



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.

“Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Oré Pareja, Bryan Alexander (ORCID: 0000-0001-7362-9326)

ASESOR:

Mg. Arévalo Vidal Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural.

LIMA-PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi madre, por el apoyo incondicional que me brindó desde el inicio de mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO

A mis asesores de tesis y a la
Universidad Cesar Vallejo, gracias
por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	17
3.1 Tipo y diseño de la investigación	17
3.2 Variables y operacionalización	17
3.3 Población, muestra y muestreo	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	18
3.5 Procedimientos	23
3.6 Manejo de análisis de datos	23
3.7. Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	37

VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	49
Anexo 1: Matriz de consistencia.	50
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.	52
Anexo 3: Planos.	55
Anexo 4: Panel fotográfico.	60
Anexo 5: Ficha de validación – juicio de expertos.	65
Anexo 6: Memoria de cálculo – capacidad portante del suelo.	67
Anexo 7: Memoria de cálculo – determinación de asentamientos.	69
Anexo 8: Ensayo de análisis granulométrico.	72
Anexo 9: Ensayo de corte directo.	75
Anexo 10: Ensayo de gravedad específica.	77
Anexo 11: Ensayo de límites de consistencia.	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características del área en estudio.	1
Tabla 2: Factores empleados para el cálculo de capacidad de carga por el Método de Hansen.	11
Tabla 3: Ubicación geográfica de la zona en estudio.	23
Tabla 4: Resumen características del suelo de la zona en estudio.	26
Tabla 5: Características físicas del suelo.	27
Tabla 6: Factores de capacidad de carga calculados.	29
Tabla 7: Factores de forma calculados.	29
Tabla 8: Factores de profundidad calculados.	29
Tabla 9: Resumen de parámetros empleados para el cálculo de asentamiento.	31
Tabla 10: Módulo de Elasticidad (E_s) para cada tipo de suelo.	31
Tabla 11: Valores de I_f recomendados.	32
Tabla 12: Módulo de Poisson según el tipo de suelo.	32
Tabla 13: Parámetros empleados para evaluar la colapsabilidad.	34
Tabla 14: Matriz de consistencia.	50
Tabla 15: Matriz de operacionalización de variables.	52
Tabla 16: Ficha de validación.	65
Tabla 17: Memoria de cálculo – capacidad portante del suelo.	67
Tabla 18: Memoria de cálculo – determinación de asentamientos.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vistas del reservorio del barrio de Los Ángeles.	2
Figura 2: Cimentación superficial inclinada (Ecuación de Hansen).	10
Figura 3: Esquema de inclinación de la zapata y del terreno.	12
Figura 4: Tipos de cimentaciones.	13
Figura 5: Sección típica de muro de contención, elementos principales y fuerzas actuantes.	14
Figura 6: Equipo empleado en el ensayo de gravedad específica.	19
Figura 7: Análisis granulométrico por tamizado.	20
Figura 8: Máquina de ensayo de corte directo.	21
Figura 9: Vista satelital del centro poblado de Cajamarquilla.	24
Figura 10: Vista satelital del barrio de Los Ángeles.	24
Figura 11: Ubicación del distrito de Yanacancha.	54
Figura 12: Plano topográfico.	55
Figura 13: Plano de planta.	56
Figura 14: Plano longitudinal y secciones transversales.	57
Figura 15: Plano de detalle del muro de contención.	58
Figura 16: Foto del reservorio.	60
Figura 17: Caída del lodo hacia el reservorio.	61
Figura 18: Foto 1 del reservorio afectado por el deslizamiento de lodo.	62
Figura 19: Foto 2 del reservorio afectado por el deslizamiento de lodo.	63

RESUMEN

La presente tesis titulada “Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021”, tiene por finalidad aplicar los criterios y formulaciones propuestas por el Método de Hansen afín de analizar la cimentación del muro de contención ubicado en el barrio de Los Ángeles, del centro poblado de Cajamarquilla, logrando la estabilidad de esta estructura contención, puesto que ésta protegerá el reservorio que abastece de agua potable a la población del barrio de Los Ángeles.

Además, el tema elegido para este artículo es muy importante porque construcción del muro de contención (para lo cual se requiere una cimentación eficiente), protegerá el reservorio de agua potable con lo cual se evitará la suspensión de este servicio, lo cual podría acarrear problemas graves con la salud de la población, como enfermedades gastrointestinales que podrían originarse debido a la carencia de agua potable cerca de los Ángeles.

Dentro de los principales aportes de la presente tesis podemos mencionar que, mediante la aplicación del Método de Hansen se podrá analizar la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco, con lo cual se podrá proponer una cimentación eficiente que garantizará la estabilidad de dicho muro de contención.

Palabras clave: Método de Hansen, análisis de cimentación.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Application of Hansen's Method for analysis of retaining wall foundations in Cajamarquilla-Pasco populated center, 2021", aims to apply the criteria and formulations proposed by Hansen's Method in order to analyze the foundation of the wall of containment located in the Los Angeles neighborhood of the Cajamarquilla town center, ensuring the stability of this containment structure, since it will protect the reservoir that supplies drinking water to the population of the Los Angeles neighborhood.

The topic chosen for this thesis is extremely important because the construction of the retaining wall (for which an efficient foundation is required) will protect the drinking water reservoir, thereby avoiding the suspension of this service, which could cause serious problems in the health of the population, such as gastrointestinal diseases that could originate due to the lack of drinking water in the Los Angeles neighborhood.

Among the main contributions of this thesis we can mention that, through the application of the Hansen Method, the foundation of the retaining wall in the Cajamarquilla-Pasco populated center can be analyzed, with which an efficient foundation can be proposed that will guarantee stability. of said retaining wall.

Keywords: Hansen's method, foundation analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Con relación al Distrito de Yanacancha es uno de los trece (13) distritos que conforman la provincia de Pasco y se ubica en la provincia de Pasco. Según el censo de 2017 realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito de Yanacancha posee una población total de 29192 habitantes, con lo cual se obtiene una densidad poblacional de 176,8 hab/km². Este distrito se caracteriza por presentar un clima frío, debido a que se encuentra a una altitud de 4380 m.s.n.m. Su población dedicada en gran parte a la agricultura y el comercio de dichos productos agrícolas.

Dentro de este distrito se encuentra el centro poblado de Cajamarquilla, y, dentro de éste, se ubica el barrio de Los Ángeles, en el cual centra su estudio la presente tesis. Este barrio cuenta actualmente con una población de 115 habitantes.

Hoy en día en el barrio de Los Ángeles existen 23 lotes conformados por 26 familias con un total de 115 habitantes y 1 complejo deportivo, quienes se encuentran en la necesidad de mejorar su calidad de vida, mediante la construcción de muros de contención para la protección del reservorio que les abastece de agua potable; este espacio está considerado dentro del mapa de la pobreza como una zona de extrema pobreza. Así, en el cuadro siguiente se muestra las características del área en estudio:

Tabla 1: Características del área en estudio.

Barrio	Nº TOTAL DE LOTES	TOTAL DE VIVIENDAS	POBLACION TOTAL
Los Ángeles	23	23	115

Fuente: Elaboración Propia.

El barrio de Los Ángeles, de manera recurrente a lo largo de los últimos 30 años, ha venido sufriendo los embates de la naturaleza, que han producido un grave problema de erosión hídrica, que ha ocasionado la pérdida de terrenos y

genera cochas y lodos e incluso ha puesto en riesgo la infraestructura urbana existente (reservorio). Es por ello que se ha propuesto construir un muro de contención la cual sirva de protección a la estructura del reservorio de agua potable del barrio de Los Ángeles, principalmente para los pobladores que utilizan el agua como recursos primarios en su vida cotidiana. Este muro tendrá una longitud total de 15 metros.

Figura SEQ Figura * ARABIC 1: Vistas del reservorio del



Fuente: Propia.

Debido a que se requiere proteger la estructura del reservorio de agua potable de deslizamientos que podrían originarse, éste es considerado altamente vulnerable por lo que resulta necesario la construcción del muro de contención de concreto armado de 15 metros de longitud. Es así que surge el tema y posición de esta tesis que es indispensable realizar un eficiente análisis de cimentación para el muro de contención a construirse, determinando la capacidad portante del suelo, así como los posibles asentamientos de la cimentación que se podrían producir, para con ello garantizar la estabilidad de dicho muro de contención, para que éste pueda cumplir correctamente con su función de proteger el reservorio del barrio de Los Ángeles.

Es así que, ante las preguntas planteadas, se formula el siguiente **problema general**: ¿Aplicando el Método de Hansen se podrá analizar la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco? Asimismo, se plantean tres problemas específicos. Siendo el **primer problema específico** ¿De qué manera el Método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco? El **segundo problema específico** ¿De qué manera el método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco? Y el **tercer problema específico** ¿De qué manera el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco?

El estudio presenta una **justificación técnica** porque aportará más conocimientos del Método de Hansen y su utilidad para realizar el análisis de cimentaciones para muros de contención, explicando los criterios y parámetros geotécnicos que este método emplea establecer la capacidad de carga del suelo y calcular los asentamientos. Asimismo, presenta una **justificación social**, puesto el tema elegido para este trabajo será enormemente beneficioso para los pobladores del barrio de Los Ángeles, del centro poblado de Cajamarquilla-Pasco, mejorando la calidad de vida para 115 pobladores con los que cuenta actualmente este barrio, que no serán privados del servicio de agua potable puesto que su reservorio estará protegido por el muro de contención propuesto, evitando la aparición de enfermedades gastrointestinales que podrían originarse si hubiera una carencia de

agua potable. Por otro lado, esto puede evitar pérdidas económicas debido al daño en el reservorio que podría originarse por el deslizamiento de suelos, lo cual es muy posible que ocurra debido a la ocurrencia constante de estos desastres naturales en época de lluvias, por ello, con el muro de contención propuesto, el reservorio del barrio de Los Ángeles se encontrará protegido.

Por otra parte, en esta encuesta, se hicieron las siguientes sugerencias **hipótesis general**: El Método de Hansen permite analizar la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco. Asimismo, se han planteado las siguientes hipótesis específicas. La **primera hipótesis específica**: El Método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco. La **segunda hipótesis específica**: El método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco. Y la **tercera hipótesis específica**: El Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.

Dentro del proceso de investigación se ha trazado el siguiente **objetivo general**: Aplicar el Método de Hansen para realizar el análisis de la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco. Asimismo, se han trazado los siguientes objetivos específicos. El **primer objetivo específico**: Determinar cómo el método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco. El **segundo objetivo específico**: Determinar cómo el método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco. Y el **tercer objetivo específico**: Determinar cómo el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales

Quesada (2017) hizo un trabajo titulado "Determinación de la capacidad portante de la cimentación superficial desde el suelo estratificado de fricción", el cual se hizo con la intención de obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Central "Marta Abreu" Las Villas-Cuban El **objetivo**, es establecer la capacidad portante de la **metodología** superficial sobre una base estratificada en el suelo de fricción. La metodología usada es detallada. Se puede nombrar que gracias a limitaciones, una vez que el espesor de la primera capa es menor a 1.0 m, la función de carga obtenida se incrementa. La **conclusión** final es que la fórmula analítica para el cálculo de la capacidad portante iniciativa por Meyerhof y Hanna es bastante conservadora, por lo cual no se ofrece su uso para el diseño de la cimentación superficial de la cimentación por capas de fricción.

Con respecto a Chavarría (2017) completó el desarrollo del contenido del departamento de ingeniería geotécnica titulado "Estudio de Ingeniería Geotécnica" y disciplinas "Simples" para integrar la reforma curricular de la profesión de ingeniero civil ", realizo indagaciones y obtuvo el título de ingeniero civil de la Universidad. Del Salvador - El Salvador, tiene como **objetivo**, desarrollar el contenido curricular de las materias previamente mencionadas para complementar la reforma curricular de la profesión de ingeniero civil, cabe resaltar que la **metodología** usada es explicativa. El **resultado** obtenido de esto se puede decir que en el problema de la cimentación, todos los procedimientos de decisión de la capacidad portante piensan el suelo como duro y plástico, y se fundamentan en la teoría de la elasticidad. Igualmente, la **conclusión** a la que se llega es que si bien hay diversas teorías para decidir la capacidad portante, las más usadas son los procedimientos de Terzaghi, Meyerhof y Hansen, debido a que han demostrado ser bastante efectivos para calcular la capacidad portante del suelo.

Vanegas (2020) realizó la tesis titulada "Decisión de los elementos de resistencia de cimentaciones superficiales y profundas a nivel local", se obtuvo la

tesis de Maestría en Ingeniería Civil de la escuela de Ingeniería Colombiana Julio Garavito - Colombia, tiene como **objetivo**, determinar factores de resistencia de capas superficiales y profundas que tomen en cuenta las características propias de los suelos que se presentan a nivel local. La **metodología** empleada fue de tipo explicativa. Se obtuvo como **resultado** que, para cimentaciones superficiales, empleando un índice de confiabilidad de 3.5 y distribución lognormal se obtuvo que las unidades geotécnicas granulares que tienen como origen geológico los depósitos aluviales de terraza baja, presentan factores de resistencia que varían entre 0,08 y 0,41. La **conclusión** a la que se llegó fue que, los factores de resistencia al ser determinados a partir de la resistencia o capacidad portante, toman en cuenta las dimensiones de la cimentación, lo cual también genera variabilidad en los factores de resistencia.

Calderón (2015) realizó la tesis titulada "La Información Geotécnica como factor en la Idealización y Diseño de la Fundación de Construcción", tesis con el título de Ingeniero Civil de la Universidad Internacional de Ecuador, además tiene como **objetivo** examinar los que corresponden resultados de la averiguación de suelos de las muestras logradas en la zona la Moya, por consiguiente, suficiente organización del plan final en esta situación, nos ocuparemos de un inmueble de 4 plantas. La **metodología** empleada fue de tipo descriptiva. Se obtuvo como **resultado** presentan que el tramo de la Moya muestra un suelo cohesivo enormemente compresible, que puede conseguir una hondura destacable para hacer una cimentación poco intensa con una elevación de 1,30 m. La **conclusión** es que gracias a la prueba de capacidad del suelo permitida, se puede revisar el esfuerzo total de cada capa de suelo en cada punto o sonda, y la elevación de la carga se puede establecer con dichos valores. La carga permitida para tolerar la carga total del inmueble.

