8		
	Consumo máximo, B0W55	kW/A	3,8 / 16,5		
	Intensidad arranque mínima/máxima	A	2,8 / 5,8		
	Corrección de coseno Ø	-	0,96/1		
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR TRIFÁSICA	3/N/PE 400 V / 50-60Hz	-	✓		
	Protección externa máxima recomendada	-	C10A		
	Consumo máximo 2, B0W35	kW/A	2,7 / 4		
	Consumo máximo 2, B0W55	kW/A	3,8 / 5,5		
	Intensidad arranque mínima/máxima 7	A	0,9 / 1,9		
	Corrección de coseno Ø	-	0,96-1		
DIMENSIONES Y PESO	Altura x ancho x profundidad	mm	ecoGEO B: 1060x600x710 · ecoGEO C: 1804x600x710		
	Peso en vacío (sin ensamblaje)	kg	B 184 · C 245	B 192 · C 253	B 184 · C 245

Tabla 8. Especificaciones técnicas de la BCG ecoGEO

Fuente: ecoFOREST, 2018.

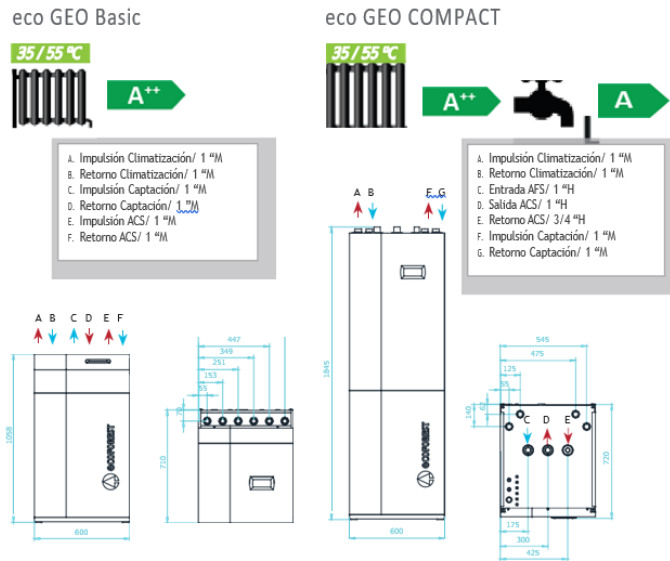


Figura 19. Detalles de la BCG Basic y Compact  
Fuente. EcoGEO, 2018

Se muestra los detalles de la BCG para la instalación de las tuberías horizontales enterradas y la instalación de los pisos radiantes se debe de tomar en cuenta las dimensiones mínimas para la instalación en los respectivos ambientes de la vivienda de adobe en Carabaya, se muestran las características según la empresa y según las especificaciones técnicas y según el catálogo.



Figura 20. Detalle de instalación del sistema híbrido de la BCG  
Fuente. ecoGEO, 2018



Figura 21. Características del sistema híbrido de la BCG  
 Fuente. EcoFOREST.

El sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas tiene la siguiente dinámica, el calor generado en el subsuelo a través de las tuberías Ferroterm transportarán el flujo energético hacia la BCG, para que se genere el intercambio energético entre la energía geotérmica y la energía eléctrica, sumado a esto la BCG impulsará el flujo geotérmico hacia la vivienda de adobe para la respectiva climatización.

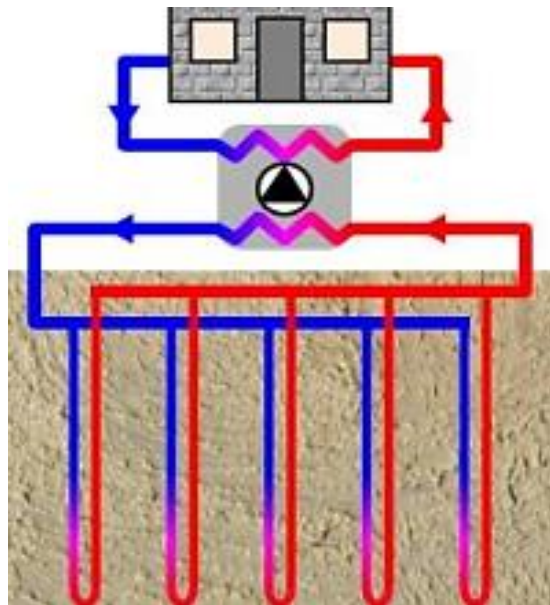


Figura 22. Detalle sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas  
 Fuente. Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

El costo de inversión en la etapa inicial es alto debido a la adquisición de la BCG propiamente dicha, sin embargo, las comparaciones han demostrado que la inversión en este tipo de sistema se amortiza en menos tiempo de lo estimado. De hecho, la partida inicial necesaria para la instalación de una calefacción geotérmica se amortiza entre 5 y 10 años, con un período mínimo de uso de 20 años. En el caso de un sistema de calefacción a gas, por ejemplo, el período de amortización en las mismas condiciones de uso es de entre 8 y 13 años. En el Perú, la geotermia es un recurso renovable disponible, razón idónea para invertir en su investigación, con el fin de solicitar apoyo de cooperación técnica de países desarrollados, logrando un financiamiento que permita la puesta en marcha del sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas, considerando a su vez, que la zona sur del país goza de minería y proyectos industriales, como elementos de demanda, así como factor dinamizador del desarrollo.

La empresa ecoFOREST presenta soluciones híbridas en sus sistemas de transmisión de energía, una de ellas es la energía eólica o mediante paneles solares. El Gobierno peruano, con el afán de llegar a las zonas rurales, incluyendo la localidad de Carabaya o haciendo mención a otras localidades como los Uros, implementó el sistema de paneles solares, dando nulos resultados, con evidencias de ser un proyecto que no alcanzó las metas deseadas. En el caso de la localidad de Carabaya, los días soleados con escasos, con una temperatura máxima de 14 °C. De recomendarse una tecnología mixta sería la de tipo eléctrica – eólica por el motivo que se tienen más ráfagas de viento en el Altiplano peruano que la presencia de días soleados. La BCG funciona únicamente con la energía eléctrica continua. En sitios críticos como la localidad de Carabaya, se precisa al menos 1.800 h/año o 2.400 h/año de energía eléctrica continua para garantizar el sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas activo sobre todo durante las horas más críticas como son las noches. Por lo descrito, se tienen motivos suficientes que demuestran que el uso de paneles solares no asegura del todo la continuidad de la energía, además, su carga es lenta y depende gran parte de

los factores climatológicos externos, recordando que la localidad de Carabaya alberga un clima caprichoso y según datos del SENAMHI, la mayor parte de los días del año registra un clima nublado. Se detalla a continuación, mediante catálogo y especificaciones técnicas, la tecnología mixta.



Figura 23. Características de los sistemas híbridos  
Fuente. ecoFOREST

Características, tecnología única de patente Europea, instalaciones monofásicas domésticas inferiores a 5kW de producción eléctrica renovable, inversor híbrido y contador energético integrado, sistema modular de 0 a 5 baterías integradas, almacenamiento del excedente de energía eléctrica renovable como energía térmica, control de tarifa prioridad para el funcionamiento de la bomba de calor durante los periodos valle del precio de la electricidad, limitación de potencia por modulación de la potencia consumida por la bomba de calor con la finalidad de no exceder una potencia máxima consumida establecida.



Figura 24. Tecnología eólica alta potencia  
Fuente. ecoFOREST



La empresa ecoFOREST presenta las siguientes instalaciones de referencia de la BCG ecoGEO Basic 1-9 + e-system + 5 kW Fotovoltaicos en Nigrán España, Girne Chipre y Boadilla del monte España.

## Instalaciones de referencia

### ecoGEO 1-9 + e-system + 5 kW Fotovoltaicos

Ubicación: Nigrán, España  
 Año: 2018  
 Tipo de instalación: Geotérmica  
 Potencia: 1-9 kW  
 Servicios: Calefacción, Refrigeración, ACS y Piscina



### 6 ecoGEO HP 25-100 + e-source



Ubicación: Girne, Chipre  
 Año: 2018  
 Tipo de instalación: Marina / Aerotérmica  
 Potencia: 1200 kW  
 Servicios: Calefacción, Refrigeración, ACS, Piscina y Spa

### 63 ecoGEO 3-12

Ubicación: Boadilla del Monte, España  
 Año: 2017  
 Tipo de instalación: Geotérmica  
 Potencia: 63 x ecoGEO C4 3-12 HTR  
 Servicios: Calefacción, refrigeración pasiva-activa y ACS



Figura 25. Instalaciones ejecutadas de referencia

Fuente. ecoFOREST

En las consideraciones para un análisis económico, se tiene los siguientes criterios: ÁREA DEL CASO DE CARABAYA = 60 m<sup>2</sup> con una relación de 1 en 4. De acuerdo a la empresa para la adquisición de la BCG, se tiene como costo aproximado del sistema de calefacción del ciclo abierto para la VIVIENDA UNIFAMILAR EN CARABAYA: Costo aproximado en la Vivienda de Macusani \$ 20,479.838/4 = \$ 5,119.9595 = \$ 5,119.96 DOL. Convirtiendo a moneda nacional: Costo aprox. = \$/5,119.96\*S/.4.02 (TC 17-11-2021) Costo Aprox. = s/. 20,582.24 SOLES. Recordando que por cada 240m<sup>2</sup> hay 24kWt, entonces por cada 1m<sup>2</sup> hay 0.1kWt aproximadamente. Las condiciones del terreno y los resultados obtenidos nos dan el siguiente diseño de la vivienda en CARABAYA, en el caso se diseñó una bomba de calor geotérmica simultanea para calefacción de ciclo abierto de cambio a 6 kWt, al mismo tiempo de estimar que el caudal del diseño de los tubos enterrados será a 2 metros de profundidad, además la superficie aproximada a calefaccionar es de 60 m<sup>2</sup> aprox.

Para determinar el costo global del proyecto de la vivienda en CARABAYA consideraremos las medianas de los 4 índices de precio resaltados en un círculo del índice de Precios de Bombas de Calor Nama Chile. En este caso vamos a comparar los precios de electricidad en el mercado de Chile, Perú-Puno y Europa. Para viviendas según Electro Puno la opción tarifaria BT5, indica lo siguiente, solo para clientes alimentados en baja tensión con demanda máxima de hasta 0.20kW o que instalen un limitador de potencia de hasta 0.20kW nominal. Se efectúa una medición simple de energía. Datos técnicos del recibo de electricidad de ELECTRO PUNO: Tarifa: BT5-RESIDENCIAL, Alimentador: 01-06 (3000), Potencia: 0.20 kW, Tensión: 220 V – BT, MONOFÁSICO-ELECTRÓNICO-2 HILOS, CONEXIÓN: C.1.1., Afecto a descuento LEY 27510 FOSE. Pago real de vivienda multifamiliar en Puno S/. 68.70 por 78 kW.h. Pago aprox. en la vivienda de Macusani = S/.44.03 por 50 kW.h. Aspectos a considerarse para el cálculo del consumo eléctrico: El uso de equipos eléctricos, 01 refrigeradora, 01 equipo de sonido, 01 TV, 01 DVD, 01 Plancha, 10 Tomacorrientes, 05 Focos, 01 antenas. El sistema de climatización mediante energía geotérmica según teoría del rendimiento/COP indica: Por cada 1 kWh eléctrico que consume la BDC disponemos de 3.5 kWht a 4,5kWht útiles térmicos, en promedio tenemos 4.0 kWht. Si: ÁREA DEL CASO DEL ESTUDIO

= 240 m<sup>2</sup> ÁREA DEL CASO CARABAYA = 60 m<sup>2</sup>. Concluimos también que por cada 240m<sup>2</sup> hay 24kWt, entonces por cada 1m<sup>2</sup> hay 0.1kWt siendo la relación de 10 a 1. Por lo tanto, en la vivienda Unifamiliar de adobe CARABAYA PUNO, la BCG tendrá un gasto aproximado de 6.0 kWt en 60m<sup>2</sup>. Por teoría cada 1kWh eléctrico que consume la BCG disponemos 4.0 kWt 1kWh = 4.0 kWt X = 6.0 kWt X = 1.5 kWh al mes. Entonces, PARA EL CÁLCULO TENEMOS: Si para 50 kWh pagas 44.04 soles ¿Cuánto pagarás para 1.5 kWh? Respuesta: 1.3212 aproximado de 1.35 soles por 1.5 Kw. OBETENEMOS LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS POR LA EMPRESA Y HALLAMOS EL PRESUPUESTO APROXIMADO Y EL GASTO DE ELECTRICIDAD EN LA BCG:

Índice G-3: S/.1.35 nuevos soles/kWt\*6kWt = S/. 8.1 nuevos soles, Índice G-7: 30 % DEL COSTO TOTAL. ÍNDICE G-8: S/. 8.1 SOLES/m<sup>2</sup> \*6.4 m<sup>2</sup> = S/.51.84 nuevos soles. Índice E-2: (usamos el mismo de la empresa por ser el costo del equipo e instalación del sistema de emisión) \$110,000.00CLP/m<sup>2</sup> = 545.12 Soles/m<sup>2</sup>. Por qué 1 CLP = 0.005 Soles, s/. 545.12 nuevos soles/m<sup>2</sup> \* (60m<sup>2</sup>) = 32,707.20 soles. Este último cálculo nos indica que es mejor usar un sistema más simple por el costo, como usar el sistema de tubos enterrados: Sub total: S/. 32,767.14. Costo de instalación: 30%\* S/. 32,767.14 = 9,830.142= S/.9,830.15 Soles. Total: S/. 42,507.29 nuevos soles APROXIMADAMENTE en Dólares \$ 10, 573.95 total. Concluyendo que para un terreno de 240m<sup>2</sup> de área a climatizar se paga S/.101,490.83 Soles y, para nuestra vivienda unifamiliar en estudio se paga s/.42,507.29 soles. Entendemos que para una vivienda unifamiliar para personas vulnerables es alto el presupuesto inicial hallado, pero a condiciones futuras de acuerdo al rendimiento que se tiene se gastará aproximadamente S/.1.40 Wh soles de uso de energía eléctrica por el uso del sistema de energía geotérmica en todo el mes.

Si analizamos la investigación, nos damos cuenta que para grandes proyectos el ahorro de energía eléctrica y la producción de la misma es posible darse a raíz de la energía geotérmica.