Domínguez (2016) realizó la tesis titulada "Diseño de Ingeniería Geotécnica de Inmueble de Oficinas de 10 pisos en el área de Transición", ponencia con el título de Ingeniero Civil del Instituto Nacional de Tecnología de México, cuyo **objetivo** es el diseño geotécnico de un inmueble de oficinas de 10 pisos. Linda Vista Vallejo II. La metodología empleada fue de tipo explicativa. Se obtuvo como

resultado que la cimentación diseñada es una cimentación mixta a base de pilotes con diámetros de 1,60m y 1,20m, con un calado de 34,50 m. La **conclusión** es que aun cuando la hondura de detección cumple con el costo mínimo detallado por la regla, fue necesario usar un factor de seguridad más conservador.

Antecedentes nacionales

Gómez y Cenepo (2019) realizaron la tesis titulada "Evaluación y diseño de la función de carga del suelo para los cimientos de casas multifamiliares en CC.NN. Pucallpa, situado en el Distrito de Shanao del Lama de San Martín", análisis llevado a cabo por la Universidad Nacional de San Martín en Perú para obtener el título de ingeniero civil postulado la evaluación y decisión en el sector además, tienen como **objetivo** para la función de carga del suelo previamente mencionada. Cabe decir que la **metodología** usada es descriptiva. Por consiguiente, se muestran como **resultado** se puede nombrar que el sector I ha obtenido una capacidad de carga de 1.04 kilogramo / cm² y el sector II ha obtenido una capacidad de carga de 0.75 kilogramo / cm². Finalmente, se obtuvo como conclusión que los suelos cohesivos encontrados tienen la capacidad portante ideal para la construcción de cimentaciones superficiales.

Cañi y Gómez (2019) realizaron la tesis llamada "En el Distrito Elevado de la Alianza-Tacna - Propuesta Tecnológica Importante Casa en 2018", análisis llevado a cabo por la Universidad Privada de Tacna en Perú para obtener el título de Ingeniero Civil, cuyo **objetivo** es: proponer las cimentaciones más adecuadas a emplearse para las viviendas de la zona antes mencionada determinando para ello la capacidad de carga del suelo del área en estudio. Cabe mencionar que la **metodología** utilizada es descriptiva. También, se llegó a la **conclusión** lograda, es cierto que la capacidad de carga permisible del suelo en el área de estudio varía de 1,33 a 2,98 kg / cm² a 1,50 m. Profundo y de 1,65 a 2,75 kg / cm² a 2.00 m. de profundidad.

Escobar (2018) realizó la tesis titulada en 2018 se realizó el diseño básico e investigación de suelos del pequeño complejo deportivo en el densamente poblado

centro de Ampas-Huari para obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Nacional del Perú, José Faustino Sánchez Carrión-Perú. Se propuso como **objetivo** para determinar el Ampas 2018 - la relación entre el diseño de la cimentación y la indagación del suelo en el pequeño complejo deportivo en la ciudad de Huari. La **metodología** utilizada es correlacional - descriptiva. Como **resultado** obtenido se puede mencionar que los suelos evaluados presentaron una extremadamente baja, el llenado no está controlado y no se ajusta a las características mecánicas, lo que resulta en daños estructurales. Finalmente, se obtuvo como **conclusión** que, para poder realizar una correcta evaluación de una cimentación es imprescindible iniciar con el estudio de suelos, el cual brinda información importante sobre la composición del suelo y su capacidad portante.

Rivera y Rivera (2015) hizo un trabajo titulado "Selección de un modelo geotécnico para evaluar el valor de la capacidad portante del muro de contención en el medio del talud y en el suelo granular del plan" "Compostura y Mejoramiento de Desvío Imperial" - Carretera de la Pampa "La averiguación hecha por la Universidad Ricardo Palma en Perú para obtener el título de ingeniero civil expone como **objetivo** establecer cómo el modelo geotécnico perjudica el cálculo de la capacidad portante del área de análisis. Cabe decir que la metodología usada es explicativa. Asimismo, como **conclusión**, se puede nombrar que al usar la metodología de Terzaghi, Hansen y Vesic, se puede comprender que la función de carga permisible es más grande que la carga solicitada, y por consiguiente, la cimentación secundará la pared de contención en la zona de análisis.

Fernández (2015) realizó la tesis titulada "La capacidad portante del área Aguas Verdes-Tumbes por medio de la prueba SPT y corte directo para objetivos básicos", análisis llevado a cabo para obtener la Maestría en Ciencias de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú, cuyo **objetivo** es calcular la capacidad de carga del suelo del área de análisis

Resulta indispensable nombrar que la **medología** de la cual se logró uso ha sido detallada. Como **conclusión** obtenida se puede nombrar que se obtuvo una capacidad de carga del suelo de 1.33 kg/cm² para una hondura de 3 m.

Bases teóricas

Variable independiente: Método de Hansen

Para definir el Método de Hansen, Rivera y Rivera señalan que:

Es un método de cálculo propuesto por Brinch Hansen en el año 1970, que sirve para la capacidad portante del suelo para cimentaciones. Aunque es cierto para formular este método, Hansen recopiló diferentes métodos de cálculo propuestos por diversos autores, no obstante, parte básicamente de la ecuación iniciada por Terzaghi, referente a formato de expresión pero añade una serie de parámetros correctores (2015, p. 41).

Así, la ecuación general propuesta por Hansen para el cálculo de la capacidad de carga del suelo, es la siguiente:

$$q_u = c * N_c * s_c * d_c * i_c * g_c * b_c + q * N_q * s_q * d_q * i_q * g_q * b_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * g_\gamma * b_\gamma$$

Siendo:

q_u = capacidad de carga última

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación (γD_f)

c = cohesión

γ = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga

s_c, s_q, s_γ = factores de forma

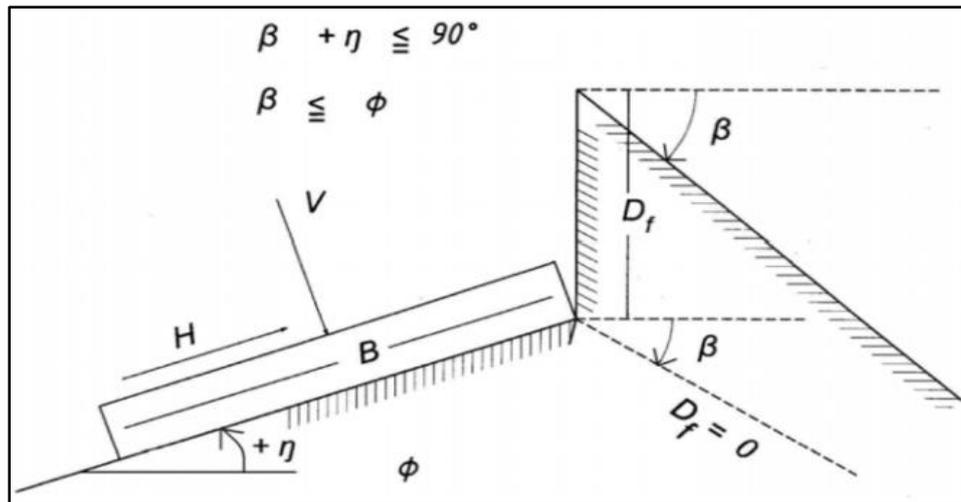
d_c, d_q, d_γ = factores de profundidad

i_c, i_q, i_γ = factores de inclinación de la carga

g_c, g_q, g_γ = factores de inclinación del terreno

b_c, b_q, b_γ = factores de inclinación de la base

Figura SEQ Figura * ARABIC 2: Cimentación superficial inclinada



Fuente: Laura, 2016.

Dimensiones de la variable independiente: Método de Hansen

Dimensión 1: Características físicas del suelo

Rivera y Rivera (2015) señalan que: “Son las características vinculadas a la descripción física de los suelos, como el contenido de humedad, límites de consistencia y la granulometría, los cuales se obtienen mediante ensayos de laboratorio de mecánica de suelos” (p. 35).

Dimensión 2: Factores de diseño

Rivera y Rivera (2015) señalan que: “Los factores de diseño son aquellos que se emplean en la fórmula de Hansen para poder de determinar la capacidad de carga del suelo” (p. 55). Existen seis tipos de factores a considerarse, los cuales son:

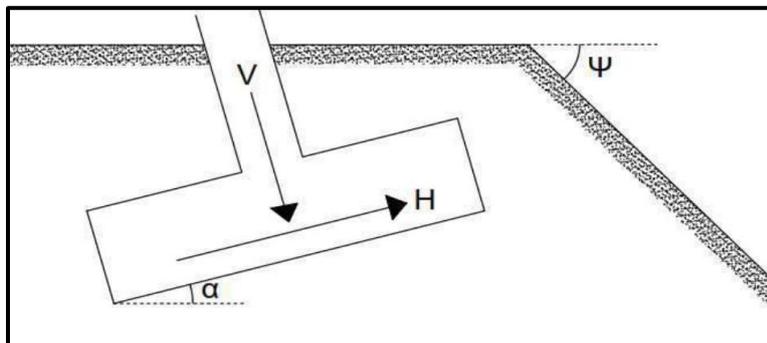
Tabla 2: Factores empleados para el cálculo de capacidad de carga por el Método de Hansen.

Factores de capacidad de carga:	Factores de forma:
$N_c = (N_q - 1) * \cot\phi$ $N_q = e^{\pi * \tan\phi} * \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)$ $N_\gamma = 1.5 * (N_q - 1) * \tan\phi$	$s_c = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) * \left(\frac{N_q}{N_c}\right)$ $s_q = 1 + B/(L * \tan\phi)$ $s_\gamma = 1 - 0.4 * B/L$
Factores de profundidad:	Factores de inclinación de carga:
Para $D_f/B \leq 1$ $d_c = 1 + 0.4 * D_f/B$ $d_q = 1 + 2 * \tan\phi * (1 - \sin\phi)^2 * D_f/B$ $d_\gamma = 1$	$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$ $i_q = \left(1 - 0.5 * \frac{H}{V + B * L * c * \cot\phi}\right)^5$ $i_\gamma = \left(1 - 0.7 * \frac{H}{V + B * L * c * \cot\phi}\right)^5$ Donde: H = componente horizontal de la carga V = componente vertical de la carga
Para $D_f/B > 1$ $d_c = 1 + 0.4 * \tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$ $d_q = 1 + 2 * \tan\phi * (1 - \sin\phi)^2 * \tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$ $d_\gamma = 1$	
Factores de inclinación del terreno:	Factores de inclinación de la base:
$g_c = 1 - \psi/147$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 * \tan \tan \psi)^5$ Donde: ψ = ángulo de inclinación del terreno.	$b_c = 1 - \alpha/147$ $b_q = e^{-2 * \alpha * \tan\phi}$ $b_\gamma = e^{-2.7 * \alpha * \tan\phi}$ Donde: α = ángulo de inclinación de la cimentación.

Fuente: Elaboración Propia.

La ubicación de ψ y α se detalla en la siguiente figura:

Figura SEQ Figura * ARABIC 3: Esquema de inclinación de la



Fuente: Rivera y Rivera (2015).

Dimensión 3: Resistencia del suelo

Rivera y Rivera (2015) señala que: “Esta relacionada a la capacidad que tiene el lote para resistir cargas aplicadas sobre él. Técnicamente se expresa en la función de carga o máxima presión media entre el terreno y la cimentación sin que se produzcan asentamientos” (p. 31). Para la presente tesis la resistencia del suelo (expresada en la capacidad de carga) será calculada empleando la ecuación general de Hansen expuesta anteriormente.

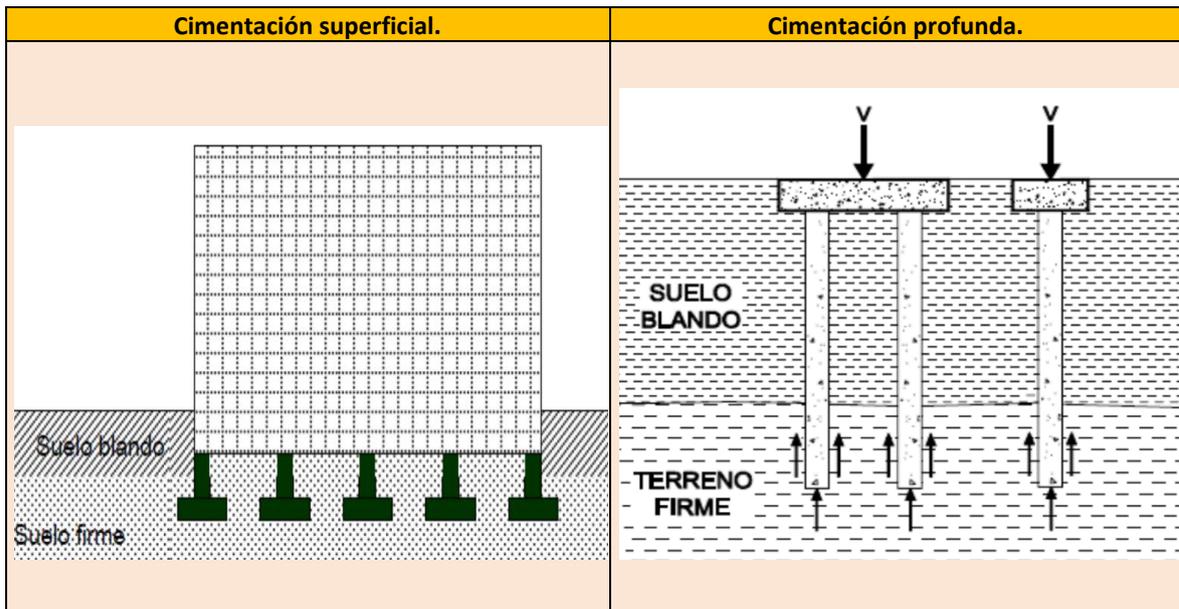
Variable dependiente: Análisis de cimentación

Para definir el Análisis de cimentación, Chavarría señala que:

El análisis de cimentación consiste en los trabajos de ingeniería destinados a la de la función de carga del sistema suelo-cimiento, de las deformaciones que experimenta la cimentación y de los métodos constructivos necesarios para su ejecución. La necesidad de hacer un conveniente estudio de cimentación radica en que, en cada una de las construcciones de ingeniería Civil, como por ejemplo carreteras, muros de contención, inmuebles, represas, etc, tienen que cimentarse sobre o dentro de la tierra. (2017, p. 501).

En términos generales, las cimentaciones se pueden dividir en dos categorías: Cimentaciones superficiales (como los cimientos corridos y las zapatas aisladas) y cimentaciones profundas (como los pilotes).

Figura 4: Tipos de cimentaciones.



Fuente: Chavarría (2017).

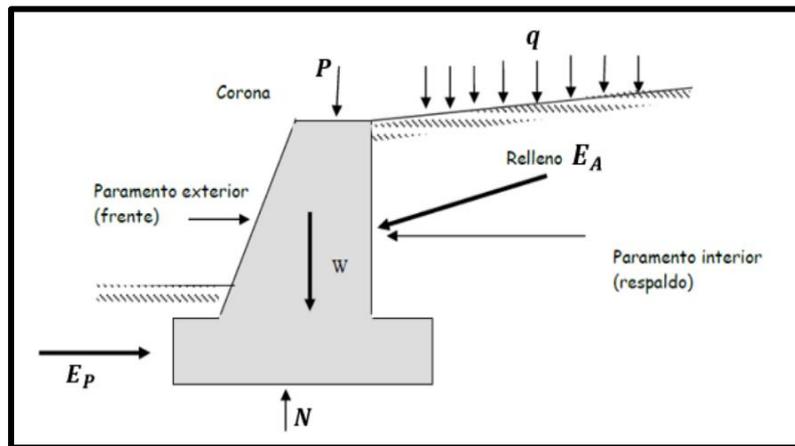
Asimismo, sobre la cimentación y la estabilidad en los muros de contención Chavarría señala que:

Con respecto a las paredes de contención son construcciones que dan seguridad al lote natural u otro material una vez que se modifica su talud natural. Se usa como soporte de rellenos, productos minerales y agua. Para hacer un correcto diseño se necesita conocer las fronteras básicas del suelo (peso específico, ángulo de fricción, cohesión). Después se debería determinar las weight de las fuerzas por arriba de la base de la cimentación, integrados el empuje de la tierra y el peso propio del muro (2017, p. 512).

También se muestra en la figura siguiente, la composición de contención está sometida en su trasdós a los empujes del lote que sostiene, E_A , a probables fuerzas exteriores, P , q , y a su propio peso, W , conjunto de lotes que han de ser soportadas, lote localizado al pie y en la base del muro. Ya que la composición de contención está sometida a unas ocupaciones relevantes y que se basa en un material subjetivamente blando (el suelo) Experimentara una secuencia de movimientos, por lo cual puede movilizarse una cierta reacción del terreno en su parte delantera E_P . Al mismo tiempo, la parte inferior de la estructura recibirá la

fuerza de reacción de la superficie donde se encuentra N , por lo que la estructura recibirá un conjunto de fuerzas como se muestra en la figura expuesta a continuación:

Figura SEQ Figura * ARABIC 5: Sección típica de muro de contención, elementos principales y fuerzas actuantes.



Fuente: Chavarría, 2017.

Dimensiones de la variable dependiente: análisis de cimentación

Dimensión 1: Colapsabilidad del suelo.

Sobre la colapsabilidad del suelo, Chavarría señala que:

Se conocen como suelos colapsables a esos depósitos formados por arena de grano fino o limos y en ciertos casos cementales por arcilla, que, si bien resisten cargas considerables en su estado seco, cuando su humedad aumenta o se satura, su conformación estructural se pierde, acompañada de una severa disminución del volumen externo. (2017, p. 452).

Además, se identifica la colapsabilidad de dichos suelos, una vez que el volumen de vacíos iguala a la proporción de agua en el punto de límite líquido. Para más grande proporción de agua o menor volumen de vacíos el suelo es desequilibrado. La colapsabilidad del suelo se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$Y_{CRIT} = \frac{Y_W}{\left(\frac{1}{G_s}\right) + W.I}$$

Donde:

Y_{crit} = Peso unitario crítico como identificación de la colapsabilidad.

G_s = Es la gravedad específica del suelo

Y_w = Peso unitario del agua.

$W.I$ = Límite líquido en fracción decimal.

Dimensión 2: Características de la cimentación

Chavarría (2017) señala que: “Son aquellas características relacionadas con las dimensiones de la cimentación, es decir, con el largo, ancho y la profundidad, de la cual depende el tipo de cimentación a considerarse” (p. 504).

Las características de la cimentación (subestructura) dependen de la clase superestructura a construirse y las cargas que ésta transmitirá al suelo.

Dimensión 3: Asentamientos de la cimentación.

Chavarría (2017) señala que: “Es aquel movimiento descendente vertical del suelo que se origina al aplicarse cargas sobre el terreno debido a la presencia de estructuras existentes” (p. 207). Para el cálculo de asentamientos se puede emplear la teoría elástica aplicada por Lambe y Whitman (1969).

Así, el asentamiento elástico de una cimentación superficial puede ser calculado empleando la siguiente ecuación:

$$S_e = q_o * B * (1 - \mu_s) * I_f / E_s$$

Donde:

S_e = Asentamiento probable (cm)

B = Ancho de la cimentación (m)

μ_s = Relación de Poisson

q_0 = Capacidad admisible de carga (ton/m²)

I_f = Factor de forma (cm/m)

E_s = Módulo de elasticidad (ton/m²)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Enfoque

La actual indagación emplea un enfoque cuantitativo, ya que recolecta datos para verificar las premisas utilizando la medición numérica. (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014).

Tipo de investigación

La actual indagación es aplicada, ya que busca la solución de problemas prácticos y específicos en un área definida, implementando conocimientos que ya existen, y no construyendo nuevos conocimientos. (Hernandez, Fernandez and Baptista, 2014).

Diseño de investigación

La actual indagación es no experimental, debido a que se ha realizado sin tener que manipular deliberadamente las variables y con tan solo observar el fenómeno para luego poder llevar a cabo un análisis. Y de corte transeccional o transversal ya que ejecuta una recolección de datos en un solo instante, para explicar la incidencia de las variables. (Hernandez, Fernandez and Baptista, 2014).

Nivel de investigación

La actual indagación es descriptiva, ya que busca poder especificar las propiedades de objetos, personas o procesos para realizar su estudio. (Hernandez, Fernandez and Baptista, 2014).

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Método de Hansen.

Variable dependiente: Análisis de cimentación.

La matriz de operacionalización de variables se expone en los anexos.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Con relación a Cabezas, Andrade y Torres (2018) definieron a la población como: “Aquel conjunto de datos en el cual se emplea procedimientos para llevar a cabo el estudio detallado de un conglomerado de elementos con características comunes” (p. 88). En este sentido se ha tomado como población los suelos existentes en el distrito de Yanacancha, provincia de Pasco, Región Pasco.

Muestra y muestreo

Cabezas, Andrade y Torres (2018) definieron a la muestra como: “Es una pequeña parte poblacional la cual dejará difundir datos específicos de la misma”. (p. 93). En este sentido se ha tomado como muestra el suelo del centro poblado de Cajamarquilla del distrito de Yanacancha, provincia de Pasco, siendo el muestreo llevado a cabo con un criterio no probabilístico y de tipo intencional. Además Cabezas, Andrade y Torres (2018) señalan que: El muestreo no probabilístico de tipo intencional u opinático es ese en el que los recursos muestrales se eligen en funcionalidad a criterios establecidos por el investigador” (page 101). Para el muestreo se realizaron exploraciones de campo en el centro poblado de Cajamarquilla donde estará ubicado el muro de contención, recolectándose muestras de suelos mediante la realización de calicatas y empelando un registro de excavaciones.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas

Arias (2012) señala que: "Las técnicas son esas que conforman el grupo de recursos o mecanismos orientados a recabar, mantener y transferir información de los fenómenos por lo cual se está indagando". (p. 67).

Asimismo, las técnicas utilizadas en este estudio son: observación directa, acceso al área de análisis y experimentos de prueba de aplicaciones también se utilizan para tomar decisiones sobre características del suelo, el análisis e interpretación de las fuentes bibliográficas consultadas relacionadas al Método de Hansen y el análisis de cimentaciones, y la valoración de los datos logrados en los diferentes ensayos de laboratorio de mecánica de suelos realizados.

Instrumentos de recolección de datos

Arias (2012) indicó que: "Un instrumento es cualquier medio o formato, así sea digital o en papel, que se usa para registrar o recolectar información, que después podría ser procesada, analizada e interpretada" (página 16). Por consiguiente, para la averiguación de hoy se usarán los próximos instrumentos:

- Prueba de gravedad específica: esta prueba se usa para establecer la gravedad específica del suelo y el relleno mineral (filler) a través de un picnómetro. Una vez que el suelo está formado de partículas más grandes de 2,38 mm (N°. 8), se debería continuar el procedimiento de prueba MTC E 206 para establecer la gravedad específica y la absorción de agua del añadido grueso. Una vez que el suelo se encuentre formado por partículas más grandes y menores de 2,38 mm (No. 8) tamiz, se usará el procedimiento de ensayo que corresponde para cada parte. El costo de la gravedad específica del suelo va a ser el promedio ponderado de ambos valores de esta forma conseguidos.

Figura SEQ Figura * ARABIC 6: Equipo empleado en el ensayo de



Fuente: Laboratorio Masterlem SAC de Mecánica de Suelos.

- Memorias de cálculo: se elaboró una memoria de cálculo para la determinación de la capacidad portante por el Método de Hansen. Asimismo, se elaboró también una memoria de cálculo para la determinación de los asentamientos. Para ello se empleó el software Excel.
- Análisis granulométrico. Este ensayo busca determinar la distribución de la medida de las partículas de suelo que pasaron la serie de diferentes tamices usados en la prueba ha sido de un mayor de $75\ \mu\text{m}$. Los resultados de laboratorio logrados de las pruebas de estudio del tamaño de partículas otorgan información geotécnica importante, como el contenido de agua, los fronteras de consistencia y la magnitud de las partículas del suelo y por consiguiente su clasificación.

Figura SEQ Figura * ARABIC 7: Análisis granulométrico por



Fuente: Laboratorio Masterlem SAC. de Mecánica de Suelos.

- Prueba de corte directo: Puede establecer inmediatamente parámetros geotécnicos relevantes, como la cohesión, el ángulo de fricción interna del suelo, la resistencia al cizallamiento del suelo y las propiedades de resistencia de los materiales de consolidación de drenaje. Involucra deslizar el suelo relacionadas con otra parte durante un plano de fracasa establecido bajo la acción de una fuerza de corte horizontal aumentada, a medida que se aplica una carga común al plano de desplazamiento.

Figura SEQ Figura * ARABIC 8: Máquina de ensayo de



Fuente: Laboratorio Masterlem SAC. de Mecánica de Suelos.

Validación y confiabilidad de instrumento

Se puede definir a la validez como se puede conceptualizar a la validez como hasta qué punto el instrumento mide realmente la variable que se va a medir. Esto se consigue al mostrar que el instrumento refleja conceptos abstractos por medio de sus indicadores empíricos. (Hernández y Mendoza, 2018). Según los profesionales en la materia, en esta encuesta se usaron la validez del juicio de profesionales para evaluar en qué medida el instrumento mide realmente la variable de interés.

Por otra parte, es posible definir a la confiabilidad (también conocida como fiabilidad), como el grado en el cual el instrumento genera resultados consistentes y coherentes en toda la muestra. (Hernández y Mendoza, 2018). En la indagación presente, ya que el laboratorio de mecánica de suelos cumple con los estándares de calidad de cada una de las evaluaciones de muestras, los resultados de las mediciones son exactos y consistentes. Los resultados del análisis de validez y confiabilidad se adjuntan en los anexos.

3.5 Procedimientos

- Se realizó una visita de campo para determinar las características existentes en la zona en estudio, así como para proceder a la realización de calicatas para extraer muestras.
- Se realizó el ensayo de gravedad específica, con fines de determinar el peso específico y la gravedad específica del suelo de la zona en estudio.
- Se realizó el ensayo de análisis granulométrico, para determinar a qué tipo de suelo pertenece la zona en estudio, así como los límites de consistencia.
- Se realizó el ensayo de corte directo, para determinar los parámetros geotécnicos de cohesión y ángulo de fricción interna, los cuales son imprescindibles para el cálculo de la capacidad portante.
- Se realizaron las memorias de cálculo, para obtener la capacidad portante del suelo empleando los criterios del Método de Hansen, y para obtener los posibles asentamientos que podrían originarse, afín de garantizar la estabilidad del muro de contención.

3.6 Manejo de análisis de datos

Se han realizado registros de excavación para registrar las primordiales propiedades del suelo, como por ejemplo humedad, compacidad, consistencia, plasticidad, forma y tamaño de partículas, categorización, etc. Después, se aplican las fórmulas y estándares propuestos por Hansen para establecer la función de carga del suelo en la zona de análisis.