## VI. CONCLUSIONES

El diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas construidas con adobe a bajas temperaturas en la región Puno, basados en el procesamiento de los datos recolectados, cálculos y mediciones ejecutadas; otorgan la consolidación necesaria para que el sistema sea viable y apto, alcanzando la transferencia de calor deseada en las viviendas de adobe habitadas personas vulnerables en la localidad de Carabaya.

1. La identificación de las características térmicas del ambiente en la vivienda de adobe está sometidas a bajas y extremas temperaturas en la localidad de Carabaya, región Puno.
2. Por lo tanto, es una necesidad relevante el diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para brindar a los pobladores de las zonas rurales un confort térmico merecido y necesario que se traduce en un vivir digno. Con el uso del software AutoCad, se logró el modelamiento de la vivienda con el sistema de tuberías geotérmicas propuesto basado en la bomba de calor geotérmica BCG, que aprovecha de manera óptima la energía geotérmica encontrada en la localidad de Carabaya.
3. El análisis del modelamiento propuesto de las tuberías geotérmicas de acuerdo a la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Ley N°26848, corrobora la viabilidad del diseño.
4. El diseño final del sistema propuesto de tuberías geotérmicas es aplicable a la zona en estudio de manera eficiente y eficaz, reafirmando el compromiso con el medio ambiente y el bien común.

## VII. RECOMENDACIONES

Como recomendación general para el diseño de un sistema de tuberías geotérmicas se debe contemplar las características de las paredes de la vivienda, que sean aporte para una generación térmica.

1. Para la determinación de las temperaturas tanto ambientales como del suelo y sub suelo, es recomendación primordial el uso de los instrumentos debidamente calibrados y certificados. Sólo de esta manera se podrá obtener datos cuantificables reales, necesarios e importantes para cálculos posteriores a exactitud.
2. El uso de softwares es recomendado tanto para el cálculo de la longitud del sistema intercambiador de calor, como para los análisis económicos del proyecto que permitirán validar a largo plazo el ahorro energético y las condiciones de equilibrio. En la línea de futuros estudios, se recomienda tomar en cuenta el valor de otras energías renovables como la eólica, debido a que combinada con la energía geotérmica permitirá almacenar la energía sobrante, mejorando por un lado el rendimiento del sistema geotérmico y por otro solucionando un futuro problema de sobrepresión en el circuito primario proporcionando una mejoría en conjunto a la instalación.
3. El país no cuenta con un reglamento específico que detalle los lineamientos para el diseño de un sistema de tuberías geotérmicas, se recomienda por lo tanto el uso de manuales o catálogos de procedencia española.
4. Al ser una investigación por observación no probabilística, deja la semilla a posteriores investigaciones para una optimización del diseño, su implementación y reingeniería afirmando que, en el 2050 se dará inicio de manera global al aprovechamiento de la energía geotérmica en el Perú. El tipo de construcciones y el uso de energías renovables cambiarán y se verán más involucradas en preservar el planeta tierra, ejecutando construcciones eco amigables que involucren sistemas de energía geotérmica.

## REFERENCIAS

Dickson Mary H. y Fanelli Mario. Geothermal Energy: Utilization and Technology, p.23-123. <https://doi.org/10.4324/9781315065786>, 2013

OSINERGMIN. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Energía Geotérmica, 2020. [Consulta 12 de abril de 2021] URL <http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/>

INGEMMET. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico Energía Geotérmica, 2012. [Consulta 23 de octubre de 2021] URL [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/SEMINARIOGEOOTERMI A/ENERGIA%20GEOTERMICA%20RENOVABLE-%20V\\_CRUZ-INGEMMET.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/SEMINARIOGEOOTERMI A/ENERGIA%20GEOTERMICA%20RENOVABLE-%20V_CRUZ-INGEMMET.pdf)

Archer Rosalind, Ardid A. y Dempsey D. Heat transfer estimation through a high-temperature geothermal field in New Zealand quantified by multi-channel data modelling. Scientific Article. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-748>, 2021

Lund John W. Geothermal energy, Encyclopedia Britannica, 2018. URL <https://www.britannica.com/science/geothermal-energy>

Rypkema, Heather A. Green Chemistry. Scientific Article. ISBN: 9780128092705 012809270X, 2018

IDAE. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Gobierno de España, Evaluación del potencial de energía geotérmica. 2011-2020

Sánchez, E. J., León, S. T. y Vargas, C. A. Análisis del caso de éxito del proyecto de transformación energética de Islandia, 2020

Alarcón Rosendo. Cuando hiela. Atlas11, 1998.

INDECI. Instituto Nacional de Defensa Civil. Gobierno del Perú. Heladas y Friaje, 2020 [Consulta 09 de septiembre de 2021] URL <https://www.gob.pe/indeci>

SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú Clima/Heladas y friajes, 2005. [Consulta 10 de octubre de 2021] URL <https://www.senamhi.gob.pe/?p=heladas-y-friajes-preguntas>

PLANAGERD. Plan Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, Estado peruano, 2014-2021

SENAMHI. Climas del Perú, 2020. [Consulta 14 de septiembre de 2021] URL <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>

Fernández García, Felipe. Ciudad y cambio climático: aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. <https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.09>, 2009

ASHRAE 55 Estándar. <https://doi.org/10.1111/ina.12364>, 2019

INEI. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional de Población, y Viviendas, 2007. [Consulta 19 de octubre de 2021] URL <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indicetematico/poblacion-y-vivienda/>

Kolbrún R. Gylfadóttir, Thórdís. Discovering the Potential: The Future of U.S. Geothermal Energy. Ministro de Energías Islandia, 2020. URL <https://www.atlanticcouncil.org/event/unearthing-potential/>

Espada Serrano, Víctor. Estudio de Instalaciones de Climatización Geotérmicas en viviendas, 2012. URL <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16458/Mem%C3%B2ria.pdf>

Ortega Leiva, Bruno Adrián. Evaluación de un Sistema de Climatización con bomba de Calor Geotérmica para una casa representativa en diferentes climas de Chile. Chile, 2017. URL <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147047>

Sánchez Arraigada, Reinaldo y Novoa Yarur, Felipe Ignacio. Evaluación Técnico-Económica de Abastecimiento de Calefacción central y ACS a base de Energía Solar o Energía Geotérmica a baja temperatura, a un edificio departamento en la ciudad de Chillan. Chile, 2013. URL <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle>

Umán Juárez, Steve Jason. Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta - Cusco, 2017. URL [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2860/ARQ\\_T030\\_7294597\\_1\\_M%20%20%20UM%C3%81N%20JUAREZ%20STEVE%20JASON.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2860/ARQ_T030_7294597_1_M%20%20%20UM%C3%81N%20JUAREZ%20STEVE%20JASON.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Aguirre Tapullima, Carol Danica y Ordoñez Chimbo, Roylman Beymer. Estado del arte del aprovechamiento de energía geotérmica para climatización de ambientes mediante la técnica de pozo canadiense. Loreto, 2019. URL <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/819>

Gutierrez Paco, Abel y Quispe Carlo, Orlando. Evaluación del potencial geotérmico de baja temperatura para aplicaciones de calefacción con bombas de calor. Puno, 2018. URL <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7866>

Peralta Quilla, Ronald y Miranda Rodríguez, Rolando Efraín. Análisis de estudio de la energía geotérmica de las aguas termales de Putina empleando isobutano para la generación de energía eléctrica para la localidad de Putina. Puno, 2017. URL <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5722>

Ingvar B.; Bertani H. y Ruggero Ernst. The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change, p. 59-80, 2008.

Baver, L.D, Gardner, Walter H. y Gardner, Wilford. Física de suelos, p. 343-529, 1991.

Cuevas, J. M. y González Penella, V. Propiedades térmicas de los suelos para el dimensionado y diseño del sistema subterráneo mejorando la eficiencia energética de sistemas geotérmicos en climatización, 2008.

Russel, E. J. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas según Russel, 1992.

Coluccio Leskow, Estefanía. Definición de la Temperatura. Revista de Energías Renovables. Argentina, 2011.

Gálvez Huerta, Madrid. Sección de instalaciones en edificios. Manual español, p.8, 2013

García-Peñalvo, Francisco. Diseminación y divulgación científica. México, p.2-37, 2013

Perry, R. H. y Green, D. W. Perry's. Perry's Chemical Engineers' Handbook, p.397-2641. ISBN: 0-07-049841-5 (alk. paper), 1997



Sandoval Herrera, Juan Andrés. Balances de materia y energía aplicados a la investigación. <https://doi.org/10.29097/9789585303058>, 2021.

Redko Oleksandr Andriy y DiPippo Redko Ronald. Low-Temperature Energy Systems with Applications of Renewable Energy. Scientific Article. ISBN: 978-0-12-816249-1, 2020

Ait Ali Mohand A. The maximum coefficient of performance of internally irreversible refrigerators and heat pumps. Scientific Article. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/29/4/005>, 1995

Suweni Muntini Melania. The Thermoelectric Cooler Performance Coefficient Based on Configuration. Scientific Article. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012101>, 2018

Zeng Y, Q Wu, S Xu, K Tu y X Liu .Study on the Long-Term Performance and Efficiency of Single-Well Circulation Coupled Groundwater Heat Pump System Based on Field Test. Scientific Article. Doi: 10.3389/feart.2021.772977, 2021.

Liu y Long Zou. An Experimental Study on External Ventilation to the Heating Performance of Household Air Source Heat Pump. Scientific Article. <https://doi.org/10.3390/en11102811>, 2021

Estudios Geotécnicos, 2020. Consultado el 11 de agosto de 2021 [En línea] <https://estudiosgeotecnicos.info/>

Zapata-Galvis Juliana y Esquivel Rogério Edmundo. Evaluation of internal and external stresses on the SPT sampler. <https://doi.org/10.15446/dyna.v83n195.51138>, 2016

Dalvi Dos Santos, Mirella. Correlações entre sondagem de simples reconhecimento e resultados de ensaios de campo (SPT, CPT, DP) para diferentes solos arenosos. Doi: 10.1016/j.jrmge.2017.08.001, 2017

De Lima Lopes, Leandro. Análise de solo por meio de sondagem SPT: estudo de caso de uma residência de dois pavimentos em ambiente urbano. <http://dx.doi.org/10.32404/rean.v6i1.2362>, 2020

Zhang Ningning, Arroyo Marcos, Ciantia Matteo y Gens Antonio. DEM examination of SPT correction factors. <https://doi.org/10.1051/epjconf/202124914017>, 2021

Hamidi Babak, Varaksin Serge. Ground Improvement Case Histories Compaction, Grouting and Geosynthetics. Scientific Article. Doi: 10.3850/978-981-07-3559-3\_103-0002, 2015

Ruiz, Borboa y Rodríguez. La Metodología Complementaria. Artículo de investigación. ISSN (impreso): 1316-0087, 2013

Ministerio de Energía y Minas. Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Ley N° 26848. Gobierno del Perú, 2013

López Luis, Julio César. Población Muestra y Muestreo. Doi: 10.1016/j.knosys.2017.06.025. 20, 2017

Hernández Sampieri, Roberto, Baptista Lucio, Pilar y Fernández Collado, Carlos. Metodología de la Investigación. Sexta Edición, 2000

Lénica. Método y procedimiento de la investigación científica, capítulo 3. 2004

Pértega Díaz S., Pita Fernández S. Representación gráfica en el análisis de metodólogo de investigación, 2001.

Bolívar A. El lugar de la ética profesional en la formación universitaria. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 10(24), p. 92-123. ISSN 0185-2698 2005

Norma E.080. Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada. Ministerio De Vivienda, Construcción y Saneamiento. Gobierno del Perú, 2017

## **ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos

Anexo 4. Documentos técnicos de resultados

Anexo 5. Panel fotográfico

Anexo 6. Validación de expertos

## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO** : Diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas de adobe a bajas temperaturas, Carabaya, Puno – 2021

**AUTORES:** Bach. Catacora Juño, Raisha Estefanía

Bach. Choquehuanca Chura, Samuel Edison

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DISEÑO
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Es posible disminuir las bajas temperaturas con un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas construidas con adobe en la localidad de Carabaya, región Puno, periodo 2021?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECIFICO 1</b> ¿Cuáles son las características térmicas del ambiente en la vivienda de adobe sometidas a bajas temperaturas en la localidad de Carabaya?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECIFICO 2</b> ¿Cómo se obtendrá el sistema de tuberías geotérmicas propuesto?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECIFICO 3</b> ¿Cómo se analizará el modelamiento propuesto de las tuberías geotérmicas?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECIFICO 4</b> ¿Cuál es el diseño propuesto del sistema de tuberías geotérmicas?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Diseñar un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas construidas con adobe a bajas temperaturas en la localidad de Carabaya, región Puno, periodo 2021.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 1</b> Identificar las características térmicas del ambiente en la vivienda de adobe sometidas a bajas temperaturas en la localidad de Carabaya.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 2</b> Modelar la vivienda con el sistema de tuberías geotérmicas propuesto.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 3</b> Analizar el modelamiento propuesto de las tuberías geotérmicas de acuerdo a los lineamientos de la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Ley N°26848.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECIFICO 4</b> Diseñar el sistema propuesto de tuberías geotérmicas.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b> Con el diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas disminuirán las bajas temperaturas en viviendas construidas con adobe en la localidad de Carabaya, región Puno, periodo 2021.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 1</b> Las características térmicas del ambiente en la vivienda de adobe estarán sometidas a bajas temperaturas en la localidad de Carabaya.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 2</b> Con el modelamiento de la vivienda y el sistema de tuberías geotérmicas se podrá obtener el sistema propuesto.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 3</b> La Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Ley N°26848 nos permitirá el análisis del modelamiento propuesto de las tuberías geotérmicas.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 4</b> El diseño final será un sistema propuesto de tuberías geotérmicas.</p>	<p><b>Variable independiente</b> La baja temperatura</p> <p><b>Variable dependiente</b> Sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas.</p> <p><b>Variable Interviniente</b> Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos Ley N°26848</p>	<p><b>Enfoque:</b> Mixto <b>Diseño:</b> Cuasi Experimental <b>Nivel:</b> Descriptiva-Explicativa <b>Población:</b> Las viviendas en la localidad de Carabaya. <b>Muestra:</b> Mediante los criterios de exclusión. <b>Instrumentos:</b> Observación estructurada.</p>

## ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b>  BAJA TEMPERATURA	Que padece frigidez, el concepto de frío hace referencia a la baja temperatura y a la sensación que se expresa ante dicho fenómeno. Dicho de otra forma, el frío es la ausencia total o parcial de calor.	El termómetro, calibrado y certificado.	Parámetro físico que permite medir las sensaciones térmicas.	Sensaciones de calor o frío.	Grados Celsius °C
<b>DEPENDIENTE</b>  SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS	Transferencia del calor, mediante una bomba de calor	Ensayo de Penetración Estándar (SPT).  -Termómetro con sonda.  -Tuberías.	Características y propiedades de los componentes del suelo.  Temperatura del suelo y sub suelo,  Fluido del calor	Tipos de suelos  Temperatura  Propagación del calor	Parámetros  Grados Celsius °C  Diámetro

### ANEXO 3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



Fotografía 1. Termómetro con sonda.