Análisis de la zona en estudio

Ubicación

A continuación, se muestra la ubicación de la zona en estudio:

Ubicación política:

Departamento /Región:	Pasco
Provincia:	Pasco
Distrito:	Yanacancha
Centro Poblado:	Cajamarquilla
Barrio:	Los Ángeles

La presente tesis centra su estudio en el centro poblado de Cajamarquilla, más específicamente en el Barrio de Los Ángeles.

Ubicación geográfica y clima.

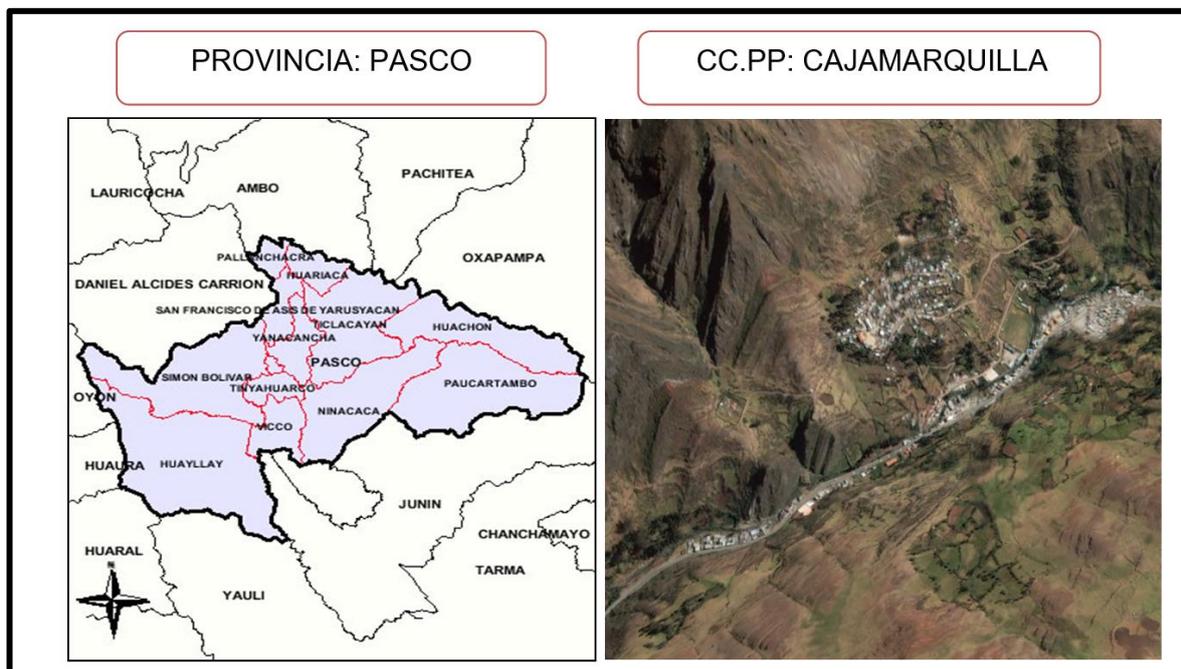
El barrio Los Ángeles se encuentran ubicado en la ciudad de Yanacancha (capital del distrito de Yanacancha), provincia de Pasco - Pasco, ubicada en zona de Sierra, a una altitud de 3430 m.s.n.m. aproximadamente.

Tabla 3: Ubicación geográfica de la zona en estudio.

Punto de Ubicación	Coordenadas UTM-WGS84			
	Punto	Zona	18 M	Altitud (msnm)
Barrio Los Ángeles	BM-01	Coordenada Este	369689	3428.5
		Coordenada Norte	8834377	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 9: Vista satelital del centro poblado de



Fuente: Google Earth.

Figura SEQ Figura * ARABIC 10: Vista satelital del barrio de Los Ángeles.



Fuente: Google Earth.

3.7. Aspectos éticos

En la actual indagación, el tema de Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla – Pasco, cumplió con toda la normatividad exigida por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). También, resulta necesario mencionar que se cumplió con el reglamento del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad César Vallejo, así como con todas las normas que establece el estilo ISO 690, resaltando el respeto de los derechos de propiedad intelectual y el medio ambiente.

Valores éticos

Se ha cumplido en la actual indagación, con los siguientes valores éticos:

Honestidad

Según Hirsch (2019) apunta que la honestidad: “Significa realizar indagaciones y comunicar los resultados y sus probables aplicaciones de manera completa, sin decepcionar a los otros ni a uno mismo” (page 53).

Objetividad

Con relación a Hirsch (2019) indicó la objetividad: "Este es otro valor científico y ético que predomina en la averiguación. Además este valor supone que los investigadores han superado sus propias preconcepciones y desviaciones en la prueba empírica para probar sus conclusiones". (p. 53).

Respeto

En cuanto a Hirsch (2019) señaló sobre el respeto: “Este es el valor ético básico y necesario en toda indagación. Se refieren al respeto a los colegas, derechos de propiedad intelectual, leyes y sujetos de indagación” (p. 54).

IV. RESULTADOS

Investigaciones de campo

Se perforó 1 calicata, con una profundidad máxima 3 metros. Este sondaje permitió Establecer suficiente información estratigráfica para adoptar los estándares básicos más adecuados para la estructura del muro de contención.

Ensayos de laboratorio

Las muestras conseguidas de los pozos fabricados se someten a pruebas de laboratorio: estudio del tamaño de partícula por tamizado, prueba de cizallamiento directo, prueba de gravedad específica.

Características del suelo encontrado

Calicata C-1

Presenta los siguientes estratos:

De 0.00 m a 0.20 m: muestra disturbada.

De 0.20 m a 3.00 m: GP-GC (Grava pobremente gradada con arcilla y arena).

Tabla 4: Resumen características del suelo de la zona en estudio.

Contenido de humedad (%)	8.00
Límite líquido (LL) (%)	19
Límite plástico (LP) (%)	13
Índice plástico (LL-LP=IP) (%)	6
Clasificación (S.U.C.S.)	GP-GC

Fuente: Propia.

De los ensayos de mecánica de suelos se obtuvieron las características físicas del suelo.

Tabla 5: Características físicas del suelo.

Ángulo de fricción interna (Φ)	25.1°
Cohesión (c)	0.18 kg/cm ²
Peso volumétrico seco (γ)	1.674 g/cm ³

Fuente: Propia.

Análisis de la cimentación

De acuerdo a las características existentes en el terreno y a las solicitaciones de la estructura a construirse, se optó por considerar una cimentación conformada por zapatas conectadas por vigas de cimentación.

Para el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación, se ha hecho uso del Método de Hansen, cuya ecuación general es:

$$q_u = c * N_c * s_c * d_c * i_c * g_c * b_c + q * N_q * s_q * d_q * i_q * g_q * b_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * g_\gamma * b_\gamma$$

Siendo:

q_u = capacidad de carga última

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación (γD_f)

c = cohesión

γ = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga

s_c, s_q, s_γ = factores de forma

d_c, d_q, d_γ = factores de profundidad

i_c, i_q, i_γ = factores de inclinación de la carga

g_c, g_q, g_γ = factores de inclinación del terreno

b_c, b_q, b_γ = factores de inclinación de la base

Para este cálculo se tomó en cuenta que el nivel de cimentación de la estructura proyectada será de 2 metros de profundidad con respecto al nivel superficial (0.00 m.)

Para calcular los factores de diseño de la ecuación general de Hansen se emplearon las formulaciones expuestas en la Tabla 2 del capítulo de Marco Teórico.

Profundidad de cimentación:

De acuerdo al trabajo de campo, pruebas de laboratorio, registros estratigráfico y la condición de nivel no freático, se recomienda cimentar el pozo a una profundidad de 2.00 m ($D_f = 2.00$ m).

Tipo de cimentación

Teniendo en cuenta la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posible tamaño de carga, se decidió utilizar una cimentación cuadrada interconectada con vigas de cimentación.

Cálculo de la capacidad de carga admisible: pozo de prueba C-01

La capacidad portante del pozo de cimentación C-01 se ha determinado de acuerdo con las características del subsuelo y se ha propuesto el tamaño de cimentación **recomendado**.

La capacidad de carga se ha determinado con el Método de Hansen.

De acuerdo a las características de la estructura a cimentarse y las características del terreno en estudio, se ha considerado un ancho de zapata de 1.60 m. para las zapatas cuadradas.

Así, tenemos los siguientes resultados para los factores de diseño:

Factores de capacidad de carga:

Tabla 6: Factores de capacidad de carga calculados.

$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi} * \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$	Nq=10.89
$N_\gamma = 1.5 * (N_q - 1) * \tan \phi$	N γ =6.98
$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi$	Nc=21.02

Fuente: Propia.

Factores de forma:

Tabla 7: Factores de forma calculados.

$s_c = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) * \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	Sc=1.52
$s_q = 1 + B / (L * \tan \phi)$	Sq=3.13
$s_y = 1 - 0.4 * B / L$	Sy=0.6

Fuente: Propia.

Factores de profundidad:

Tabla 8: Factores de profundidad calculados.

Para $D_f/B > 1$ ($D_f/B = 2m / 1.6m = 1.25$)	
$d_c = 1 + 0.4 * \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$	dc = 1.13
$d_q = 1 + 2 * \tan \phi * (1 - \sin \phi)^2 * \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$	dq = 1.10
$d_\gamma = 1$	

Fuente: Propia.

No se consideran los factores de inclinación de carga, del terreno y de la base puesto que no existen estas inclinaciones para el caso en estudio. Por ello estos factores son 1, porque no afectan a la fórmula de Hansen.

Entonces, reemplazando los valores de los factores de diseño en la ecuación general de Hansen:

$$q_u = c * N_c * s_c * d_c * i_c * g_c * b_c + q * N_q * s_q * d_q * i_q * g_q * b_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * g_\gamma * b_\gamma$$

$$q_u = 0.18 \frac{kg}{cm^2} * 10.89 * 1.52 * 1.13 * 1 * 1 * 1 + 3.348 * \frac{10^{-3}kg}{cm^2} * 10.89 * 3.13 * 1.10 * 1 * 1 * 1 + 0.5 * 1.674 * 10^{-3} \frac{kg}{cm^3} * 160cm * 6.98 * 0.6 * 1 * 1 * 1 * 1$$

$$q_u = 4.05 \frac{kg}{cm^2}$$

Considerando un factor de seguridad FS=3, entonces:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

$$q_{adm} = \frac{4.05 \frac{kg}{cm^2}}{3} = 1.35 \frac{kg}{cm^2} = 13.5 \frac{Tn}{m^2}$$

Análisis de asentamientos

Tratándose de grava pobremente gradada con arcilla y arena, se calcula por la teoría elástica aplicada por Lambe y Whitman (1969) para el tipo de cimentación analizada y el esfuerzo neto transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por la siguiente expresión:

$$S_e = q_o * B * (1 - \mu_s) * I_f / E_s$$

Los parámetros empleados en la fórmula anterior son los siguientes:

Tabla 9: Resumen de parámetros empleados para el cálculo de asentamiento.

B = ancho de la cimentación (m)	B = 1.60 m
μ_s = Relación de Poisson	$\mu_s = 0.25$
qu = Capacidad de carga última (ton/m ²)	qu = 40.5
If = Factor de forma (cm/m)	If = 82
Es = Módulo de elasticidad (ton/m ²)	Es = 5000

Fuente: Propia.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 10: Módulo de Elasticidad (Es)

Tipo de Suelo	Es (Ton/m ²)
Arcilla Muy Blanda	30 - 300
Blanda	200 - 400
Media	450 - 900
Dura	700 - 2000
Arcilla Arenosa	3000 - 4250
Suelos Glaciares	1000 - 16000
Loess	1500 - 6000
Arena Limosa	500 - 2000
Arena : Suelta	1000 - 2500
: Densa	5000 - 10000
Grava Arenosa : Densa	8000 - 20000
: Suelta	5000 - 14 000
Arcilla Esquistosa	14000 - 140000
Limos	200 - 2000

Fuente: Alva, 2014.

Al tratarse de una grava pobremente gradada con arcilla y arena, del cuadro anterior se tomó un valor de $E_s = 5000 \text{ ton/m}^2$.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 11: Valores de I_f recomendados.

Forma de la Zapata	Valores de I_f (cm/m)			
	Cim. Flexible			Rígida
Ubicación	Centro	Esq.	Medio	---
Rectangular L/B = 2	153	77	130	120
L/B = 5	210	105	183	170
L/B = 10	254	127	225	210
Cuadrada	112	56	95	82
Circular	100	64	85	88

Fuente: Alva, 2014.

De acuerdo al cuadro anterior, al estar la cimentación conformada por zapatas cuadradas y rígidas, se emplea un valor de $I_f = 82$.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 12: Módulo de Poisson

Tipo de Suelo	μ (-)
Arcilla: Saturada	0.4 – 0.5
No Saturada	0.1 – 0.3
Arenosa	0.2 – 0.3
Limo	0.3 – 0.35
Arena : Densa	0.2 – 0.4
De Grano Grueso	0.15
De Grano Fino	0.25
Roca	0.1 – 0.4
Loess	0.1 – 0.3
Hielo	0.36
Concreto	0.15

Fuente: Alva, 2014.

De acuerdo al cuadro anterior, se tomó un valor de $\mu = 0.25$.

Entonces reemplazando en la fórmula de cálculo de asentamiento por la Teoría Elástica de Suelos.

$$S_e = q_u * B * (1 - \mu_s) * I_f / E_s$$

$$S_e = 40.5 * 1.6 * (1 - 0.25) * 82 / 5000$$

$$S_e = 0.80 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54 cm) que Hansen (1970) adoptó de los criterios de Terzaghi y Peck (1967).

$$S_e (0.80 \text{ cm}) < 1" (2.54 \text{ cm})$$

Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2,54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación, por lo cual se garantiza la estabilidad del muro de contención.

Colapsabilidad

Se consideran suelos colapsables los sedimentos formados por arena o limo de grano fino, y en algunos casos cementados por arcilla, que si bien pueden soportar cargas considerables en estado seco, su estructura se resentirá, acompañada de una importante reducción del volumen externo. Cuando su humedad aumenta o se satura.