Fotografía 2. Calibración del termómetro con sonda en laboratorio mediante



Fotografía 3. Termómetro medición de temperatura de suelo. Certificado y calibrado.

PARAMETER		Model	Resolution	Accuracy	Range	Resolution	Accuracy	Range	Resolution	Accuracy
TEMP	°C	0.1°C	0.1°C	±0.2°C	-10 to 50	0.1°C	±0.2°C	-10 to 50	0.1°C	±0.2°C
	°F	0.1°F	0.1°F	±0.4°F	14 to 122	0.1°F	±0.4°F	14 to 122	0.1°F	±0.4°F
TDR	θ <sub>v</sub>	0.01	0.01	±0.02	0.05 to 0.95	0.01	±0.02	0.05 to 0.95	0.01	±0.02
	θ <sub>d</sub>	0.01	0.01	±0.02	0.05 to 0.95	0.01	±0.02	0.05 to 0.95	0.01	±0.02
EC	dS/m	0.01	0.01	±0.02	0.05 to 10	0.01	±0.02	0.05 to 10	0.01	±0.02
	µS/cm	1	1	±2	50 to 1,000,000	1	±2	50 to 1,000,000	1	±2
SALINITY	EC <sub>e</sub>	0.01	0.01	±0.02	0.05 to 10	0.01	±0.02	0.05 to 10	0.01	±0.02
	EC <sub>m</sub>	0.01	0.01	±0.02	0.05 to 10	0.01	±0.02	0.05 to 10	0.01	±0.02
ORP	mV	1	1	±1	-1000 to 1000	1	±1	-1000 to 1000	1	±1
	Volts	0.01	0.01	±0.02	-1.0 to 1.0	0.01	±0.02	-1.0 to 1.0	0.01	±0.02
pH	pH	0.01	0.01	±0.02	3 to 14	0.01	±0.02	3 to 14	0.01	±0.02
	Volts	0.01	0.01	±0.02	-0.2 to 0.2	0.01	±0.02	-0.2 to 0.2	0.01	±0.02
S.G.	Specific Gravity	0.001	0.001	±0.002	1.000 to 1.333	0.001	±0.002	1.000 to 1.333	0.001	±0.002
	Temperature	0.1	0.1	±0.2	-10 to 50	0.1	±0.2	-10 to 50	0.1	±0.2
Calibration	EC	1413, 1676, 2312, 2535, 2770, 3125, 3500, 3890, 4290, 4700, 5120, 5550, 5990, 6440, 6900, 7370, 7850, 8340, 8840, 9350, 9870, 10400, 10940, 11500, 12070, 12650, 13240, 13840, 14450, 15070, 15700, 16340, 16990, 17650, 18320, 19000, 19690, 20390, 21100, 21820, 22550, 23290, 24040, 24800, 25570, 26350, 27140, 27940, 28750, 29570, 30400, 31240, 32090, 32950, 33820, 34700, 35590, 36490, 37400, 38320, 39250, 40190, 41140, 42100, 43070, 44050, 45040, 46040, 47050, 48070, 49100, 50140, 51190, 52250, 53320, 54400, 55490, 56590, 57700, 58820, 59950, 61090, 62240, 63400, 64570, 65750, 66940, 68140, 69350, 70570, 71800, 73040, 74290, 75550, 76820, 78100, 79390, 80690, 82000, 83320, 84650, 86000, 87360, 88730, 90110, 91500, 92900, 94310, 95730, 97160, 98600, 100050, 101510, 102980, 104460, 105950, 107450, 108960, 110480, 112010, 113550, 115100, 116660, 118230, 119810, 121400, 123000, 124610, 126230, 127860, 129500, 131150, 132810, 134480, 136160, 137850, 139550, 141260, 142980, 144710, 146450, 148200, 150000	1413, 1676, 2312, 2535, 2770, 3125, 3500, 3890, 4290, 4700, 5120, 5550, 5990, 6440, 6900, 7370, 7850, 8340, 8840, 9350, 9870, 10400, 10940, 11500, 12070, 12650, 13240, 13840, 14450, 15070, 15700, 16340, 16990, 17650, 18320, 19000, 19690, 20390, 21100, 21820, 22550, 23290, 24040, 24800, 25570, 26350, 27140, 27940, 28750, 29570, 30400, 31240, 32090, 32950, 33820, 34700, 35590, 36490, 37400, 38320, 39250, 40190, 41140, 42100, 43070, 44050, 45040, 46040, 47050, 48070, 49100, 50140, 51190, 52250, 53320, 54400, 55490, 56590, 57700, 58820, 59950, 61090, 62240, 63400, 64570, 65750, 66940, 68140, 69350, 70570, 71800, 73040, 74290, 75550, 76820, 78100, 79390, 80690, 82000, 83320, 84650, 86000, 87360, 88730, 90110, 91500, 92900, 94310, 95730, 97160, 98600, 100050, 101510, 102980, 104460, 105950, 107450, 108960, 110480, 112010, 113550, 115100, 116660, 118230, 119810, 121400, 123000, 124610, 126230, 127860, 129500, 131150, 132810, 134480, 136160, 137850, 139550, 141260, 142980, 144710, 146450, 148200, 150000							
	pH	4.01, 7.00, 10.01	4.01, 7.00, 10.01	±0.02	3 to 14	4.01, 7.00, 10.01	±0.02	3 to 14	4.01, 7.00, 10.01	±0.02
Waterproof Level	IP67	IP67	IP67	IP67	IP67	IP67	IP67	IP67	IP67	IP67
	Operation Environment	0 to 50°C	0 to 50°C	±0.2	-10 to 50	0 to 50°C	±0.2	-10 to 50	0 to 50°C	±0.2
TDR Factor	θ <sub>v</sub>	0.8	0.8	±0.02	0.05 to 0.95	0.8	±0.02	0.05 to 0.95	0.8	±0.02
	θ <sub>d</sub>	0.8	0.8	±0.02	0.05 to 0.95	0.8	±0.02	0.05 to 0.95	0.8	±0.02
Temperature Range	°C	-10 to 50	-10 to 50	±0.2	-10 to 50	-10 to 50	±0.2	-10 to 50	-10 to 50	±0.2
	°F	14 to 122	14 to 122	±0.4	14 to 122	14 to 122	±0.4	14 to 122	14 to 122	±0.4
Battery	Capacity	1000mAh	1000mAh	±10%	1000mAh	1000mAh	±10%	1000mAh	1000mAh	±10%
	Life	1000 cycles	1000 cycles	±10%	1000 cycles	1000 cycles	±10%	1000 cycles	1000 cycles	±10%
Display	Type	LCD	LCD	1.14 inch	1.14 inch	LCD	1.14 inch	1.14 inch	LCD	1.14 inch
	Resolution	128 x 160	128 x 160	128 x 160	128 x 160	128 x 160	128 x 160	128 x 160	128 x 160	128 x 160

Fotografía 4. Certificación de calidad de termómetro.



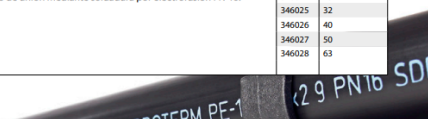
Fotografía 5. Termómetro para la medición de temperatura ambiente, calibrado y certificado mediante en laboratorio.

### Especificaciones técnicas consideradas para el diseño de sistema de climatización:

Uso de catálogo de Sistema de geotermia – Ferrosystems

Disponible en: <https://www.ferrosystems.com> › sites › productos

UNIÓN "Y" PARA SONDAS VERTICALES DOBLES			
	Descripción	Código	Ø (mm)
	Unión Y electrosoldable para unión de idas y retornos en sondas verticales dobles. PN-16.	246031 246032	32 40
FIJADOR PARA SONDAS HORIZONTALES			
	Descripción	Código	Ø (mm)
	Elemento para fijar, clavándose en el terreno, la posición de las sondas que forman los circuitos de captación horizontal.	346005 346006 346007	25 32 40
	MANGUITO UNIÓN ELECTROSOLDABLE		
	Descripción	Código	Ø Tubo (mm)
	Manguito de unión mediante soldadura por electrosusión PN-16.	346024 346025 346026 346027 346028	25 32 40 50 63





SONDA VERTICAL GEOTERMIA PE-100 SIMPLE					
Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Long. sonda (m)	Peso (Kg)
246001	2	40	3,7	80	65
246002	2	40	3,7	100	84
246003	2	40	3,7	125	105
246004	2	40	3,7	150	126

SONDA VERTICAL GEOTERMIA PE-100 DOBLE					
Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Long. sonda (m)	Peso (Kg)
246005	4	32	2,9	80	87
246006	4	32	2,9	100	109
246007	4	32	2,9	125	136
246008	4	32	2,9	150	163
246009	4	40	3,7	80	136
246010	4	40	3,7	100	168
246011	4	40	3,7	125	210
246012	4	40	3,7	150	252

### Características polietileno alta densidad (PE-100) FERROTHERM

- Soporta temperaturas habituales de trabajo de 45°C y puntuales de hasta 80°C.
- Resistencia a presiones elevadas.
- Larga duración.
- No le afecta la corrosión ni la erosión.
- Ligereza.
- Flexibilidad.
- Mínimas pérdidas de carga.
- No se producen adherencias e incrustaciones.
- Máxima estanqueidad e impermeabilización.
- Soporta agua glicolada.

Propiedades polietileno alta densidad (PE-100) FERROTHERM		
Densidad media	>0,95	gr/cm <sup>3</sup>
Coefficiente de dilatación térmica lineal	0,22	mm/m°C
Conductividad térmica	0,40	Kcal/h m°C
Contenido en negro de carbono	2-2,5	%
Dispersión negro de carbono	≤ grado 3	
Contenido en materias volátiles	<350	mg/Kg
Contenido en agua	<300	mg/Kg
Módulo de elasticidad a corto plazo	1.000-1.200	MPa
Módulo de elasticidad a largo plazo	160	MPa
Tensión de diseño (σ)	8,0	Mpa
Coefficiente de seguridad C mín.	1,25	
Coefficiente de Poisson (ν)	0,4	
Constante dieléctrica	2,5	
Rugosidad hidráulica	0,007	mm
Temperatura máxima de uso	45	°C

### 04.2 Tubos de inyección

Tubo de polietileno de alta densidad PE-100 negro con banda verde. Para la inyección de material de relleno en pozos de captación geotérmica vertical.




TUBO DE INYECCIÓN PE					
Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	Peso (Kg)
246020	1	25	2,0	80	12
246021	1	25	2,0	100	15
246022	1	25	2,0	125	19
246023	1	25	2,0	150	23
246024	1	32	2,0	80	15
246025	1	32	2,0	100	19
246026	1	32	2,0	125	24
246027	1	32	2,0	150	29

### 04.3 Tubos para conexiones

Tubo de polietileno de alta densidad PE-100 negro con banda azul. Fabricado según las exigencias y criterios de la norma UNE EN 12201, con una resistencia nominal a presión interna de 16 bar. Para la realización de conexiones entre los elementos de la instalación.

TUBO PARA CONEXIONES PE-100					
Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	Peso (Kg)
246028	1	40	3,7	100	44
246029	1	50	4,5	100	67
246030	1	63	5,8	50	53

### 04.5 Accesorios

PESO PARA SONDAS VERTICALES			
	Descripción	Código	Peso (Kg)
	Lastres para la introducción de sondas verticales en los pozos. El peso de 25 Kg se compone de dos pesos de 12,5 Kg y un mecanismo de unión entre ambos. Se conectan a las sondas mediante los kits de conexión.	346001	12,5
	Descripción	Código	Ø Sonda (mm)
	El kit de conexión para sondas de diámetro 32 incluye un soporte roscado y un tornillo hexagonal M8 x 100 mm, una tuerca hexagonal y una arandela de presión. El kit de conexión para sondas de diámetro 40 incluye un soporte roscado, un tornillo hexagonal M8 x 50 mm (para las sondas simples), un tornillo M8 x 110 mm (para las sondas dobles), una tuerca hexagonal y una arandela de presión.	346014	32
	Descripción	Código	Ø Sonda (mm)
	Elemento que mejora el intercambiador geotérmico, manteniendo la distancia entre los tubos de las sondas. Dispone de paso en el centro para el tubo de inyección.	246032	40

## Calidad y garantías

Plásticos Ferro garantiza su Sistema de Geotermia FERROTHERM contra cualquier defecto de fabricación en cualquier país del mundo (excepto USA y Canadá) por un periodo de DIEZ AÑOS a partir de la fecha de suministro. Plásticos Ferro, mediante Póliza de Responsabilidad Civil, garantiza los eventuales daños que los sistemas de tubos y accesorios defectuosos pudieran ocasionar a terceros, hasta un máximo de TRES MILLONES DE EUROS.

Las tuberías de polietileno PE-100 de las sondas geotérmicas FERROTHERM se fabrican según las exigencias y criterios de la norma UNE EN 12201, controlándose su calidad de manera continua mediante la realización de los ensayos señalados en la normativa correspondiente.

Los pies de sonda utilizados en los sistemas de captación vertical FERROTHERM están certificados por SKZ siguiendo la directiva HR 3.26. 2009-01.

La totalidad de las sondas geotérmicas FERROTHERM son testadas en fábrica, una vez finalizado el proceso productivo, y periódicamente son sometidas a ensayos según DVS-2202-1 y DVS-2203-6.

Todos los datos relativos a la soldadura quedan recogidos en la etiqueta que se adhiere en cada captador vertical, se registran en el Certificado de Garantía de cada instalación y son archivadas por el Departamento de Calidad, garantizando una completa trazabilidad.