Cuando el volumen vacío es igual a la cantidad de agua en el punto límite líquido, se puede identificar la colapsabilidad de estos suelos. Para más agua o menos volumen vacío, el suelo es inestable. El grado de colapso del suelo se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Y_{CRIT} = \frac{Y_w}{\left(\frac{1}{G_s}\right) + Wt}$$

Donde:

Ycrit = Peso unitario crítico como identificación de la colapsabilidad.

G_s = Es la gravedad específica del suelo

Y_w = Peso unitario del agua.

W.I = Límite líquido en fracción decimal.

Reemplazando valores en calicata C-01 se obtiene:

Tabla 13: Parámetros empleados para evaluar la colapsabilidad.

Y_w	Peso unitario del agua	=	1.00
G_s	Gravedad específica del suelo	=	1.77
LL	Límite líquido	=	8.9
Wt	Límite líquido en fracción decimal.	=	0.089
Y_d	Peso unitario suelo (corte directo).	=	1.674

Fuente: Propia.

El criterio de evaluación de la colapsabilidad se determina por medio de:

$Y_d / Y_{crit} > 1.0$, el suelo es estable o expansivo.

Pero si, por el contrario:

$Y_d / Y_{crit} < 1.0$, el suelo es colapsable.

Entonces reemplazando en la fórmula tenemos:

$$Y_{CRIT} = \frac{Y_w}{\left(\frac{1}{G_s}\right) + Wt}$$

$$Y_{CRIT} = \frac{1}{\frac{1}{1.77} + 0.089} = 1.529$$

Entonces:

$$\frac{Y_d}{Y_{crit}} = \frac{1.674}{1.529} = 1.1$$

Como $Y_d/Y_{crit} = 1.09 > 1$, entonces el suelo es estable.

Entonces el suelo presenta estabilidad ya que el valor de criterio de evaluación es 1.09, mayor que 1.0.

De lo anterior se puede concluir:

Los valores de índice de plasticidad y las características de los finos predominantes, nos indican un potencial de expansión moderado en el subsuelo estudiado. Además, efectuada la inspección de las viviendas y las edificaciones aledañas, se pudo constatar que no presentaban grietas, ni fisuras, como consecuencia de posibles expansiones o asentamientos del suelo.

V. DISCUSIÓN

Hipótesis general: El Método de Hansen permite analizar la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco. Asimismo, se han planteado las siguientes hipótesis específicas.

A partir de los resultados obtenidos, los cuales fueron una capacidad de carga admisible de 1.35 kg/cm², un asentamiento de 0.74 cm y una estabilidad adecuada del suelo expresada por la expresión $Y_d/Y_{crit} > 1.0$, se puede afirmar que el método de Hansen permitió realizar el análisis de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco, puesto que se analizó la cimentación al determinarse la capacidad portante del suelo, se calcularon los asentamientos y la colapsabilidad del suelo, concluyéndose que se trata de un suelo estable, con lo cual se garantiza la estabilidad del muro de contención.

Dichos resultados contrastan con los logrados por Rivera y Rivera (2015) en su trabajo titulado "Selección de un modelo geotécnico para evaluar el valor de la capacidad portante del muro de contención en media ladera y suelo granular del plan". . "Reparación y mejoramiento del desvío imperial-Pampas", analizaron la cimentación del muro de contención del desvío imperial-Pampas por el método Hansen, obteniendo resultados semejantes, con la capacidad portante permisible de 1.36 kg / cm² y 0.68 El asentamiento de centímetros.

Por ello, se acepta la hipótesis general que forma que *El Método de Hansen permite analizar la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco, también, cumple con el objetivo general aplicar el Método de Hansen para realizar el análisis de la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, puesto que se cumplió con dicho objetivo ya que con el empleo del Método de Hansen se logró analizar la cimentación del muro de contención en dicha zona en estudio determinándose la capacidad portante, el asentamiento probable y la colapsabilidad del suelo.

Hipótesis específica 1: El Método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.

A partir de los resultados obtenidos, los cuales fueron una cohesión de $c=0.18\text{kg/cm}^2$ y un ángulo de fricción interna de 25.1° , se puede afirmar que el Método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco, puesto que esta relación radica en que el Método de Hansen emplea estas características físicas como cohesión y ángulo de fricción interna de manera imprescindible para calcular la capacidad de carga del suelo, es decir, no se puede emplear la ecuación general y los criterios de Hansen sino se conoce previamente las características físicas del suelo.

Estos resultados contrastan con los que obtuvieron Cañi y Gómez (2019) En su trabajo titulado "Propuestas técnicas para la cimentación de la construcción en el sector VII del distrito Alto de la Alianza-Tacna- 2018", obtuvo resultados semejantes al señalar que el método de Hansen está bastante referente con las características físicas suelo resultados y mecánica, debido a que sus ecuaciones en general tienen que usar dichos límites. Cabe señalar que en este artículo, el ángulo de cohesión y fricción de $0.033\text{ kilogramo / cm}^2$ interna de 30.74° .

Por consiguiente, se acepta la primera hipótesis específica relacionada con establecer cómo el método de Hansen establece las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención del núcleo de la población Cajamarquilla-Pasco, se admitió la primera conjetura específica. Referente con las características físicas del suelo de cimentación del muro de contención en el centro poblado, ya que el asentamiento Cajamarquilla-Pasco alcanzó la finalidad postulado, la decisión de esta interacción radica en que el procedimiento Hansen debería usar las características físicas del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción interno, para hacer la exploración de cimentación.

Hipótesis específica 2: El método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales fueron: factores de capacidad de carga ($N_q=10.89$, $N_\gamma=6.98$, $N_c=21.02$), factores de forma ($S_c=1.52$, $S_q=3.13$, $S_\gamma=0.6$), factores de profundidad ($d_c = 1.13$, $d_q = 1.10$, $d_\gamma = 1$), factores de inclinación de carga ($i_c = 1.00$, $i_q = 1.00$, $i_\gamma = 1.00$), factores de inclinación del terreno ($g_c = 1.00$, $g_q = 1.00$, $g_\gamma = 1.00$), factores de inclinación de la base ($b_c=1.00$, $b_q =1.00$, $b_\gamma = 1.00$), se puede afirmar que el método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco, puesto que esta relación radica en que el Método de Hansen necesariamente hace uso de estos factores de diseño para poder calcular capacidad de carga última del suelo. Asimismo, es importante mencionar que, en la presente investigación, no se consideran los factores de inclinación de carga, del terreno y de la base puesto que no existen estas inclinaciones para el caso en estudio. Por ello estos factores son 1, porque no afectan a la fórmula de Hansen.

Estos resultados contrastan con los que obtuvo Fernández (2015) En su trabajo titulado "La capacidad portante del distrito Aguas Verdes-Tumbes por medio de la prueba SPT y corte directo para objetivos de cimentación", aseguró que el procedimiento de Hansen usa coeficientes de diseño de cimentación para calcular la capacidad portante de la cimentación y obtuvo resultados semejantes. Efecto de Suelo, considere 6 tipos de componentes (capacidad de carga, forma, hondura, inclinación de la carga, pendiente del suelo y pendiente de la base).

Por consiguiente, se acepta la segunda hipótesis específica, la cual establece que el procedimiento de Hansen se relaciona con los componentes de diseño de la cimentación del muro de contención del núcleo de la población Cajamarquilla-Pasco, y también de decidir cómo se relaciona el procedimiento de Hansen con el núcleo de la población Cajamarquilla-Pasco. Las metas específicas son consistentes. Los componentes de diseño de la cimentación del muro de contención del núcleo de la población Cajamarquilla-Pasco, ya que se alcanzaron las metas marcadas, pues la decisión de esta interacción se fundamenta en el procedimiento Hansen, se tienen que usar componentes de diseño para calcular la capacidad portante del suelo.

Hipótesis específica 3: El Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales fueron una capacidad de carga última del suelo de 4.05 kg/cm² y una capacidad de carga admisible de 1.35 kg/cm², se puede afirmar que el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco, puesto que esta relación radica en que el Método de Hansen permite analizar dicha resistencia calculando la capacidad de carga última y la capacidad de carga admisible del suelo gracias a las formulaciones que propone el Método de Hansen.

Estos resultados contrastan con los que obtuvo Quesada (2017) en la tesis titulada "Decisión de la capacidad portante de cimentaciones superficiales de cimentaciones estratificadas de suelo de fricción", obtuvo resultados semejantes una vez que se logró que el procedimiento de Hansen está referente con la resistencia del suelo, debido a que puede calcular la capacidad portante última del suelo y hace falta en este sitio donde el suelo se expresa resistencia.

Se acepta la tercera hipótesis específica que establece que *El Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, además que tiene coherencia con el tercer objetivo específico planteado de *determinar cómo el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, puesto que se cumplió con dicho objetivo específico, ya que se determinó que esta relación radica en que la resistencia del suelo se expresa en los parámetros de capacidad de carga última y capacidad de carga admisible los cuales pueden ser calculados por el Método de Hansen.

VI. CONCLUSIONES

Primera: Al respecto del objetivo general planteado de *aplicar el Método de Hansen para realizar el análisis de la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se concluye que el Método de Hansen permitió realizar el análisis de la cimentación del muro de contención en dicho centro poblado, puesto que se analizó la cimentación al determinarse la capacidad portante del suelo, se calcularon los asentamientos y la colapsabilidad del suelo, concluyéndose que se trata de un suelo estable, con lo cual se garantiza la estabilidad del muro de contención.

Segunda: Al respecto del primer objetivo específico planteado de *determinar cómo el método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se concluye que esta relación radica en que el Método de Hansen emplea estas características físicas como cohesión y ángulo de fricción interna de manera imprescindible para calcular la capacidad de carga del suelo, es decir, no se puede emplear la ecuación general y los criterios de Hansen sino se conoce previamente las características físicas del suelo.

Tercera: Al respecto del segundo objetivo específico planteado de *determinar cómo el método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se concluye que esta relación radica en que el Método de Hansen necesariamente hace uso de estos factores de diseño para poder calcular capacidad de carga última del suelo. Asimismo, es importante mencionar que, en la presente investigación, no se consideran los factores de inclinación de carga, del terreno y de la base puesto que no existen estas inclinaciones para el caso en estudio. Por ello estos factores son 1, porque no afectan a la fórmula de Hansen.

Cuarta: Al respecto del tercer objetivo específico planteado de *determinar cómo el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se concluye que esta relación radica en que el Método de Hansen permite analizar

dicha resistencia calculando la capacidad de carga última y la capacidad de carga admisible del suelo gracias a las formulaciones que propone el Método de Hansen.

VII. RECOMENDACIONES

Primera: Al respecto del objetivo general planteado de *aplicar el Método de Hansen para realizar el análisis de la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se recomienda en futuras investigaciones similares hacer uso del Método de Hansen, puesto que con las formulaciones y los criterios que emplea, ha demostrado ser útil para realizar el análisis de cimentación del suelo

Segunda: Al respecto del primer objetivo específico planteado de *determinar cómo el método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se recomienda que se realicen los ensayos de laboratorio de suelos en laboratorios geotécnicos de confianza, ya que los parámetros y características geotécnicas que se obtienen de estos ensayos deben ser correctos ya que son imprescindibles para poder emplear el Método de Hansen en el cálculo de la capacidad de carga del suelo para el diseño de cimentaciones.

Tercera: Al respecto del segundo objetivo específico planteado de *determinar cómo el método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se recomienda que en futuras investigaciones comparar los factores de diseño considerados por el Método de Hansen con los factores considerados por el Método de Meyerhof y el Método de Vesic, a fin de comparar resultados para determinar que metodología es la más adecuada para el análisis de cimentaciones de muros de contención.

Cuarta: Al respecto del tercer objetivo específico planteado de *determinar cómo el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco*, se recomienda comparar en futuras investigaciones la capacidad de carga admisible del suelo obtenida por el Método de Hansen con la que se obtiene con el Método de Terzaghi afín de evaluar los principales cambios que propuso Hansen a la Teoría de Suelos de Terzaghi.