# ANEXO 4. DOCUMENTOS TÉCNICOS DE RESULTADOS



**G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**  
G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR



## REGISTRO DE SONDEOS EN SUELOS

### GUIA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC E IOI

TESIS	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO – 2021	Registro N°	: T_UCV_SCH_RC-11/21-001-G&C
		Fecha	: 05 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO			
PROCEDECENCIA	: SUELO NATURAL	Bach. I.C. SAMUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURA	COORDENADAS
PROSPECCION	: SPT - 01	SOLICITANTE : Bach. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CATAACOTA JUÑO	ESTE : 348176
N° DE ESTRATOS	: 05		NORTE : 8443789
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 2.00 m.		COTA : 4377 m.s.n.m.

PROF. (m)	h Estrato (m)	Esc. Graf.	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	DESIGNACION		SIMBOLOGIA	
						SUCS	AASHTO	SUCS	AASHTO
0.10	0.10		M-1	CL A-7-6 (14)	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de N° 8, contiene 33 % de arena gruesa a fina y 67 % de finos (L.L.=46, L.P.=24 e I.P.=22), con un contenido de humedad de 25.7 %.	CL	A-7-6 (14)		
					OBS: Presencia de COBERTURA VEGETAL				
0.20	0.50		M-2	SM A-6 (2)	Arena limosa, contiene 1.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicomacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/4 in, contiene 56.5 % de arena gruesa a fina y 42.4 % de finos (L.L.=37, L.P.=25 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 11.6 %.	SM	A-6 (2)		
0.70	0.40		M-3	SM A-1-a (0)	Arena limosa con grava, contiene 28.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicomacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4 in, contiene 58.7 % de arena gruesa a fina y 12.6 % de finos (L.L.=NP, L.P.=NP e I.P.=NP), con un contenido de humedad de 13.7 %.	SM	A-1-a (0)		
1.10	0.20		M-4	SM A-1-b (0)	Arena limosa con grava, contiene 24.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicomacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1 in, contiene 60.4 % de arena gruesa a fina y 15.4 % de finos (L.L.=NP, L.P.=NP e I.P.=NP), con un contenido de humedad de 9.2 %.	SM	A-1-b (0)		
1.30	0.70		M-5	SP-SM A-1-a (0)	Arena pobremente gradada con limo y grava, contiene 35.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicomacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1 1/2 in, contiene 52.9 % de arena gruesa a fina y 11.7 % de finos (L.L.=NP, L.P.=NP e I.P.=NP), con un contenido de humedad de 10.1 %.	SP-SM	A-1-a (0)		
2.00					OBS:				

OBSERVACIONES : LA PUEBA FUE REALIZADA POR EL PERSONAL TECNICO DEL LABORATORIO Y ESTE TRABAJO FUE VERIFICADO POR LOS TESISISTAS.

TIPO DE MUESTRA MAB: muestra alterada en bolsa MAS: muestra alterada en saco MB: muestra insitilizada en bloque MT: muestra insitilizada en tubo

### PANEL FOTOGRAFICO





# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

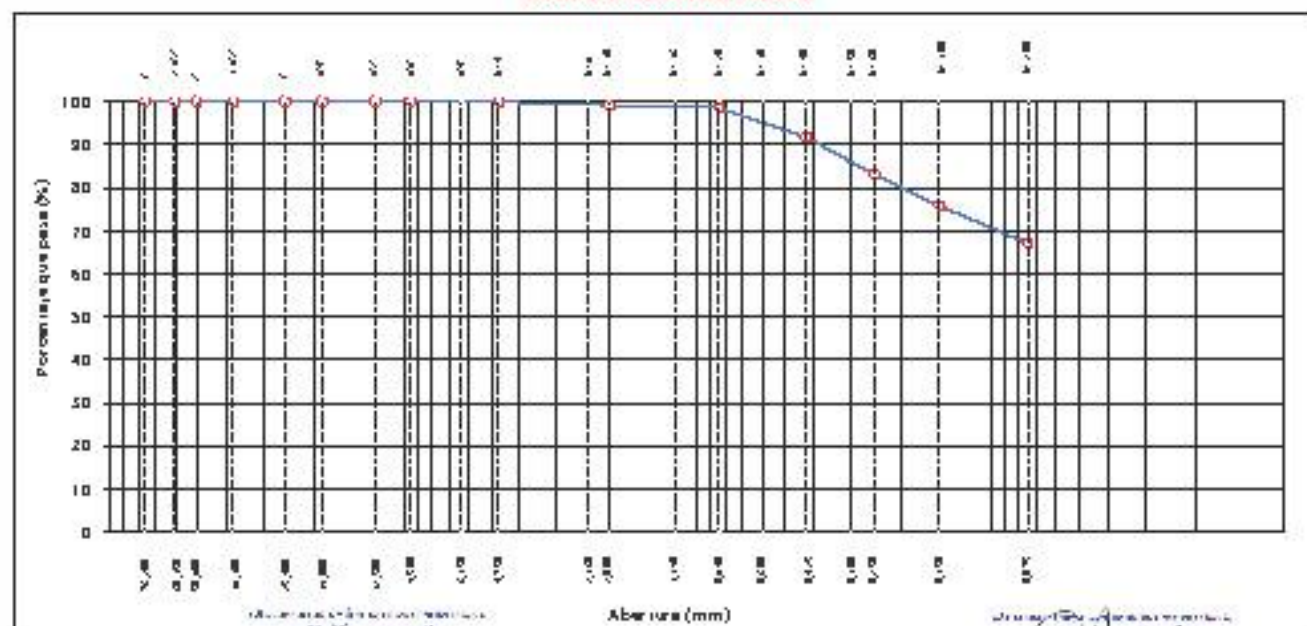
OBRA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	: T-001-2018-01121-002-G&C
		Fecha	: 03 de Noviembre del 2021

## DATOS GENERALES

UBICACIÓN	LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	SEÑ. I.C. SAUL DEL ROSARIO CHOQUEHUANCA CHUFA
PROSPECCIÓN	SPT - 01	TAMANO MÁXIMO	Nº 8
MUESTRA	M - 01	NIVEL FREÁTICO	N.E.
PROFUND.	0.10 - 0.20 m.	COORDENADAS	ESTE : 398176 NORTE : 8443789 COTA : 4377 m.s.n.m.

TAMIZ	DIÁMETRO D (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	EXPLICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D600 - D610 - D612 - D622 - D682)
10 in	254.000						Masa Inicial seco : 54.5gr.
6 in	152.400						Masa Global : 54.5gr.
5 in	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
4 in	101.600						Contenido de Humedad (%): 25.7
3 in	76.200						TAMANO MÁXIMO: Nº 8
2 1/2 in	60.350						Límite Líquido (LL): 46.00
2 in	50.800						Límite Plástico (LP): 24.00
1 1/2 in	38.100						Índice Plástico (IP): 22.00
1 in	25.400						Clasificación (SUCS): CL
3/4 in	19.000						Clasificación (AASHTO): A-7-6 (14)
1/2 in	12.500						Índice de Consistencia: 0.92
3/8 in	9.500						DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in	6.350						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 4	4.750						Descripción (SUCS): Arcilla arenosa de baja plasticidad
Nº 8	2.360				100.00		Materia Orgánica:
Nº 10	2.000	0.46	0.84	0.84	99.16		Turba: -
Nº 16	1.190						CU: 0.000 CC: 0.000
Nº 20	0.840	0.30	0.55	1.40	98.60		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº 30	0.600						Grava > 2": 0.00
Nº 40	0.425	3.71	6.81	8.20	91.80		Grava 2" - Nº 4: 0.00
Nº 50	0.300						Arena Nº 4 - Nº 200: 32.97
Nº 60	0.250	4.75	9.72	16.92	83.08		Finos < Nº 200: 67.03
Nº 100	0.150	3.92	7.20	24.12	75.88		200" 0.0%
Nº 200	0.075	4.82	9.85	32.97	67.03		
< Nº 200	RONDO	36.52	67.03	100.00			

## CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS Y DATOS SON PARA PROPÓSITOS DE ESTUDIO.

**LMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

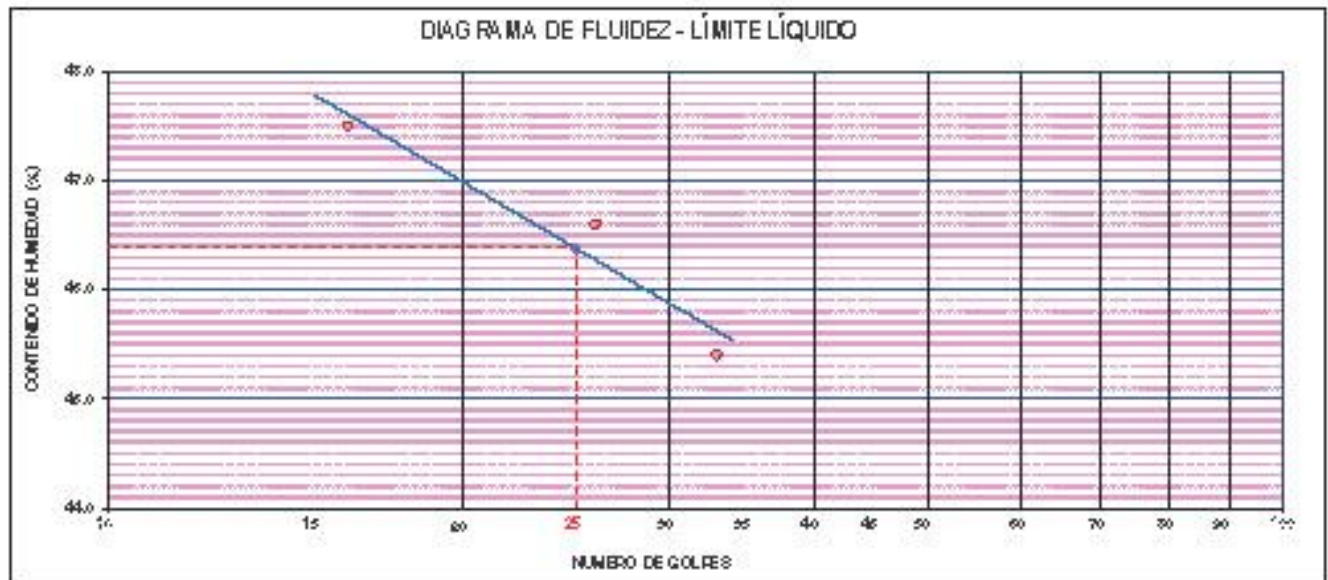
**STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)**

OBRA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE FUERZAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ABOGE A BAJAS TEMPERATURAS, CARRASAYA, PUÑO - 2021	Registro N°	: TUCOY_SCP_RC-1121-002-G&C
		Fecha	: 03 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: LOCALIDAD DE MACUZANI, DISTRITO DE MACUZANI, PROVINCIA DE CARRASAYA, REGION PUÑO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Sr. I.C. RAFAEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURRA
PROSPECCIÓN	: SP - 01		: Sr. I.C. RAISMA ESTEFANÍA CATAOYA JUÑO
MUESTRA	: 4 - 01	TAMAÑO MÁXIMO	: 4" Ø
PROPUND.	: 0.10 - 0.20 m.	NIVEL FREÁTICO	: 4.1.
		COORDENADAS	
		ESTE	: 448174
		NORTE	: 944879
		COTA	: 4877 m.s.n.m.

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nº. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03	
MASA DE LA TARA	[g]	45.94	45.92	45.91	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	62.05	61.59	61.50	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	56.80	56.61	56.60	
MASA DE AGUA	[g]	5.22	4.98	4.87	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	10.99	10.69	10.72	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	47.50	46.60	45.40	
NÚMERO DE GOLPES	n°	16	26	33	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nº. DE TARA		LC - 04	LC - 05		
MASA DE LA TARA	[g]	46.94	47.87		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	50.68	51.18		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.95	50.54		
MASA DE AGUA	[g]	0.73	0.64		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	0.01	2.67		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.30	24.00		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	46.00
LÍMITE PLÁSTICO	24.00
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	22.00

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Sr. I.C. RAFAEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURRA  
 OPERADOR DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 DE LAS ROCAS INGS S.A.C.

Sr. I.C. RAISMA ESTEFANÍA CATAOYA JUÑO  
 OPERADOR DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 DE LAS ROCAS INGS S.A.C.