REFERENCIAS

- Al-Shamrani, M. y Baig, A. (2015). Una solución de forma cerrada para la capacidad de carga de cimientos en suelos anisotrópicos cohesivos. *Revista de ingeniería de la construcción*, 30 (2), 109-125.
- Alva, J. (2014). *Diseño básico*. Lima, Perú: ICG Editorial Fund-Third Edition.
- Arias, F. (2012). *Proyecto de invención*. Caracas, Venezuela: Episteme-Sexta Edición.
- Bunawan, A., Momeni, E., Armaghani, D., Nissa, K. & Rashid, A. (2018). Técnicas de redes neuronales y difusas neurales para estimar la capacidad de carga de suelos blandos cohesivos reforzados con columnas de cemento-suelo. *Medida*, 124, 529-538.
- Cabezas, E., Andrade, D. y Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Sangolquí, Ecuador: Comité Editorial de la ESPE de la Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Calderón, A. (2015). *La información geotécnica como elemento de análisis de la planificación y el diseño arquitectónico básico (tesis de pregrado)*, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Cañi, G. y Gómez, J. (2019). *Ubicado en el distrito Alto de la Alianza-Tacna-2018 (tesis de pregrado), la propuesta tecnológica básica para la vivienda de la universidad privada de Tacna, Perú*.
- Chavarría, T. (2017). *Desarrollar el contenido del programa de las asignaturas "Análisis Geotécnico" y "Básicas" del Departamento de Ingeniería Geotécnica para incorporar la reforma curricular de la Profesión de Ingeniería Civil (Tesis de Grado) de la Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador*.
- Chen, D., Hou, L., Bu, X. y Chen, Y. (2020). *Un método de capacidad portante de sección de terreno no estructurado considerando la mecánica del suelo y*

- las características geométricas de la rueda [J]. *Journal of Geomechanics*, 89, 13-20.
- Chen, Q. y Abu-Farsakh, M. (2015). Análisis de la capacidad de carga última de la base de la tira de cimentación reforzada [J]. *Suelo y cimentación*, 55 (1), 74-85.
- Chen, T. y Xiao, S. (2020). Generalmente, se considera la solución unificada del límite superior de la capacidad portante de la cimentación de tira rígida poco profunda con expansión del suelo. *Suelo y Fundación*, 60 (1), 155-166.
- Chwała, M. (2019). Capacidad de carga no drenada de suelo aleatorio en espacio de zapata rectangular. *Suelo y cimentación*, 59, 1508-1521.
- Domínguez, R. (2016). Diseño de ingeniería geotécnica del edificio de oficinas de diez pisos en la zona de transición del Instituto Nacional de Tecnología en la Ciudad de México, México (tesis de pregrado)
- Escobar, A. (2018). Diseño básico e investigación de suelos de pequeño complejo deportivo en la localidad de Ampas-Huari, 2018 (tesis de pregrado), Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.
- Fernández, R. (2015). Pasar la prueba SPT y realizar directamente la capacidad de carga de propósito básico en el distrito Aguas Verdes-Tumbes (tesis de posgrado) de la Universidad Nacional Cajamarca de Cajamarca, Perú.
- Fu, D., Zhang, Y. y Yan, Y. (2020). La capacidad de carga de la base del cajón de succión circular bajo la carga general en la arcilla. *Ingeniería informática y geotécnica*, 123.
- Gómez, J. y Cenepo, J. (2019). Evaluación y diseño de capacidad portante del suelo de cimentación residencial multifamiliar en CC.NN. Pucallpa, en el distrito de Shanao, Lamas, San Martín (tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- Halder, K. y Chakraborty, D. (2020). La influencia de la carga oblicua y la carga excéntrica en la capacidad de carga de la cimentación reforzada con tira de pendiente [J]. *Suelo y cimentación*, 60, 791-799.

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Método de investigación. México: Editorial McGraw-Hill-Quinta edición.
- Hirsch A. (2019). Valores éticos en la investigación considerados por académicos de posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México. Revista de educación superior, 48 (192), 49-66.
- Ibáñez, L. (2017). Análisis de la influencia de la profundidad de la cimentación en la reducción del asentamiento de la losa de cimentación de pilotes compuestos [J]. Obras y Proyectos, 22, 42-49.
- Jin, L., Zhang, H. y Feng, Q. (2019). Aplicación de la optimización mejorada del movimiento radial en el cálculo del límite superior de la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales de suelos insaturados [J]. Ingeniería informática y geotécnica, 109, 82-88.
- Kasama, K., Whittle, A. y Kitazume, M. (2019). Influencia de la variabilidad espacial de la cimentación tratada con cemento masivo sobre la capacidad portante de la cimentación bajo carga inclinada [J]. Soil and Foundation, 59, 2125-2143.
- Khorrami, R., Derakhshani, A. y Moayedi, H. (2020). Una nueva fórmula explícita para la capacidad de carga máxima de la base poco profunda de suelo granular utilizando el árbol modelo M5. Medida, 163, 1-14.
- Lee, J., Jeong, S. y Lee, S. (2016). Coeficiente de capacidad de carga no drenada de la fundación del anillo en suelo heterogéneo. Ingeniería informática y geotécnica, 75, 103-111.
- Luo, N. y Bathurst, R. (2017). Utilice RFEM para realizar análisis fiables de la capacidad de carga en cimientos de pendientes de suelo cohesivo. Ingeniería informática y geotécnica, 89, 203-212.
- Misir, G. y Laman, M. (2018). Estimación de la capacidad de carga de la arcilla de recubrimiento de relleno granular reforzado monocapa. Geotextiles y geomembranas, 46 (6), 817–829.

- Motra, H., Stutz, H. y Wuttke, F. (2016). Evaluación de la calidad del modelo de factor de capacidad portante del suelo de cimentación poco profunda [J]. *Suelo y cimentación*, 56 (2), 265-276.
- Panique, D., Galindo, R. y Patiño, H. (2020). Capacidad de carga de cimientos poco profundos bajo carga cíclica de suelo cohesivo [J]. *Ingeniería informática y geotécnica*, 123, 1-16.
- Quesada, L. (2017). Determinación de la capacidad portante de cimentaciones someras a partir de suelo estratificado de fricción (tesis de pregrado), Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Quevedo, G y Martínez, A. (2011). Análisis estocástico y diseño probabilístico en ingeniería geotécnica: aplicación en diseño de ingeniería geotécnica de cimentaciones superficiales en suelos arcillosos. *Revista de arquitectura*, 10 (1), 15-23.
- Rivera, L. y Rivera, N. (2015). Seleccionar modelo geotécnico para evaluar la importancia de la capacidad portante del muro de contención medio del talud en el suelo granular, proyecto "Reparación y Mejoramiento de la Carretera Debió Imperial-Pampas" (tesis de pregrado), Universidad Ricardo Palma de Lima, Perú.
- Salimi, S., Abbo, A. y Kouretzis, G. (2019). La capacidad de carga de la base de la tira sobre la arena en capas. *Ingeniería informática y geotécnica*, 114, 1-11.
- Santhoshkumar, G. y Ghosh, P. (2020). La capacidad de carga máxima de la cimentación de faldón de suelo de baja cohesión basada en la teoría de la línea de deslizamiento [J]. *Ingeniería informática y geotécnica*, 123.
- Sargazi, O. y Seyedi, E. (2017). Capacidad de carga de la cimentación de anillo en suelo no cohesivo bajo carga excéntrica. *Ingeniería informática y geotécnica*, 92, 169-178.
- Schmüdderich, C., Lavasan, A., Tschuchnigg, F. y Wichtmann, T. (2020). La capacidad de carga de la base de la tira colocada junto a la base existente en el suelo de fricción. *Suelo y Fundación*, 60 (1), 229-238.

- Tristá, J., Cobelo, W. y Quevedo, G. (2020). La aplicación de propiedades de suelos parcialmente saturados en el modelado del comportamiento de resistencia de cimientos aislados bajo carga axial. *Revista de ingeniería de la construcción*, 35 (2), 100-110.
- Vanegas, Y. (2020). Determinación de los factores de resistencia de cimentaciones superficiales y profundas a nivel local (tesis de pregrado), Instituto de Ingeniería de Colombia Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
- Vaseghi, S., Imam, R. and McCartney, J. (2019). The influence of relative density on the bearing capacity of unsaturated sand. *Soil and foundation*, 59, 1280-1291.
- Wu, Y., Zhou, X., Gao, Y. & Shu, S. (2020). Linearly increase the bearing capacity of the shallow foundation embedded in the spatially random soil with the average undrained shear strength. *Computer and Geotechnical Engineering*, 122, 1-13.
- Zhang, C., Yan, Q., Zhao, J. & Wang, J. (2020). The ultimate bearing capacity formula of strip foundation based on Meyerhof theory and unsaturated soil mechanics. *Computer and Geotechnical Engineering*, 126, 1-11.
- Zhang, R., Xiao, Y., Zhao, M. & Jiang, J. (2020). Seismic bearing capacity of the strip foundation placed near the $c-\phi$ soil slope. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 136, 1-11.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia.

Tabla 14: Matriz de consistencia.

TÍTULO:	"Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021".						
AUTOR:	Bach. Oré Pareja, Bryan Alexander .						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGIA	
GENERAL	GENERAL	GENERAL					
¿Aplicando el Método de Hansen se podrá analizar la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco?	Aplicar el Método de Hansen para realizar el análisis de la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	El Método de Hansen permite analizar la cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	VARIABLE INDEPENDIENTE Método de Hansen.	Características físicas del suelo.	Granulometría.	Enfoque: Cuantitativo.	
					Ángulo de fricción interna.		
					Cohesión.	Diseño de Investigación: No experimental.	
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS					
PE1: ¿De qué manera el Método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco?	OE1: Determinar cómo el método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	HE1: El Método de Hansen se relaciona con las características físicas del suelo de la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	VARIABLE INDEPENDIENTE Método de Hansen.	Factores de diseño.	Factores de capacidad de carga.	Tipo de Investigación: Aplicada.	
					Factores de forma.		
					Factores de profundidad.		
					Factores de inclinación de carga.		
					Factores de inclinación del terreno.		
Factores de inclinación de base.							
PE2: ¿De qué manera el método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco?	OE2: Determinar cómo el método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	HE2: El método de Hansen se relaciona con los factores de diseño de cimentación de muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	VARIABLE INDEPENDIENTE Método de Hansen.	Resistencia del suelo.	Capacidad de carga admisible.	Tipo de Investigación: Aplicada.	
					Colapsabilidad del suelo.		Peso unitario del suelo.
							Gravedad específica del suelo.
PE3: ¿De qué manera el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco?	OE3: Determinar cómo el Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	HE3: El Método de Hansen se relaciona con la resistencia del suelo para la cimentación del muro de contención en el centro poblado Cajamarquilla-Pasco.	VARIABLE DEPENDIENTE Análisis de cimentación.	Características de la cimentación	Dimensiones de la cimentación: largo, ancho y profundidad.	Tipo de Investigación: Aplicada.	
				Asentamientos de la cimentación.	Asentamiento diferencial.		

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2

Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 15: Matriz de operacionalización de variables.

TÍTULO:	"Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021".
AUTOR:	Bach. Oré Pareja, Bryan Alexander.

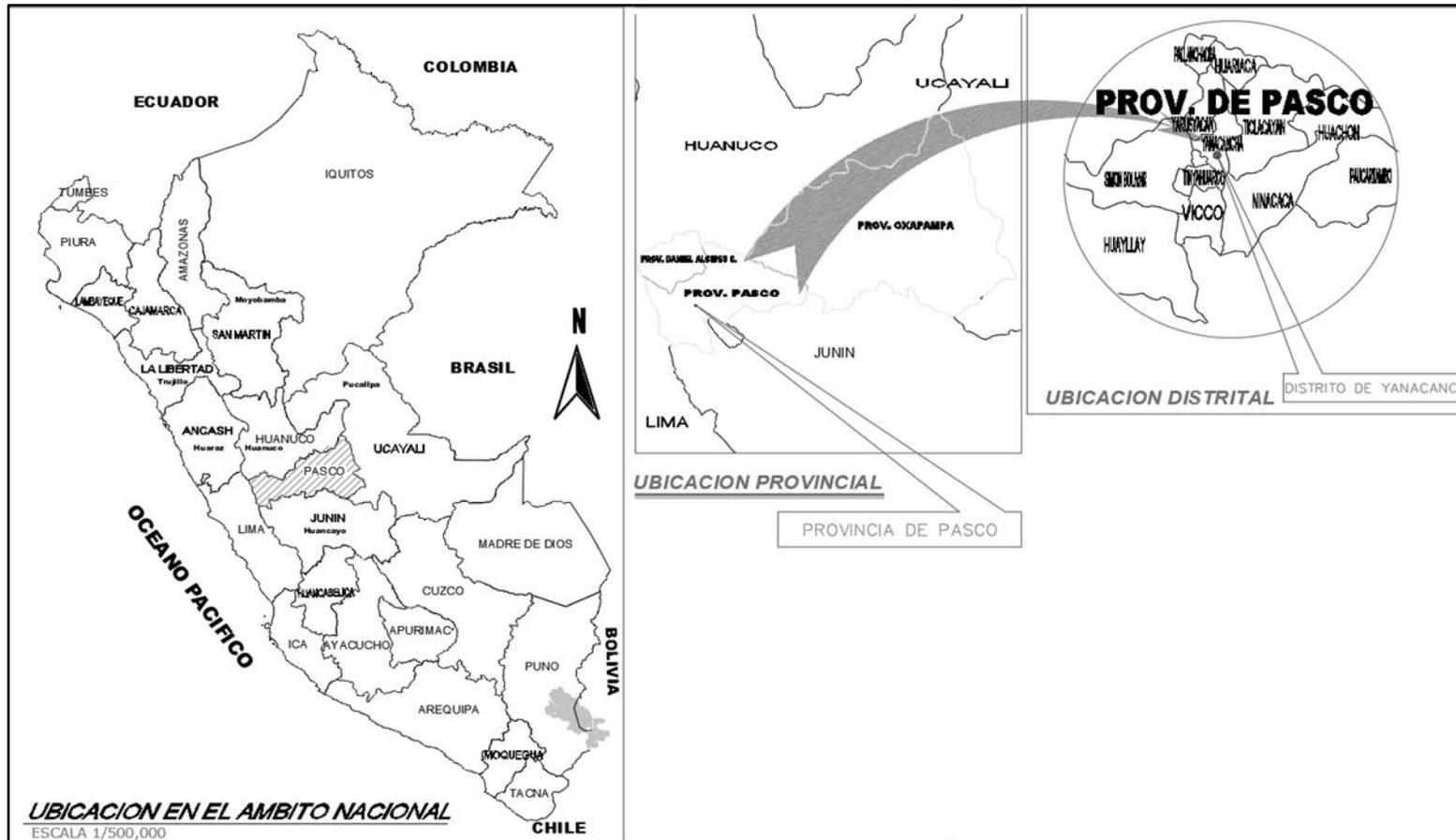
VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE Método de Hansen.	Es un método de cálculo propuesto por Brinch Hansen en el año 1970, que sirve para determinar la capacidad portante del suelo para cimentaciones. (Rivera y Rivera, 2015).	Método empleado para determinar la capacidad portante del suelo y que parte del estudio de las características físicas del suelo, los factores de diseño considerados para calcular la capacidad portante, y la resistencia del suelo. Para lo cual emplea ensayos de análisis granulométrico, corte directo y memorias de cálculo.	Características físicas del suelo.	Granulometría.	Ensayo de análisis granulométrico.	ORDINAL
				Angulo de fricción interna.	Ensayo de corte directo.	
				Cohesión.	Ensayo de corte directo.	
			Factores de diseño.	Factores de capacidad de carga.	Memoria de cálculo.	ORDINAL
				Factores de forma.	Memoria de cálculo.	
				Factores de profundidad.	Memoria de cálculo.	
				Factores de inclinación de carga.	Memoria de cálculo.	
Resistencia del suelo.	Factores de inclinación del terreno.	Memoria de cálculo.	ORDINAL			
	Factores de inclinación de base.	Memoria de cálculo.				
DEPENDIENTE Análisis de cimentación.	Consiste en los trabajos de ingeniería destinados a la evaluación de la capacidad de carga del sistema suelo-cimiento Y de las deformaciones que experimenta la cimentación. (Chavarría, 2017).	Es aquella que evalúa la capacidad de carga suelo-cimiento y las deformaciones que se originan, para lo cual estudia la colapsabilidad del suelo, las características de la cimentación y los asentamientos, empleando ensayos de corte directo, gravedad específica y memorias de cálculo.	Colapsabilidad del suelo.	Peso unitario del suelo.	Ensayo de corte directo.	ORDINAL
				Gravedad específica del suelo.	Ensayo de gravedad específica.	
				Límite líquido.	Ensayo de límites de consistencia.	
			Características de la cimentación	Dimensiones de la cimentación: largo, ancho y profundidad.	Memoria de cálculo.	ORDINAL
			Asentamientos de la cimentación.	Asentamiento diferencial.	Memoria de cálculo.	ORDINAL