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 08)

OBRA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	: T_001_001_RC-11/21-002-G&C
		Fecha	: 05 de noviembre del 2021

### DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SO LICITANTE :	SO LICITANTE : Sra. I.C. SAHUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURA
PROSPECCIÓN	: SP1 - 01		Sra. I.C. KAISHA ESTEFANÍA CAPACOTA JUÑO
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO :	4" Ø
PROFUND.	: 0.10 - 0.20 m.	NIVEL PRÁCTICO :	4.E.
		COORDENADAS	
		ESTE	: 343176
		NORTE	: 3443739
		COTA	: 4377 m.s.n.m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH-01	CH-02	CH-03
Masa Tara	[g]	70.72	72.20	78.94
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	466.00	596.82	589.15
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	585.01	529.04	526.82
Masa Agua	[g]	80.99	67.46	62.00
Masa Suelo Seco	[g]	514.59	257.14	247.88
Contenido de Humedad	[g]	25.74	26.24	25.15
PROMEDIO	(%)	25.7		

#### Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

www.gandc.com.pe  
  
 Sra. I.C. SAHUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURA  
 Sra. I.C. KAISHA ESTEFANÍA CAPACOTA JUÑO

www.gandc.com.pe  
  
 Sra. I.C. KAISHA ESTEFANÍA CAPACOTA JUÑO  
 Sra. I.C. KAISHA ESTEFANÍA CAPACOTA JUÑO

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

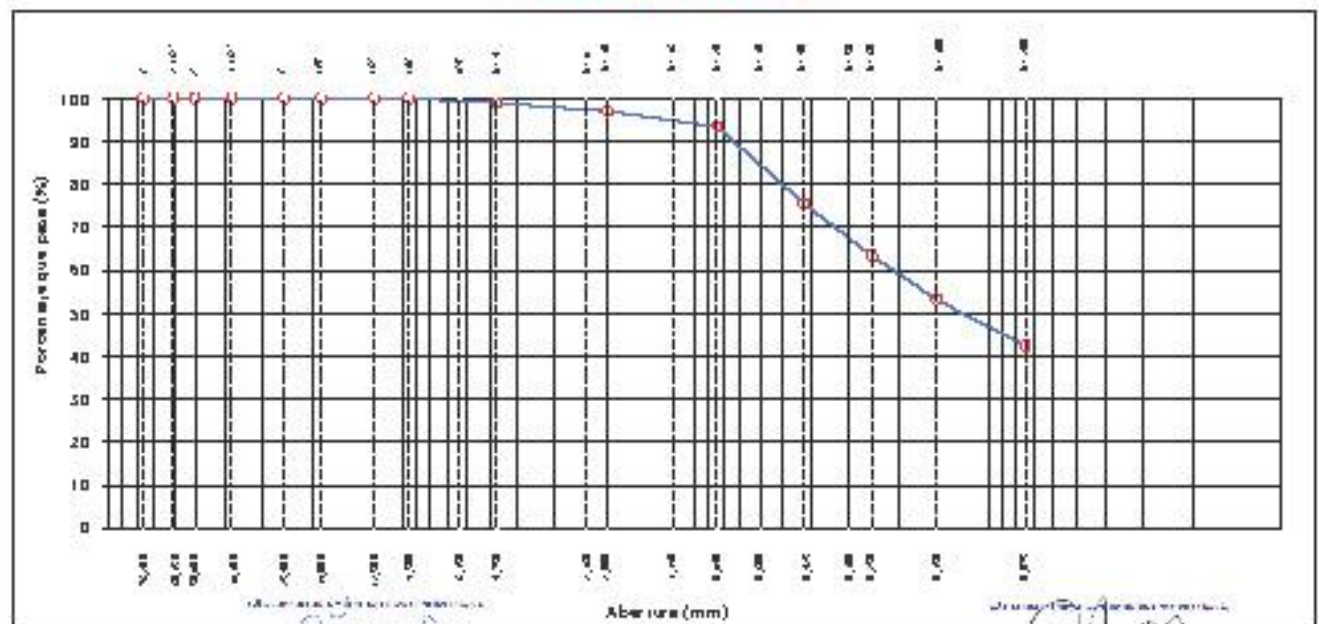
TESTES	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	: T.U.O./S.O./R.C/11/21-003-G&C
		Fecha	: 03 de Noviembre del 2021

**DATOS GENERALES**

UBICACIÓN : LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO		COORDENADAS	
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Sra. I.C. SANDY ELIZABETH CHIQUEHUANCA CHURRA	ESTE	: 398176
PROSPECCIÓN : SPT - 01	Sra. I.C. KATINA ESPERANZA CATACORA JURO	NORTE	: 8043789
MUESTRA : M - 02	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in	COTA	: 4377 m.s.n.m.
PROFUND. : 0.20 - 0.70 m.	NIVEL FREÁTICO : N.E.		

TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D <sub>15</sub> - D <sub>30</sub> - D <sub>60</sub> - D <sub>75</sub> - D <sub>100</sub> - D <sub>200</sub> - D <sub>250</sub> )	
10 in	254.000						Masa total seco : 114.2gr. Masa Global : 114.2gr.	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO								
6 in	152.400						Contenido de Humedad (%): 11.6	
5 in	127.000						TAMANO MÁXIMO : 1/4 in	
4 in	101.600						Limite Líquido (LL): 37.00	
3 in	76.200						Limite Plástico (LP): 25.00	
2 1/2 in	63.500						Indice Plástico (IP): 12.00	
2 in	50.800						Clasificación (SUCS): SM	
1 1/2 in	38.100						Clasificación (AASHTO): A-6 (2)	
1 in	25.400						Indice de Consistencia: 2.12	
3/4 in	19.000						DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
1/2 in	12.500						Descripción (AASHTO): MALO	
3/8 in	9.500						Descripción (SUCS): Arena limosa	
1/4 in	6.350				100.00		Materia Orgánica: -	
Nº4	4.750	1.20	1.05	1.05	98.95		Turba: -	
Nº8	2.360						CU: 0.000 CC: 0.000	
Nº10	2.000	2.14	1.87	2.93	97.07		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS	
Nº16	1.190						Grava > 2": 0.00	
Nº20	0.840	4.15	3.64	6.56	93.44		Grava 2" - Nº4: 1.05	
Nº30	0.600						Arena Nº4 - Nº 200: 96.51	
Nº40	0.425	20.51	17.97	24.83	75.47		Fines < Nº200: 42.44	
Nº50	0.300						<<#8": 0.0%	
Nº60	0.250	13.91	12.10	36.82	63.38			
Nº100	0.150	11.69	10.24	46.86	53.14			
Nº200	0.075	12.21	10.70	57.55	42.44			
< Nº200	RONDO	48.45	42.44	100.00				

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Observaciones: LAS MUESTRAS Y ENSAYOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

*[Handwritten signature]*  
 Ing. [Name]  
 Responsable del Estudio

*[Handwritten signature]*  
 Ing. [Name]  
 Responsable del Laboratorio



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

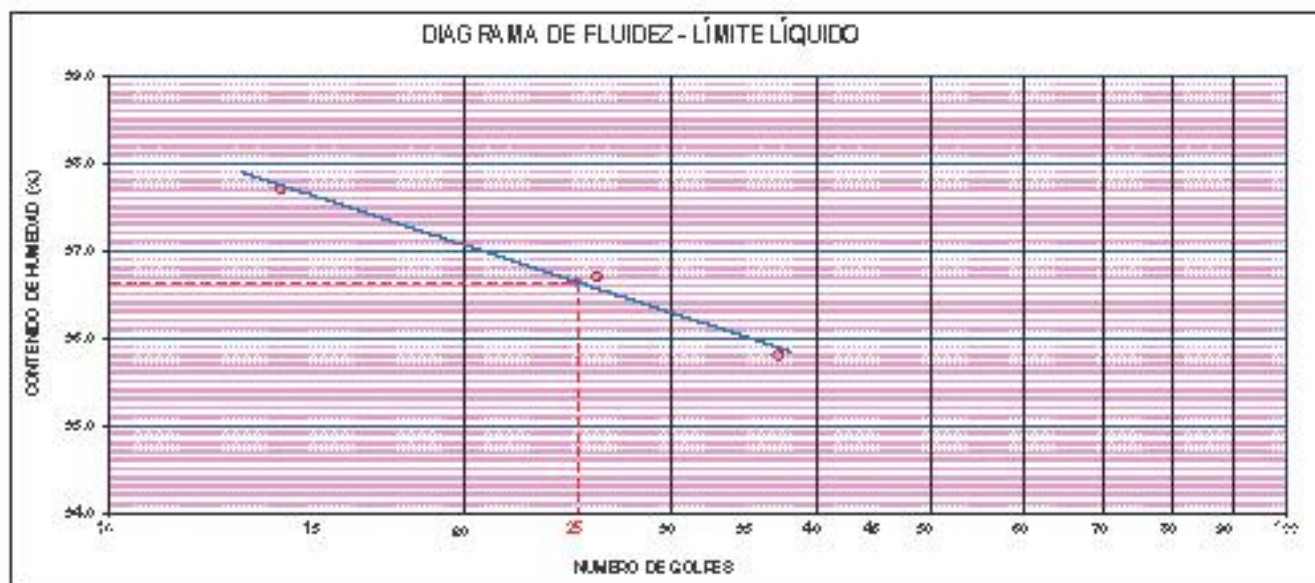
**STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)**

TESIS	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	: T-UCV-SCH-PC-1121-003-G&C
		Fecha	: 03 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: LOCALIDAD DE MACUZANI, DISTRITO DE MACUZANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Ing. I.C. SAMUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHUCA
PROSPECCIÓN	: SP - 01		: Ing. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CAYACOTA JUÑO
MUESTRA	: M - 02	TAMAÑO MÁXIMO	: 1/4"
PROFUND.	: 0.20 - 0.70 m.	NIVEL FREÁTICO	: N.L.
		COORDENADAS	
		ESTE	: 143176
		NORTE	: 948789
		COTA	: 4877 m.s.n.m.

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
N° DE TARA	n°	LC - 06	LC - 07	LC - 08	
MASA DE LA TARA	[g]	46.80	46.96	42.96	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	66.00	66.41	63.15	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	60.75	60.92	57.82	
MASA DE AGUA	[g]	5.25	5.49	5.33	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	15.92	14.97	14.87	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	37.70	36.70	35.80	
NÚMERO DE GOLPES	n°	14	25	37	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
N° DE TARA		LC - 09	LC - 10		
MASA DE LA TARA	[g]	46.09	49.02		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	49.70	51.99		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.05	51.40		
MASA DE AGUA	[g]	0.65	0.59		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.66	2.58		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	24.40	24.90		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	37.00
LÍMITE PLÁSTICO	25.00
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12.00

Ing. Samuel Edison Choquehuanca Chuca  
 Responsable del Estudio

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Ing. Raisha Estefanía Cayacota Juño  
 Responsable del Estudio



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - B)**

<b>TESIS</b>	Registro N° : TUCV_SOP_RC-1121-003-G&C Fecha : 05 de noviembre del 2021
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE PUEBRIAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOSADO A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO			
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Sr. S. I.C. SAMUEL EDSON CHOQUEHUANCA CHURA	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PROSPECCIÓN</b> : SPT - 01	<b>SOLICITANTE</b> : Sr. S. I.C. RAISHA ESTERHIA CATACOTA JURO	<b>ESTE</b> : 748176	
<b>MUESTRA</b> : M - 02	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/4"	<b>NORTE</b> : 8443789	
<b>PROFUND.</b> : 0.20 - 0.70 m.	<b>NIVEL PRÁCTICO</b> : 4.1.	<b>COTA</b> : 4277 m.s.n.m.	

N° DE ENSAYOS	1	2	3
MP Tara	CH - 01	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	71.40	72.05	74.90
Masa Tara + Suelo Humedo	415.86	365.05	345.38
Masa Tara + Suelo Seco	379.09	325.81	318.05
Masa Agua	36.47	29.84	27.33
Masa Suelo Seco	307.96	253.76	240.12
Contenido de Humedad	11.84	11.84	11.24
<b>PROMEDIO</b>	<b>(%) 11.6</b>		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

---



---

Sr. S. I.C. SAMUEL EDSON CHOQUEHUANCA CHURA  
 S. I. C.

Sr. S. I.C. RAISHA ESTERHIA CATACOTA JURO  
 S. I. C.

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

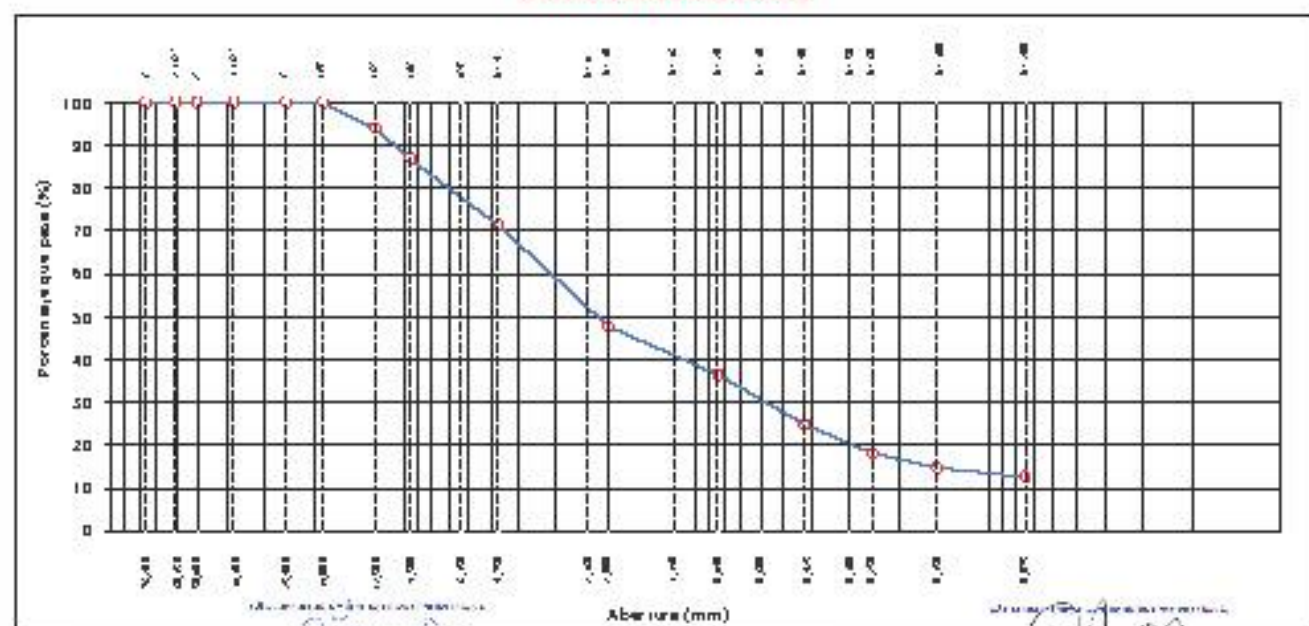
TESIS	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	: T-001-SOIL-01171-00-G&C
		Fecha	: 03 de Noviembre del 2021

## DATOS GENERALES

UBICACIÓN	LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Esc. I.C. SAHUEL EBISO H CHOQUEMAYANCA CHURRA
PROSPECCIÓN	SPT - 01		Esc. I.C. RAISHA ESPERANZA CATACAYAJUÑO
MUESTRA	M - 03	TAMANO MÁXIMO	: 3/4 in
PROFUND.	: 0.70 - 1.10 m.	NIVEL FREÁTICO	: N.E.
		COORDENADAS	
		ESTE	: 348176
		NORTE	: 8443789
		COTA	: 4377 m.s.n.m.