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 3

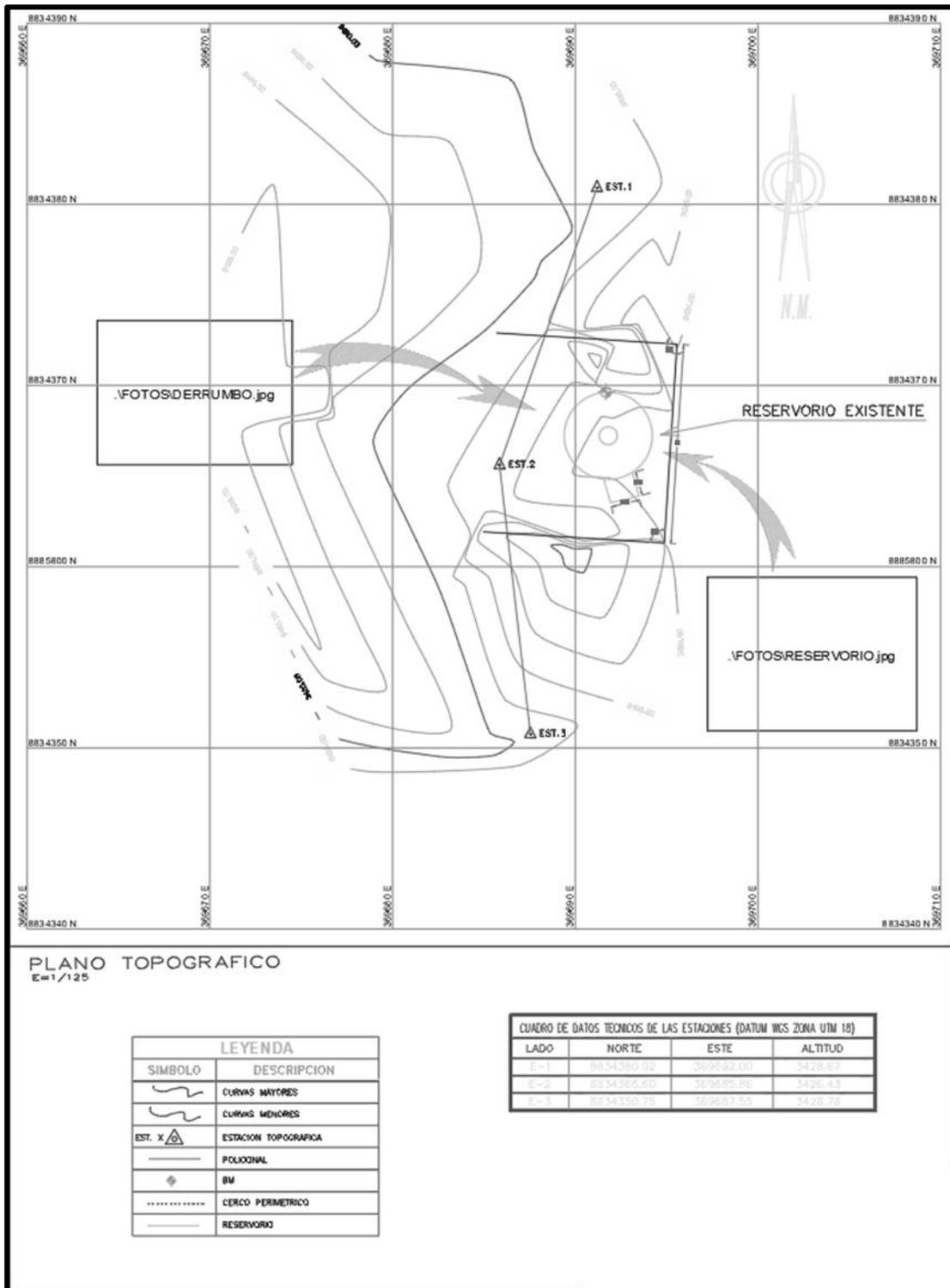
Planos.

Figura SEQ Figura * ARABIC 11: Ubicación del distrito de Yanacancha.



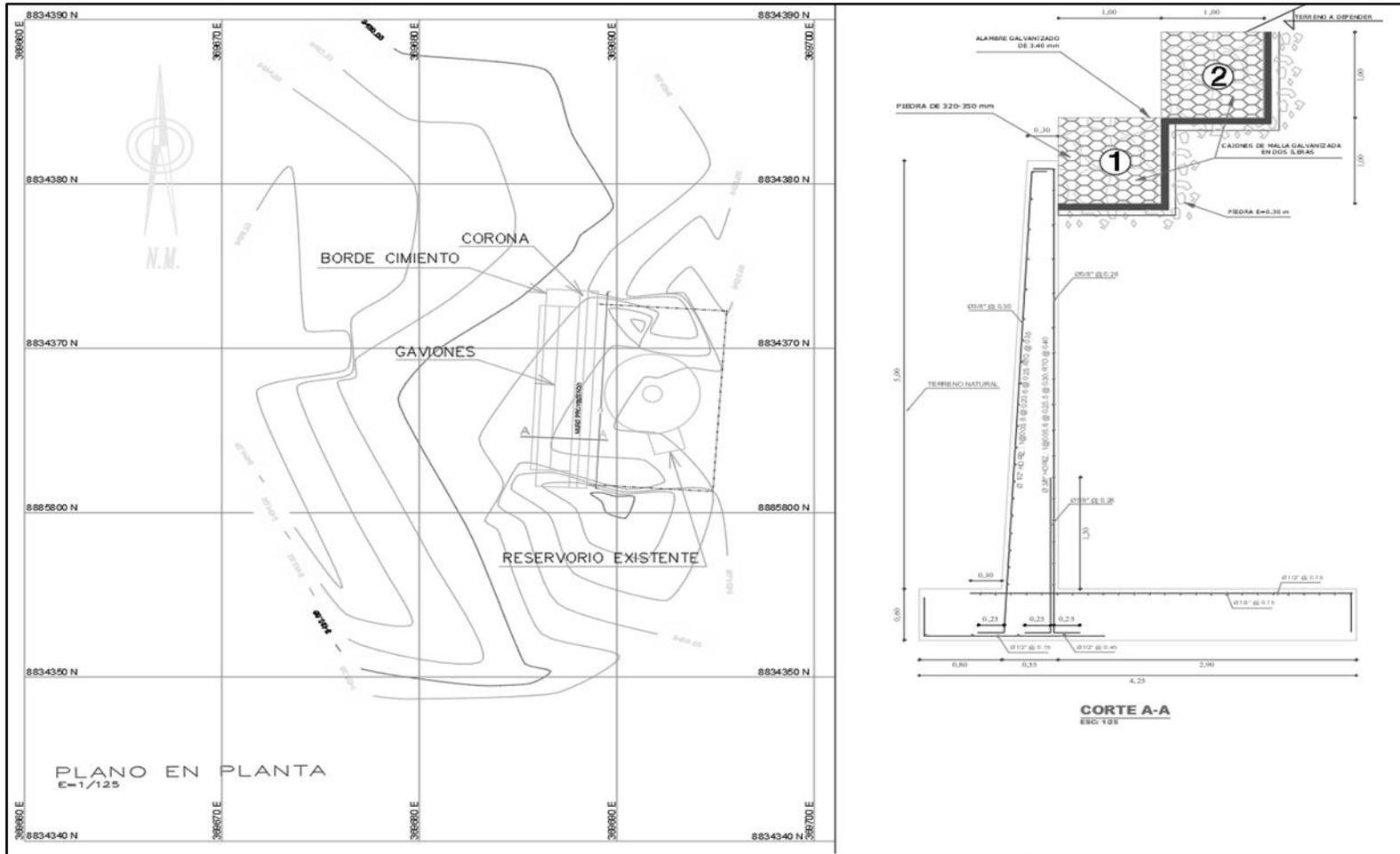
Fuente: Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 12: Plano topográfico.



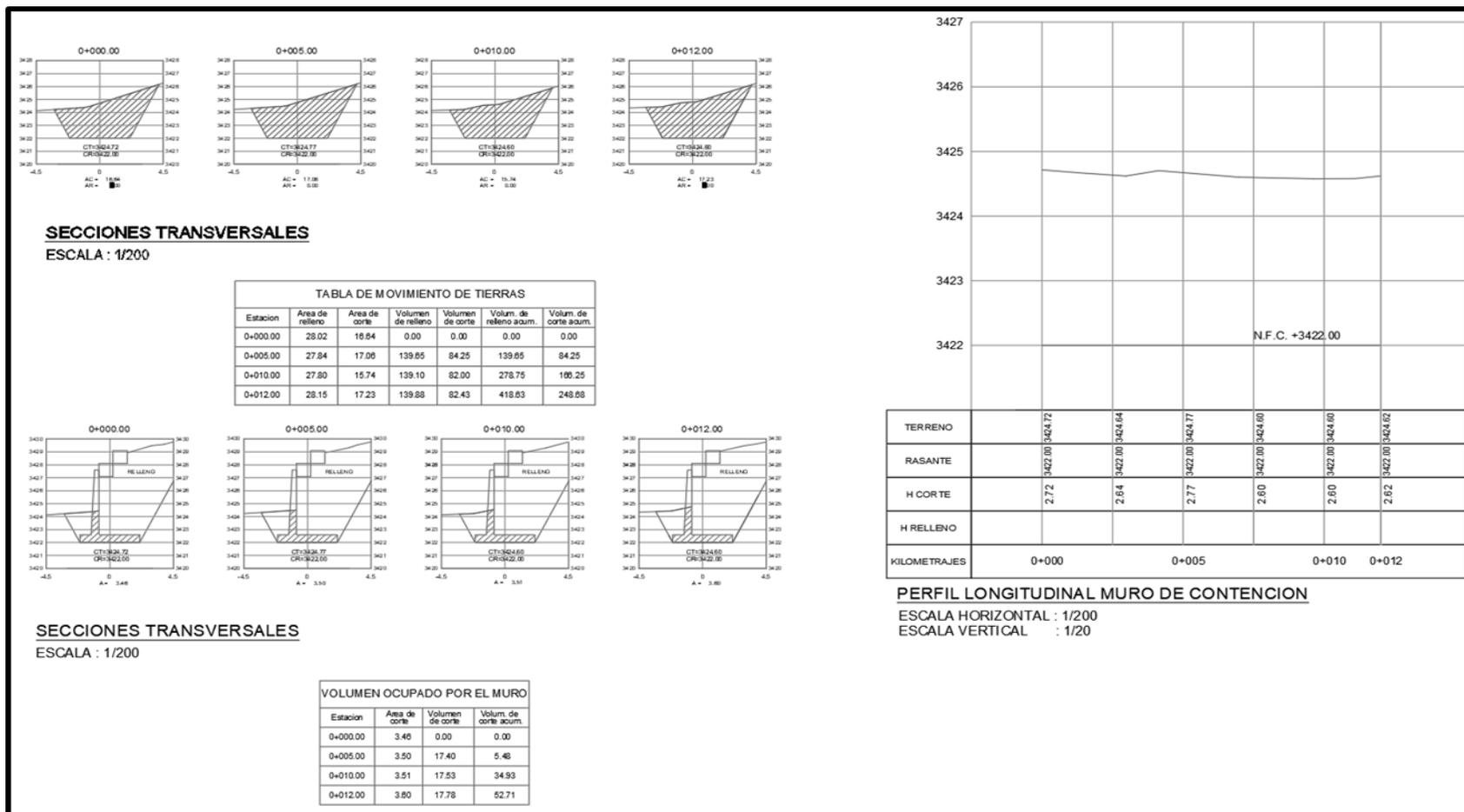
Fuente: Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 13: Plano de planta.