TAMIZ	ÁMBITO (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCIÓN	ENLACE ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D600 - D620 - D630 - D640 - D650 - D660 - D670)
10 in	254.000						Masa Inicial seco : 379.7 gr.
6 in	152.400						Masa Global : 379.7 gr.
5 in	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
4 in	101.600						Contenido de Humedad (%): 13.7
3 in	76.200						TAMUÑO MÁXIMO : 3/4 in
2 1/2 in	60.350						Límite Líquido (LL): NP
2 in	50.800						Límite Plástico (LP): NP
1 1/2 in	38.100						Índice Plástico (IP): NP
1 in	25.400						Clasificación (SUCS): SM
3/4 in	19.000				100.00		Clasificación (AASHTO): A-1-a (0)
1/2 in	12.500	22.74	5.99	5.99	94.01		Índice de Construcción: NP
3/8 in	9.500	27.08	7.13	13.12	96.88		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in	6.350						Descripción (AASHTO): BUENO
Nº4	4.750	59.13	15.57	28.69	71.31		Descripción (SUCS): Arena limosa con grava
Nº8	2.360						Materia Orgánica: -
Nº10	2.000	89.52	23.59	52.27	47.73		Turbas: -
Nº16	1.190						CU: 0.000 CC: 0.000
Nº20	0.840	42.99	11.32	63.59	36.41		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº30	0.600						Grava > 2": 0.00
Nº40	0.425	44.18	11.64	75.23	24.77		Grava 2" - Nº4: 28.69
Nº60	0.250	25.22	6.64	81.87	18.13		Arena Nº4 - Nº 200: 59.71
Nº80	0.180	13.06	3.44	85.31	14.69		Fines < Nº200: 12.59
Nº100	0.150	7.96	2.10	87.41	12.59		< 0.075"
Nº200	0.075	47.82	12.59	100.00			0.0%
< Nº200	RONDO						

## CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS SE SON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

*[Signature]*  
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
CALLE DE LAS ROCAS N° 1000  
PUNO - PERÚ

*[Signature]*  
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
CALLE DE LAS ROCAS N° 1000  
PUNO - PERÚ



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

**STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)**

TITULO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE FIBERIAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CAYASHA, PUNO - 2021	Registro N°	: T-001_2018-1121-00-G&C
		Fecha	: 05 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: LOCALIDAD DE MACUZANI, DISTRITO DE MACUZANI, PROVINCIA DE CAYASHA, REGION PUNO		
PROVENIENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Srta. I.C. SAMUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURRA
PROSPECCIÓN	: C - 01		: Srta. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CAYACOTA JUÑO
MUESTRA	: M - 03	TAMANO MÁXIMO	: 3/4"
PROFUND.	: 0.70 - 1.10 m.	NIVEL FREÁTICO	: 4.1.
		COORDENADAS	
		ESTE	: 3 481 76
		NORTE	: 9448 799
		COTA	: 4877 m.s.n.m.

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nº. DE TARA	nº			
MASA DE LA TARA	[g]			
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]		<b>NP</b>	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]			
MASA DE AGUA	[g]			
MASA DEL SUELO SECO	[g]			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
NUMERO DE GOLPES	nº			

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nº. DE TARA				
MASA DE LA TARA	[g]			
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]		<b>NP</b>	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]			
MASA DE AGUA	[g]			
MASA DEL SUELO SECO	[g]			
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	NP	NP	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Srta. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CAYACOTA JUÑO  
 RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Srta. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CAYACOTA JUÑO  
 RESPONSABLE DEL ESTUDIO

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 9)

<b>TÍTULO</b>	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE FUERIAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUÑO - 2021	<b>Registro Nº</b>	:T_009_001_00-11/21-00-500
		<b>Fecha</b>	: 05 de noviembre del 2021

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUÑO			
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Sra. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CAFACOTA JUÑO	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PROSPECCIÓN</b> : C - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 3/4"	<b>ESTE</b>	: 748176
<b>MUESTRA</b> : M - 03	<b>NIVEL PRÁCTICO</b> : 4.E.	<b>NORTE</b>	: 8443739
<b>PROFUND.</b> : 0.70 - 1.10 m.		<b>COTA</b>	: 4377 m.s.n.m.

Nº DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara		CH-07	CH-08	CH-09
Masa Tara	[g]	69.50	76.94	69.92
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	429.06	580.81	411.00
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	386.85	546.08	369.00
Masa Agua	[g]	42.50	57.40	41.75
Masa Suelo Seco	[g]	317.06	289.44	300.08
Contenido de Humedad	[g]	13.59	13.89	13.89
<b>PROMEDIO</b>	(%)	13.7		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

RAISHA ESTEFANÍA CAFACOTA JUÑO  
 CLIENTE

JUAN CARLOS RODRÍGUEZ  
 RESPONSABLE DEL ESTUDIO



# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

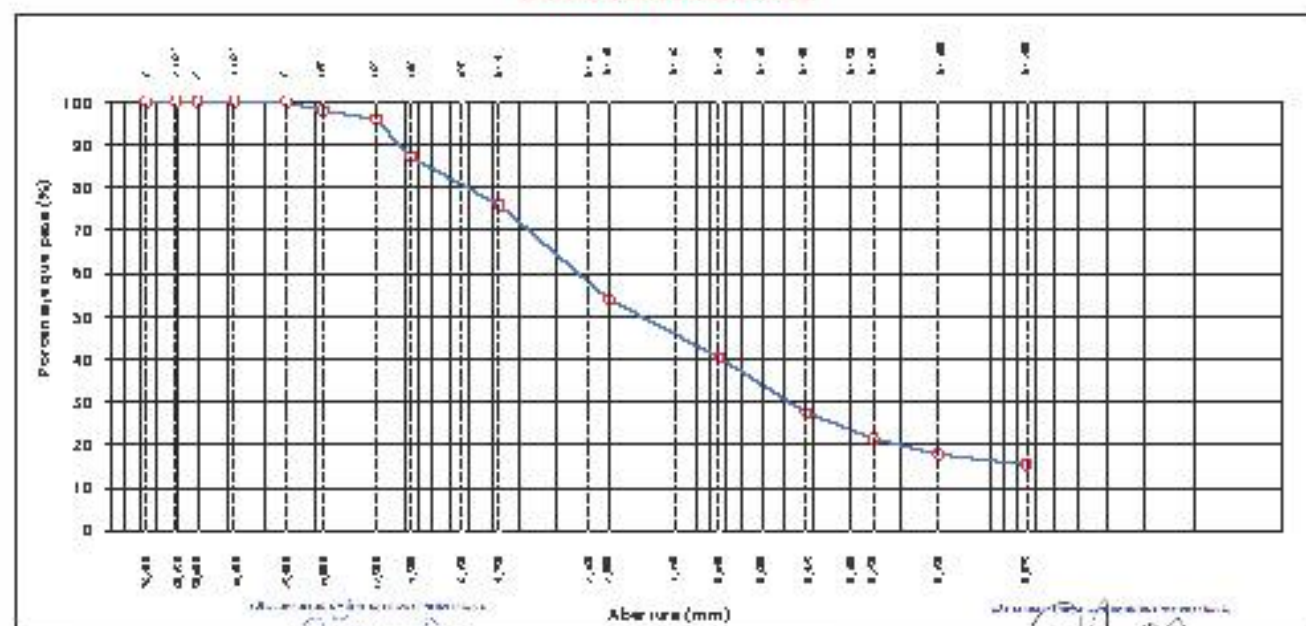
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	: TUCO_S0130-1121-005-66C
		Fecha	: 03 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO			
PROCEGENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE :	COORDENADAS	
PROSPECCIÓN : SPT - 01	Ing. J.C. SANCHEZ BUSTOZA CHOCQUEMAYANCA CHURRA	ESTE	: 3498176
MUESTRA : M - 04	TAMANO MÁXIMO : 1 in	NORTE	: 8443789
PROFUND. : 1.10 - 1.30 m.	NIVEL FREÁTICO : N.E.	COTA	: 4377 m.s.n.m.

TAMIZ	CANTIDAD (mg)	RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D200 - D2016 - D1512 - D6922 - D6927)
10 in	254.000						
6 in	152.400						Masa Inicial seco : 411.1gr.
5 in	127.000						Masa Global : 411.1gr.
4 in	101.800						CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SUELO
3 in	76.200						Contenido de Humedad (%): 9.2
2 1/2 in	60.350						TAMANO MÁXIMO : 1 in
2 in	50.800						Límite Líquido (LL): NP
1 1/2 in	38.100						Límite Plástico (LP): NP
1 in	25.400				100.00		Índice de Plasticidad (PI): NP
3/4 in	19.000	8.37	2.04	2.04	97.96		Clasificación (SUCS): SM
1/2 in	12.500	8.14	1.98	4.02	95.98		Clasificación (AASHTO): A-1-b (0)
3/8 in	9.500	36.18	8.80	12.82	87.18		Índice de Consistencia: NP
1/4 in	6.350						DESCRIPCIÓN DEL SUELO
Nº4	4.750	46.44	11.30	24.11	75.89		Descriptión (AASHTO): BUEND
Nº8	2.360						Descriptión (SUCS): Arena limosa con grava
Nº10	2.000	90.30	21.97	46.08	53.92		
Nº16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº20	0.840	55.83	13.58	59.66	40.34		Turba : -
Nº30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº40	0.425	52.85	12.86	72.52	27.48		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº50	0.300						Grava > 2' : 0.00
Nº60	0.250	24.46	5.96	78.47	21.53		Grava 2' - Nº4 : 24.11
Nº100	0.150	15.52	3.78	82.24	17.76		Arena Nº4 - Nº 200 : 60.44
Nº200	0.075	9.51	2.31	84.56	15.44		Fines < Nº200 : 15.44
< Nº200	RONDO	63.49	15.44	100.00			200" : 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: LAS MUESTRAS Y RESULTADOS SON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

*[Signature]*  
 Ing. J.C. SANCHEZ BUSTOZA  
 CHOCQUEMAYANCA CHURRA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES

*[Signature]*  
 Ing. J.C. SANCHEZ BUSTOZA  
 CHOCQUEMAYANCA CHURRA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES

**LMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

**STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e0)**

<b>TESIS</b>	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	<b>Registro N°</b> : T-001-2019-1121-005-G&C
		<b>Fecha</b> : 03 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Srta. I.C. SAMUEL EDISON CHOQUEMARCA CHIFA
<b>PROSECCIÓN</b>	C - 01	Srta. I.C. RAISMA ESTEFANÍA CATAOYA JURO
<b>MUESTRA</b>	M - 04	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1"
<b>PROFUND.</b>	1.10 - 1.30 m.	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 4.2.
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> : 748176
		<b>NORTE</b> : 948789
		<b>COTA</b> : 4877 m.s.n.m.

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e0)					
<b>N° DE TARA</b>	n°				
<b>MASA DE LA TARA</b>	[g]				
<b>MASA TARA + SUELO HUMEDO</b>	[g]		<b>NP</b>		
<b>MASA TARA + SUELO SECO</b>	[g]				
<b>MASA DE AGUA</b>	[g]				
<b>MASA DEL SUELO SECO</b>	[g]				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)				
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°				

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e0)					
<b>N° DE TARA</b>					
<b>MASA DE LA TARA</b>	[g]				
<b>MASA TARA + SUELO HUMEDO</b>	[g]		<b>NP</b>		
<b>MASA TARA + SUELO SECO</b>	[g]				
<b>MASA DE AGUA</b>	[g]				
<b>MASA DEL SUELO SECO</b>	[g]				
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	NP	NP		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES
<p>LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.</p> <p style="text-align: center;">                   Srta. I.C. RAISMA ESTEFANÍA CATAOYA JURO                  INGENIERA DE GEOTECNIA                  G&amp;C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.                  PUNO - PERU             </p>

Srta. I.C. RAISMA ESTEFANÍA CATAOYA JURO  
 INGENIERA DE GEOTECNIA  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 PUNO - PERU

Srta. I.C. RAISMA ESTEFANÍA CATAOYA JURO  
 INGENIERA DE GEOTECNIA  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 PUNO - PERU



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

<b>TESIS</b>	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOSADO A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021
	Registro Nº : T_004_001_001-1-021-005-000 Fecha : 05 de noviembre del 2021

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO			
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Srta. I.C. SAMUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHUPA	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PROSPECCIÓN</b> : C - 01	<b>SOLICITANTE</b> : Srta. I.C. RAISMA ESTEFANÍA CATACOTA JUÑO	<b>ESTE</b> : 3481 76	
<b>MUESTRA</b> : M - 04	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : 1 m	<b>NORTE</b> : 3443 739	
<b>PROFUND.</b> : 1.10 - 1.30 m.	<b>NIVEL PRÁCTICO</b> : 4.E.	<b>COTA</b> : 4377 m.s.n.m.	

Nº DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara		CH - 10	CH - 11	CH - 12
Masa Tara	[g]	76.71	72.05	75.59
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	380.68	389.95	401.50
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	364.79	363.94	373.77
Masa Agua	[g]	25.89	26.01	27.76
Masa Suelo Seco	[g]	278.08	291.89	296.18
Contenido de Humedad	[g]	9.01	8.91	9.01
PROMEDIO	(%)	9.2		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

---



---



---

Srta. RAISMA ESTEFANÍA CATACOTA JUÑO  
 DUEÑA DEL PROYECTO

Sr. JHONATAN RAMIRO  
 TECNICO EN GEOTECNIA

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

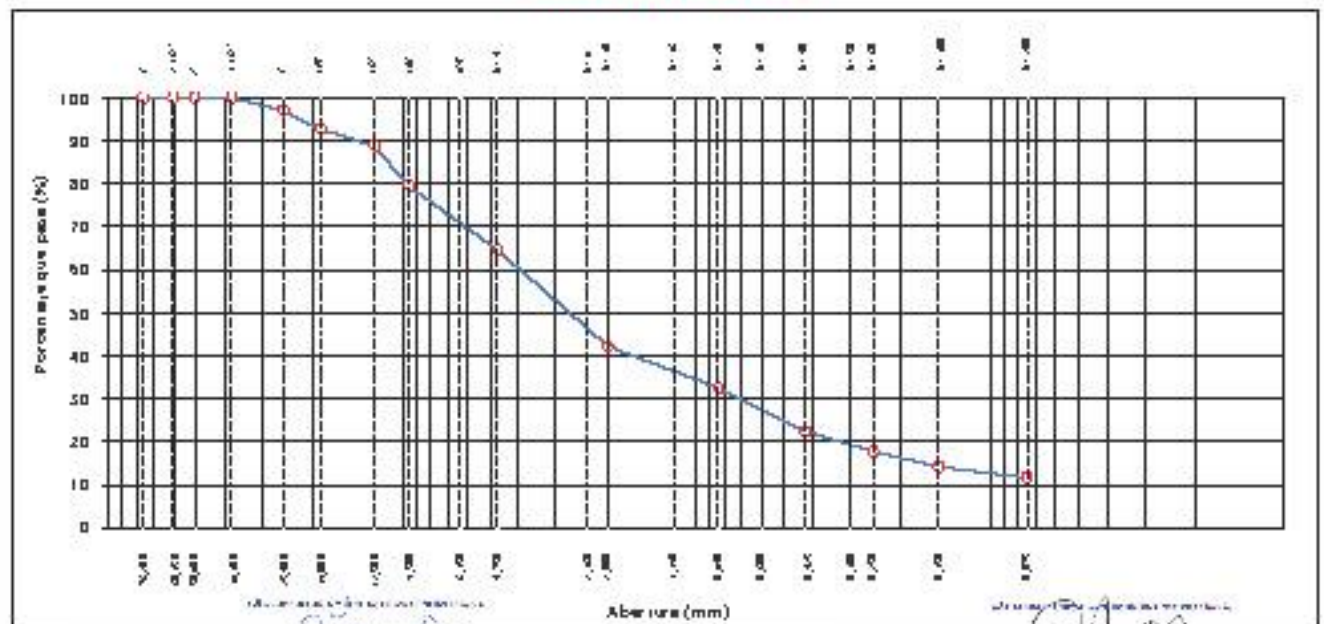
TESTS	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	: T_UO_GOURC-11/21-005-G&C
		Fecha	: 03 de Noviembre del 2021

**DATOS GENERALES**

UBICACIÓN	LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	SEÑ. I.C. SARUDEL EDISON CHOQUEMUNCA CHURRA
PROSPECCIÓN	SPT - 01		SEÑ. I.C. RAISHA ESTEFANIA CARACCA JUÑO
MUESTRA	M - 05	TAMANO MÁXIMO	: 1 1/2 in
PROFUND.	: 1.30 - 2.00 m.	NIVEL FREÁTICO	: N.E.
		COORDENADAS	
		ESTE	: 348176
		NORTE	: 8043789
		COTA	: 4377 m.s.n.m.

TAMIZ	DIAMETRO D (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENLACE ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D15 - D30 - D45 - D60 - D75 - D100 - D150)
10 in	254.000						Masa Inicial seco : 617.2gr.
6 in	152.400						Masa Global : 617.2gr.
5 in	127.000						CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SUELO
4 in	101.600						Contenido de Humedad (%): 10.1
3 in	76.200						TAMANO MÁXIMO : 1 1/2 in
2 1/2 in	60.360						Límite Líquido (LL): NP
2 in	50.800						Límite Plástico (LP): NP
1 1/2 in	38.100				100.00		Índice de Plasticidad (IP): NP
1 in	25.400	18.10	2.93	2.93	97.07		Clasificación (SUCS): SP - SM
3/4 in	19.000	26.75	4.33	7.27	92.73		Clasificación (AASHTO): A-1-a (0)
1/2 in	12.500	23.58	3.82	11.09	88.91		Índice de Consistencia: NP
3/8 in	9.500	58.41	9.46	20.55	79.45		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in	6.360						Descripción (AASHTO): BLEND
Nº4	4.750	91.83	14.89	35.43	64.57		Descripción (SUCS): Arena pobremente graduada con limo y grava
Nº8	2.360						Materia Orgánica:
Nº10	2.000	138.01	22.36	57.79	42.21		Turba:
Nº16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº20	0.840	60.06	9.73	67.53	32.47		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº30	0.600						Grava > 2' : 0.00
Nº40	0.425	62.40	10.11	77.64	22.36		Grava 2' - N#4 : 35.43
Nº50	0.300						Arena N#4 - N#200 : 52.91
Nº60	0.250	28.21	4.57	82.21	17.79		Fines < N#200 : 11.66
Nº100	0.150	22.25	3.61	85.81	14.19		200" : 0.0%
Nº200	0.075	15.63	2.53	88.34	11.66		
< N#200	RONDO	71.93	11.66	100.00			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Observaciones: LAS MUESTRAS Y SUS RESULTADOS SON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

*[Signature]*  
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
CALLE 1000 SUR, PUNO - PERÚ  
TEL: 087 219 11 22  
WWW.GCINGENIEROS.COM

*[Signature]*  
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
CALLE 1000 SUR, PUNO - PERÚ  
TEL: 087 219 11 22  
WWW.GCINGENIEROS.COM



## LIMITE DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

### STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	Registro N° : T_001_SCH_00-1101-005-G&C
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS PERFORACIONES, CACABAYA, PUNO - 2021	Fecha : 03 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b> : LOCALIDAD DE MACUZANI, DISTRITO DE MACUZANI, PROVINCIA DE CACABAYA, REGION PUNO			
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Sr. C. SAMUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURU	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PROSPECCIÓN</b> : C - 01	Sr. C. RAISMA ESTEFANÍA CATAOYA JUÑO		
<b>MUESTRA</b> : M - 03	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : 1 1/2 "	<b>ESTE</b> : 743176	<b>NORTE</b> : 944879
<b>PROFUND.</b> : 1.00 - 2.00 m.	<b>NIVEL PRÁCTICO</b> : 4.0.	<b>COTA</b> : 4877 m.s.n.m.	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nº. DE TARA	mº			
MASA DE LA TARA	[g]			
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]		NP	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]			
MASA DE AGUA	[g]			
MASA DEL SUELO SECO	[g]			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
NÚMERO DE GOLPES	mº			

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nº. DE TARA				
MASA DE LA TARA	[g]			
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]		NP	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]			
MASA DE AGUA	[g]			
MASA DEL SUELO SECO	[g]			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NP		NP



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	NP
LÍMITE PLÁSTICO	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Sr. [Nombre]

Sr. [Nombre]

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

<b>TESIS</b>	REGISTRO N° : T_UCV_903_RC-1421-005-020 Fecha : 05 de noviembre del 2021
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A Bajas TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO			
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Ing. I.C. SAMUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURRA	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PROSPECCIÓN</b> : C - 01	<b>SOLICITANTE</b> : Ing. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CATACOTA JUÑO	<b>ESTE</b> : 7431.76	
<b>MUESTRA</b> : M - 03	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1 1/2"	<b>NORTE</b> : 8443.739	
<b>PROFUND.</b> : 1.00 - 2.00 m.	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 4.8.	<b>COTA</b> : 4377 m.s.n.m.	

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 13	CH - 14	CH - 15
Masa Tara	[g]	70.28	77.85	77.85
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	593.74	548.04	448.67
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	564.20	522.04	415.76
Masa Agua	[g]	29.51	26.00	32.91
Masa Suelo Seco	[g]	290.96	244.09	307.90
Contenido de Humedad	[g]	10.04	10.64	9.74
PROMEDIO	(%)	10.1		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

 Ing. I.C. SAMUEL EDISON CHOQUEHUANCA CHURRA RESPONSABLE DEL ESTUDIO	 Ing. I.C. RAISHA ESTEFANÍA CATACOTA JUÑO RESPONSABLE DEL ESTUDIO
--	---

**ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)**

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D 686 / D 686M - 03)

PROYECTO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABANA, PIÑO - 2021	Registro N°	1100120120110101001-0001
		Fecha	28 de Noviembre del 2021
<b>DATOS GENERALES</b>			
UBICACIÓN	LOCALIDAD DE HAOUSAH, DISTRITO DE HAOUSAH, PROVINCIA DE CARABANA, REGION PIÑO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	BA-G. CATAORA LUÑO, RAISHA ESTEFANÍA
CALCATA	SPT - 01		BA-G. CHOCQUIWANGA CHURA, SAMUEL EDISON
MUESTRA	--	TAMANO NÚMERO	30 in.
PROFUND.	0.00 - 2.25 m.	FORMA REALIZADO	H.F.

DESCRIPCIÓN VISUAL - MANUAL	PROFUNDIDAD	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>total</sub>	d <sub>60</sub> (mm) en un 60% mm	N <sub>60</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub>	N <sub>60</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) según	N <sub>60</sub>
	0.00 - 0.45	1	2	3	6	4.75	6.96	1.90	0	3
	0.45 - 0.90	3	9	9	18	12.15	240.0	1.69	14	12
	0.90 - 1.35	9	10	4	14	20.25	120.7	1.75	11	9
	1.35 - 1.80	5	7	9	16	25.50	221.5	1.72	14	10
	1.80 - 2.25	3	9	5	17	27.45	255.2	1.71	14	11

*[Signature]*  
INGENIERO EN GEOTECNIA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
 G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

*[Signature]*  
INGENIERO EN GEOTECNIA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES  
 G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR



**ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)**

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D 686 / D686M - 02)

PROYECTO :	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PIUÑO - 2021	Registro N° :	L_007_20140-117-1-02-0-020
		Fecha :	28 de Noviembre del 2021
<b>DATOS GENERALES</b>			
UBICACIÓN :	LOCALIDAD DE HACUSHI, DISTRITO DE HACUSHI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PIUÑO		
PROCEDENCIA :	SUELO NATURAL		
CALCATA :	SPT - 01	SOLICITANTE :	BACH. CATAODORA NIÑO, RAISHA ESTEFANÍA
MUESTRA :	---	BACH. CHOQUEHUARCA OJERA, SAMUEL EDISON	
PROFUND. :	0.00 - 2.25 m	TAMANO MUESTRO :	3.8 in.
		NIVEL FREÁTICO :	N.S.

PROFUNDIDAD	N <sub>60</sub>	d <sub>no</sub> 100g/m <sup>3</sup>	C <sub>w</sub>	N <sub>60</sub> corregido	N <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	ÁNGULO DE FRICCIÓN						E <sub>s</sub> (kPa)			Densidad Relativa Meyerhof (1957)	
							Tenzgrah o Peck 1948	Meyerhof 1955	Peck 1974	Schmert mann 1975	Hatanaka o Uchida 1966	Promedio	Bowles 1965	Schmertmann 1970	Promedio	Condición	D <sub>r</sub> (%)
0.00 - 0.46	5	4.75	1.90	6.96	5	4	31	31	31	31	37	32.5	37500	37500	37500	Suelto	20.0
0.46 - 0.90	13	12.15	1.69	24.90	12	14	35	37	34	37	41	36.5	3975	10000	10000	Mediamente denso	24.7
0.90 - 1.35	14	20.25	1.75	19.57	9	11	36	34	35	34	39	34.4	3500	3400	3450	Mediamente denso	17.0
1.35 - 1.80	16	23.55	1.72	22.15	10	14	35	37	34	37	42	36.4	3600	10000	10000	Mediamente denso	15.5
1.80 - 2.25	17	37.45	1.71	25.52	11	14	35	35	34	37	42	36.3	3600	11000	10000	Mediamente denso	15.9

*[Signature]*  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E ENSAYOS DE MATERIALES  
 CARABAYA, PIUÑO - PERÚ

*[Signature]*  
 BACH. CATAODORA NIÑO, RAISHA ESTEFANÍA  
 BACH. CHOQUEHUARCA OJERA, SAMUEL EDISON

**ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)**

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (AS TM 01586 / 01586M - 8)

PROYECTO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOSAR A BAJAS TEMPERATURAS, CARABAYA, PUNO - 2021	Registro N°	FUCV_2021_0011/21-001-G&C
		Fecha	03 de Noviembre de 2021

**DATOS GENERALES**

UBICACIÓN	LOCALIDAD DE MACUSANI, DISTRITO DE MACUSANI, PROVINCIA DE CARABAYA, REGION PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	BAO. CATAORA BAÑO, RAIZA ESTEFANÍA
CALICATA	SPT - 01		BAO. CHOQUEMUNCA CHURA, SAMUEL EDISON
MUESTRA	--	TAMANO MÁXIMO	3/3 m.
PROFUND.	0.00 - 2.25 m.	NEVEL PRÁCTICO	4.5.

**REGISTRO DE SONDAJES**

PROF. (m)	SUELO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES		ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N SPT	med. cono	N <sub>60</sub>	med. cono
0.00		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	CL				
0.00		ARENALIMOSA	SM	8	22		
0.05		ARENALIMOSA	SM	14	26		
0.10		ARENALIMOSA	SM				
0.15		ARENALIMOSA	SM	11	24		
0.20		ARENALIMOSA	SP-SM				
0.25		ARENALIMOSA		14	26		
0.30		ARENALIMOSA					
0.35		ARENALIMOSA		14	26		
0.40		ARENALIMOSA					
0.45		ARENALIMOSA		14	26		
0.50		ARENALIMOSA					
0.55		ARENALIMOSA		14	26		
0.60		ARENALIMOSA					
0.65		ARENALIMOSA		14	26		
0.70		ARENALIMOSA					
0.75		ARENALIMOSA		14	26		
0.80		ARENALIMOSA					
0.85		ARENALIMOSA		14	26		
0.90		ARENALIMOSA					
0.95		ARENALIMOSA		14	26		
1.00		ARENALIMOSA					
1.05		ARENALIMOSA		14	26		
1.10		ARENALIMOSA					
1.15		ARENALIMOSA		14	26		
1.20		ARENALIMOSA					
1.25		ARENALIMOSA		14	26		
1.30		ARENALIMOSA					
1.35		ARENALIMOSA		14	26		
1.40		ARENALIMOSA					
1.45		ARENALIMOSA		14	26		
1.50		ARENALIMOSA					
1.55		ARENALIMOSA		14	26		
1.60		ARENALIMOSA					
1.65		ARENALIMOSA		14	26		
1.70		ARENALIMOSA					
1.75		ARENALIMOSA		14	26		
1.80		ARENALIMOSA					
1.85		ARENALIMOSA		14	26		
1.90		ARENALIMOSA					
1.95		ARENALIMOSA		14	26		
2.00		ARENALIMOSA					
2.05		ARENALIMOSA		14	26		
2.10		ARENALIMOSA					
2.15		ARENALIMOSA		14	26		
2.20		ARENALIMOSA					
2.25		ARENALIMOSA		14	26		

*[Signature]*  
 Ing. [Nombre]  
 Gerente General  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 Av. [Dirección] No. [Número] - PUNO - PERÚ  
 T. [Teléfono] F. [Teléfono] E. [Correo]

*[Signature]*  
 Ing. [Nombre]  
 Gerente General  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 Av. [Dirección] No. [Número] - PUNO - PERÚ  
 T. [Teléfono] F. [Teléfono] E. [Correo]

**ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)**

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D 1586M - 03)

PROYECTO :	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE TUBERÍAS GEOTÉRMICAS PARA VIVIENDAS DE ADOBE A BAJAS TEMPERATURAS, CARRERA, PUNO - 2021	Registro N° :	T_BCV_SCH_RC-11/21-001-G&C
		Fecha :	05 de Noviembre del 2021

**DATOS GENERALES**

UBICACIÓN :	LOCALIDAD DE HACUSANI, DISTRITO DE HACUSANI, PROVINCIA DE CARRERA, REGION PUNO	SOLICITANTE :	ING. CATAORA HUÁ, RAIZA ESTERIV
PROCEDENCIA :	SUELO NATURAL	TAMANO MÁXIMO :	3/8"
CALICATA :	SPT - 01	NIVEL PRÁCTICO :	4.2
MUESTRA :	--		
PROFUND. :	0.00 - 2.25 m.		

**REGISTRO DE SONDAJES**

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	S U O S	CORRELACIONES					ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR		
				N SPT	f <sub>ms</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	c <sub>ms</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>ms</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>ms</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	quím	quím	
0.00		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	CL								
0.00		ARENA LINDA	SM	3	32	0.25	0.25	0.125			
0.00		ARENA LINDA	SM	14	35	0.21	1.01	0.255			
0.00		ARENA LINDA	SM								
0.00		ARENA MAL GRADADA - ARENA LINDA	SP-SM	11	34	0.00	0.79	0.255			
0.00				14	35	0.00	1.02	0.260			
0.00				14	37	0.00	1.05	0.261			

*[Signature]*  
 INGENIERO EN GEOTECNIA  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 CARRERA 1000, PUNO - PERÚ

*[Signature]*  
 INGENIERO EN GEOTECNIA  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
 CARRERA 1000, PUNO - PERÚ

## ANEXO 5. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Reconocimiento de campo, Macusani – Carabaya, Puno.

Altitud: 4 349 msnm



Fotografía 2. Ubicación de las viviendas de adobe, Macusani – Carabaya, Puno.





Fotografía 3. Visita a viviendas de adobe.



Fotografía 4. Toma y registro de datos.





Fotografía 5. Selección de la vivienda en estudio.



Fotografía 6. Registro de temperatura ambiental fuera de la vivienda.



Fotografía 7. Registro de temperatura ambiental dentro de la vivienda.



Fotografía 8. Registro de temperatura del suelo.





Fotografía 9. Medición de áreas y longitudes.  
Conexión eléctrica en la vivienda.



Fotografía 10. Registro de datos.

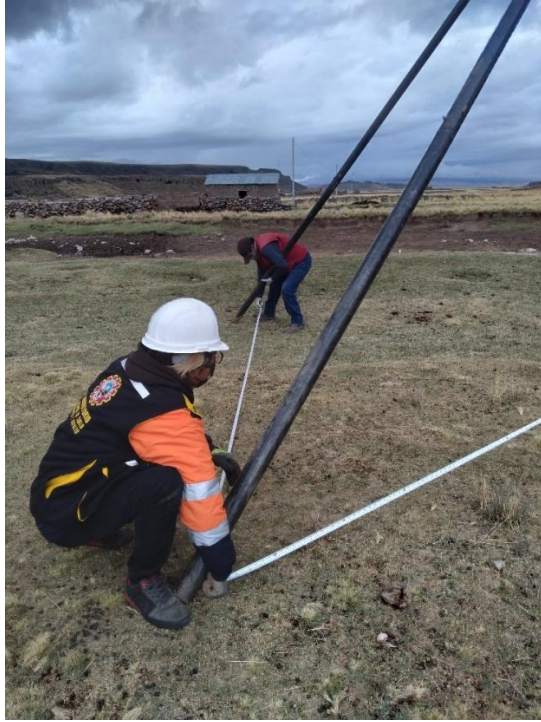


Fotografía 11. Instalación de equipos para ensayo SPT in situ.



Fotografía 12. Instalación de equipos para ensayo SPT in situ.





Fotografía 13. Instalación de equipos para ensayo SPT in situ.



Fotografía 14. Instalación de equipos para ensayo SPT in situ.



Fotografía 15. Instalación de equipos para ensayo SPT in situ.



Fotografía 16. Martillo de 140lb con altura de golpeo 30" para la realización del ensayo SPT in situ.



Fotografía 17. Tope y barra para la realización del ensayo SPT in situ.



Fotografía 18. Manejo de instrumentos para realización de ensayo SPT in situ.





Fotografía 19. Manejo de instrumentos para realización de ensayo SPT in situ.



Fotografía 20. Inicio de perforación.



Fotografía 21. Extracción de primera muestra.



Fotografía 22. Extracción de segunda muestra.





Fotografía 23. Extracción de tercera muestra.



Fotografía 24. Registro de la temperatura del subsuelo a 2m de profundidad.



Fotografía 25. Finalización de la realización del ensayo SPT in situ.



Fotografía 26. En laboratorio, análisis granulométrico por tamizado.



Fotografía 27. En laboratorio, análisis granulométrico por tamizado.



Fotografía 28. En laboratorio, calibración de la cuchara de Casa grande para límites líquidos.





Fotografía 29. En laboratorio, límites de consistencia.



Fotografía 30. En laboratorio, límites de consistencia.

Límite líquido ensayo Casa Grande.





Fotografía 33. En laboratorio, registro datos de contenido de humedad.

## **ANEXO 6. VALIDACIÓN DE EXPERTOS**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### **FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **FORMATOS ESTANDARIZADOS DE LABORATORIO**

##### **AUTORES**

Bach. Catacora Juño, Raisha Estefanía

Bach. Choquehuanca Chura, Samuel Edison

##### **ASESOR METODOLÓGICO**

MBA Ing. Patazca Rojas, Pedro Ramón

**PUNO - PERÚ**

2021

## Solicitud

Estimado: Ing. Alex Luis Gomez Calla

JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES SAC

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: **Formatos Estandarizados de Laboratorio** que se aplicará para el desarrollo de la tesis, con fines de titulación, denominada **“Diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas de adobe a bajas temperaturas, Carabaya, Puno – 2021”**.

Acudimos a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,



Bach. Catacora Juño, Raisha Estefanía



Bach. Choquehuanca Chura, Samuel Edison



## GUÍA, JUICIO DE EXPERTOS

### 1. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: ALEX LUIS GOMEZ CALLA

Centro laboral: LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES (GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR – G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES)

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Especialidad: GEOTECNIA

Institución donde lo obtuvo: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ

Otros estudios:

MAESTRÍA DE GEOTECNIA Y TRANSPORTES – UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ – PERÚ

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL – UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ - PERÚ

MAESTRIA EN INGENIERIA GEOTECNICA – UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA – SUCRE – BOLIVIA

MAESTRIA EN GESTION DE RIESGOS Y DESASTRES – UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA – PERU

MIEMBRO DEL ASTM COMITÉ D18 – AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS (ASTM)

### 2. Instrucciones

Estimado especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicadores, el cual tienes que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto (véase anexo N° 1).

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente

### 3. Juicio de experto

INDICADORES	CATEGORIA				
	1	2	3	4	5
1. Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (visión general)					X
2. Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)					X
3. El número de indicadores, evalúan las dimensiones y por consiguiente la variable seleccionada (visión general)				X	
4. Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades (claridad y precisión)					X
5. Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables					

(coherencia)					X
6. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)				X	
7. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido					X
8. Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)			X		
9. Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular(orden)					X
10. Los ítems del instrumento, son coherentes en términos de cantidad(extensión)				X	
11. Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado(inocuidad)			X		
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general)				X	
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general)				X	
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general)				X	
15. Estructura técnica básica del instrumento (organización)				X	
<b>Puntaje parcial</b>			<b>6</b>	<b>28</b>	<b>30</b>
<b>Puntaje total</b>			<b>64</b>		

*Nota:* Índice de validación del juicio de experto (Ivje) =  $[64 / 75] \times 100 = 85.33$

#### 4. Escala de validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado		El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación		El instrumento de investigación está apto para su aplicación
<b>Interpretación:</b> Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				

**5. Conclusión general de la validación y sugerencias** (en coherencia con el nivel de validación alcanzado): La presente investigación ha realizado trabajos en campo, así como también los trabajos necesarios en laboratorio, que brindan la consolidación primordial para que dicha investigación sea eficiente y eficaz.

**6. Constancia de Juicio de experto**

El que suscribe, ALEX LUIS GOMEZ CALLA identificado con DNI. N° 70058198 certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por los tesisistas:

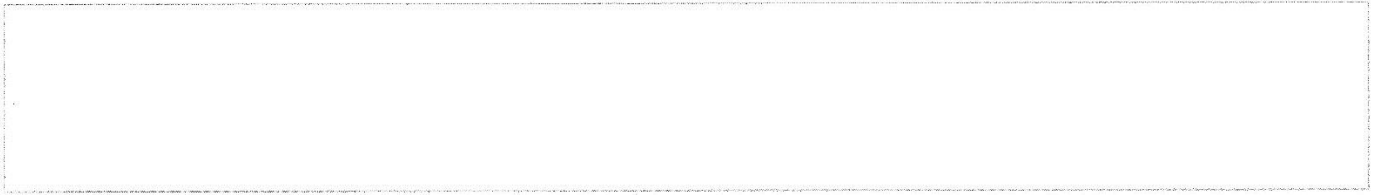
1.- Bach. Catacora Juño, Raisha Estefanía

2.- Bach. Choquehuanca Chura, Samuel Edison,

en la investigación denominada "Diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas de adobe a bajas temperaturas, Carabaya, Puno – 2021".



Firma del experto  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
DNI N° 70058198  
CIP 209176

**REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES**

Graduado	Grado o Título	Institución
GOMEZ CALLA, ALEX LUIS DNI 70058198	<b>BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL</b> Fecha de diploma: 06/09/2013 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ <i>PERU</i>
GOMEZ CALLA, ALEX LUIS DNI 70058198	<b>INGENIERO CIVIL</b> Fecha de diploma: 17/11/17 Modalidad de estudios: PRESENCIAL	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ <i>PERU</i>

## Solicitud

Estimado: Mgtr. Nicolas Luza Flores  
Coordinador Zonal  
PROVIAS

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: **Formatos Estandarizados de Laboratorio** que se aplicará para el desarrollo de la tesis, con fines de titulación, denominada **“Diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas de adobe a bajas temperaturas, Carabaya, Puno – 2021”**.

Acudimos a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,

  
-----  
Bach. Catacora Juño, Raisha Estefanía

  
-----  
Bach. Choquehuanca Chura, Samuel Edison



## GUÍA, JUICIO DE EXPERTOS

### 1. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: NICOLAS LUZA FLORES

Centro laboral: PROVIAS

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Grado: MAGISTER

Institución donde lo obtuvo: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

### 2. Instrucciones

Estimado especialista, a continuación se muestra un conjunto de indicadores, el cual tienes que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto (véase anexo N° 1). Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente

### 3. Juicio de experto

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma(visión general)				X	
2. Coherencia entre dimensión e indicadores(visión general)					X
3. El número de indicadores , evalúan las dimensiones y por consiguiente la variable seleccionada(visión general)				X	
4. Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades(claridad y precisión)					X
5. Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables(coherencia)				X	
6. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto(pertinencia y eficacia)				X	
7. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido				X	
8. Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la					

contaminación de las respuestas(control de sesgo)			X		
9. Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular(orden)				X	
10. Los ítems del instrumento, son coherentes en términos de cantidad(extensión)				X	
11. Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado(inocuidad)				X	
12. Calidad en la redacción de los ítems(visión general)					X
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general)				X	
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general)				X	
15. Estructura técnica básica del instrumento (organización)				X	
<b>Puntaje parcial</b>			<b>3</b>	<b>44</b>	<b>15</b>
<b>Puntaje total</b>	<b>62</b>				

*Nota:* Índice de validación del juicio de experto (lvje) =  $[62 / 75] \times 100 = 82.66$

#### 4. Escala de validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado		El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación		El instrumento de investigación está apto para su aplicación
<b>Interpretación:</b> Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				

**5. Conclusión general de la validación y sugerencias** (en coherencia con el nivel de validación alcanzado): La obtención de los resultados de campo y laboratorio significan para los tesisistas la aproximación real que precisan para un buen desarrollo en su investigación.

#### 6. Constancia de Juicio de experto

El que suscribe, NICOLAS LUZA FLORES identificado con DNI. N° 01205753 certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por los tesisistas:

1.- Bach. Catacora Juño, Raisha Estefanía

2.- Bach. Choquehuanca Chura, Samuel Edison,  
en la investigación denominada "Diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas  
para viviendas de adobe a bajas temperaturas, Carabaya, Puno – 2021".



*[Handwritten signature]*  
Firma del experto  
Mgtr. Nicolas Luza Flores  
DNI N° 01205753  
CIP 35871  
Coordinador Zonal  
PROVIAS

### **Anexos**

N° 1: Instrumento de investigación

N° 2: Categorías investigativas

- Título de la investigación
- Formulación del problema
- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Hipótesis(opcional en las investigaciones básicas)
- Operacionalización de variables

## REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

Graduado	Grado o Título	Institución
LUZA FLORES, NICOLAS DNI 01205753	<b>TITULO DE INGENIERO CIVIL</b> Fecha de diploma: 09/01/1989 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO <i>PERU</i>
LUZA FLORES, NICOLAS DNI 01205753	<b>BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL</b> Fecha de diploma: 24/09/1986 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO <i>PERU</i>
LUZA FLORES, NICOLAS DNI 01205753	<b>INGENIERO CIVIL</b> Fecha de diploma: 09/01/1989 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO <i>PERU</i>
LUZA FLORES, NICOLAS DNI 01205753	<b>MAESTRO EN GESTION Y ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION</b> Fecha de diploma: 24/07/20 Modalidad de estudios: PRESENCIAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA <i>PERU</i>



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PEDRO RAMON PATAZCA ROJAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, asesor de Tesis Completa titulada: "Diseño de un sistema de climatización mediante tuberías geotérmicas para viviendas de adobe a bajas temperaturas, Carabaya, Puno – 2021", cuyos autores son CATAORA JUÑO RAISHA ESTEFANIA, CHOQUEHUANCA CHURA SAMUEL EDISON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 28.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

MOYOBAMBA, 22 de Febrero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PEDRO RAMON PATAZCA ROJAS <b>DNI:</b> 45902345 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9630-7936	Firmado electrónicamente por: PROJASPR el 22-02- 2023 21:57:53

Código documento Trilce: TRI - 0534794