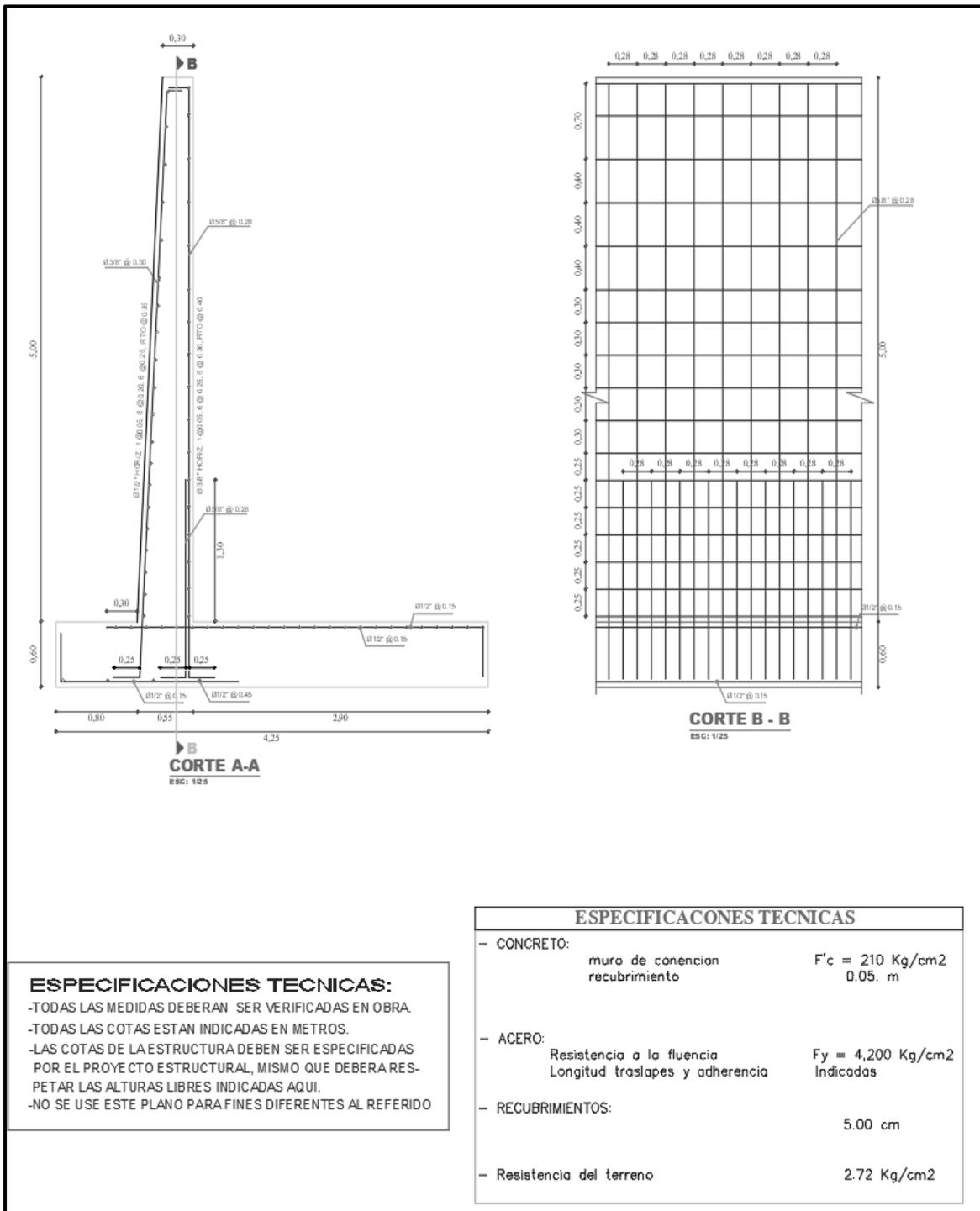
Fuente: Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 14: Plano longitudinal y secciones transversales.



Fuente: Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 15: Plano de detalle del muro de contención.



Fuente: Propia.

Anexo 4
Panel fotográfico.

Figura SEQ Figura * ARABIC 16: Foto del reservorio.



Fuente: Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 17: Caída del lodo hacia el reservorio.



Fuente: Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 18: Foto 1 del reservorio afectado por el



Fuente: Propia.

Figura SEQ Figura * ARABIC 19: Foto 2 del reservorio afectado por el



Fuente: Propia.

Anexo 5
Ficha de validación – juicio de expertos.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 16: Ficha de validación.

FICHA DE VALIDACIÓN						
TÍTULO:				AUTOR:		
"Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021"				Bach. Oré Pareja, Bryan Alexander .		
VARIABLES EMPLEADAS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	VALIDEZ DEL JUICIO DE EXPERTOS		
				INGENIERO N°1	INGENIERO N°2	INGENIERO N°3
Método de Hansen.	Características físicas del suelo.	Granulometría.	Ensayo de análisis granulométrico.	0.81	0.83	0.85
		Ángulo de fricción interna.	Ensayo de corte directo.	0.85	0.79	0.87
		Cohesión.	Ensayo de corte directo.	0.78	0.88	0.84
	Factores de diseño	Factores de capacidad de carga.	Memoria de cálculo.	0.76	0.78	0.81
		Factores de forma.	Memoria de cálculo.	0.88	0.77	0.78
		Factores de profundidad.	Memoria de cálculo.	0.91	0.89	0.79
		Factores de inclinación de carga.	Memoria de cálculo.	0.77	0.83	0.89
		Factores de inclinación del terreno.	Memoria de cálculo.	0.73	0.95	0.93
Factores de inclinación de la base.	Memoria de cálculo.	0.82	0.83	0.88		
Resistencia del suelo.	Capacidad de carga admisible.	Memoria de cálculo.	0.76	0.75	0.77	
Análisis de cimentación.	Colapsabilidad del suelo.	Peso unitario del suelo.	Ensayo de corte directo.	0.84	0.91	0.76
		Gravedad específica del suelo.	Ensayo de gravedad específica.	0.94	0.89	0.91
		Límite líquido.	Ensayos de límites de consistencia.	0.87	0.88	0.84
	Características de la cimentación.	Dimensiones de la cimentación: largo, ancho y profundidad.	Memoria de cálculo.	0.83	0.77	0.82
	Asentamientos de la cimentación.	Asentamiento diferencial.	Memoria de cálculo.	0.78	0.74	0.75
INTERPRETACIÓN DEL VALOR DE LA VALIDEZ (Según Oseda, 2012)			Sumatoria	12.33	12.49	12.49
Valor de la validez obtenida	Interpretación		Sumatoria / (n° de instrumentos)	0.82	0.83	0.83
0.53 a menos	Validez nula					
0.54 a 0.59	Validez baja		Promedio de la validez obtenida	0.83		
0.60 a 0.65	Válida					
0.66 a 0.71	Muy válida					
0.72 a 0.99	Excelente validez					
1.00	Validez perfecta					

Fuente: Propia.

Anexo 6

Memoria de cálculo – capacidad portante del suelo.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 17: Memoria de cálculo – capacidad portante

MEMORIA DE CÁLCULO - CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO			
TÍTULO:		"Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021"	
AUTOR:		Bach. Oré Pareja, Bryan Alexander.	
Características físicas del suelo:		Características de la cimentación:	
c =	0.18 kg/cm ²	Tipo de cimentación:	Zapata cuadrada
φ =	25.1°	Ancho de la cimentación:	1.6 m
γ =	1.674 g/cm ³	Profundidad de la cimentación:	2.00 m
FÓRMULA GENERAL DE HANSEN			
$q_u = c * N_c * s_c * d_c * i_c * g_c * b_c + q * N_q * s_q * d_q * i_q * g_q * b_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * g_\gamma * b_\gamma$			
Factores de capacidad de carga:		Factores de forma:	
Nq =	10.89	Sc =	1.52
Ny =	6.98	Sq =	3.13
Nc =	21.02	Sy =	0.6
		Factores de profundidad:	
		dc =	1.13
		dq =	1.10
		dy =	1.00
Factores de inclinación de carga:		Factores de inclinación del terreno:	
ic =	1.00	gc =	1.00
iq =	1.00	gq =	1.00
iy =	1.00	gy =	1.00
		Factores de inclinación de la base:	
		bc =	1.00
		bq =	1.00
		by =	1.00
Nota:	Como no existe inclinación de la carga, ni del terreno ni de la base, por ello todos estos factores son de valor 1.00, puesto que no alteran la fórmula.		
Es así que el valor de capacidad de carga última es:		qu =	4.05 kg/cm ²
Factor de seguridad (FS) :		FS =	3
Entonces la capacidad de carga admisible es:		qadm =	1.35 kg/cm ²
Nombre del revisor:			
Firma:			

Fuente: Propia.

Anexo 7

Memoria de cálculo – determinación de asentamientos.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 18: Memoria de cálculo – determinación de

MEMORIA DE CÁLCULO - ASENTAMIENTOS					
TÍTULO:	"Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención en centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021"				
AUTOR:	Bach. Oré Pareja, Bryan Alexander.				
Parámetros empleados para el cálculo de asentamiento.					
B = ancho de cimentación (m)	1.60	Forma de la Zapata	Valores de I_f (cm/m)		
μ_s = Relación de Poisson	0.25		Cim. Flexible		Rígida
qu = Capacidad de carga última (ton/m ²)	40.5	Ubicación	Centro	Esq.	Medio
lf = Factor de forma (cm/m)	82	Rectangular L/B = 2	153	77	130
Es = Módulo de elasticidad (ton/m ²)	5000	L/B = 5	210	105	183
		L/B = 10	254	127	225
		Cuadrada	112	56	95
		Circular	100	64	85
					82
					88
Tipo de Suelo	Es (Ton/m ²)	Tipo de Suelo	μ (-)		
Arcilla Muy Blanda	30 - 300	Arcilla: Saturada	0.4 - 0.5		
Blanda	200 - 400	No Saturada	0.1 - 0.3		
Media	450 - 900	Arenosa	0.2 - 0.3		
Dura	700 - 2000	Limo	0.3 - 0.35		
Arcilla Arenosa	3000 - 4250	Arena : Densa	0.2 - 0.4		
Suelos Glaciares	1000 - 16000	De Grano Grueso	0.15		
Loess	1500 - 6000	De Grano Fino	0.25		
Arena Limosa	500 - 2000	Roca	0.1 - 0.4		
Arena : Suelta	1000 - 2500	Loess	0.1 - 0.3		
: Densa	5000 - 10000	Hielo	0.36		
Grava Arenosa : Densa	8000 - 20000	Concreto	0.15		
: Suelta	5000 - 14 000				
Arcilla Esquistosa	14000 - 140000				
Limos	200 - 2000				
Ecuación para calcular asentamientos según la Teoría Elástica de Elasticidad:					
$S_e = q_0 + B + (1 - \mu_s) + I_f / E_s$					
Entonces el asentamiento probable será:			Se = 0.80 cm.		
De acuerdo al criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54 cm) que Hansen (1970) adoptó de los criterios de Terzaghi y Peck (1967):					
Se (0.80 cm) < 1" (2.54 cm)					
Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación, por lo cual se garantiza la estabilidad del muro de contención.					
Nombre del revisor:					
Firma:					

Fuente: Propia.

Anexo 8
Ensayo de análisis granulométrico.

DE : LABORATORIO MASTERLEM S.A.C.
 SOLICITANTE : BACH. BRYAN ALEXANDER ORÉ PAREJA
 PROYECTO : "APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HANSEN PARA ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN."
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CAJAMARQUILLA - PASCO, 2021.
 FECHA EMISIÓN : 09/07/21
 EXPEDIENTE : ITT 053-21

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS D 6913

MUESTRA C-1 M1 PROFUNDEIDAD 2.9 m

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa
3"	75.000	100.0
2 1/2"	62.000	97.1
2"	50.000	95.7
1 1/2"	37.500	93.6
1"	25.000	84.3
3/4"	19.000	75.7
1/2"	12.000	64.3
3/8"	9.500	58.6
Nº4	4.750	47.9
Nº10	2.000	39.3
Nº20	0.850	32.1
Nº40	0.425	26.4
Nº60	0.250	20.0
Nº140	0.106	15.7
Nº200	0.075	11.7

Observaciones:

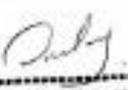
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

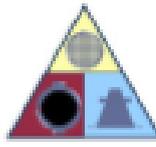
El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

Las Muestras fueron proporcionadas y muestreadas por el cliente.


 JORGE FRANCISCO RAMÍREZ JAPUA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del CP N° 84286




 OMAR MEDINA ABANTO
 JEFE DE LABORATORIO



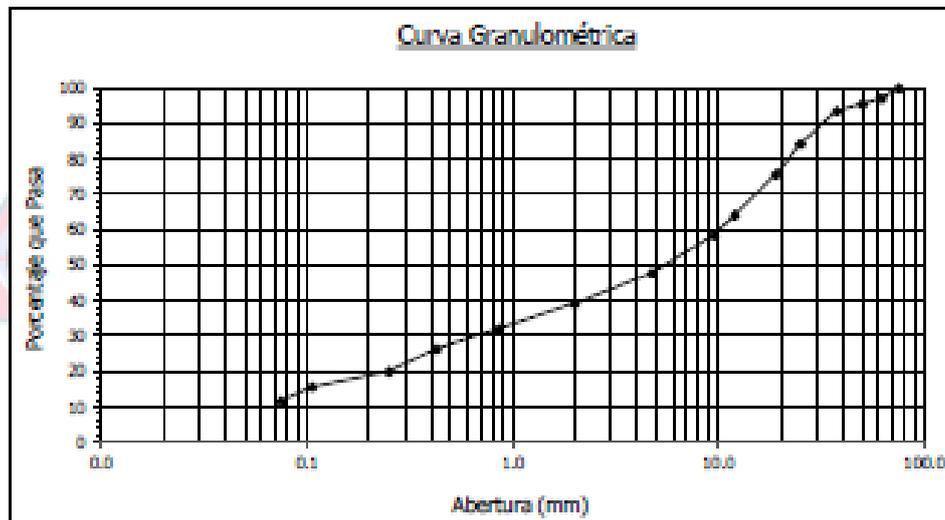
MASTERLEM S.A.C.
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RUC 20506076235
Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
Int. 1 Huachipa – Lima - Perú
950 270 955 – 01 5407661
Web: www.masterlem.com.pe
Email: servicios@masterlem.com.pe

DE : LABORATORIO MASTERLEM S.A.C.
SOLICITANTE : BACH. BRYAN ALEXANDER ORÉ PAREJA
PROYECTO : "APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HANSEN PARA ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CAJAMARQUILLA - PASCO, 2021.
FECHA EMISIÓN : 09/07/21
EXPEDIENTE : ITT 053-21

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS D 6913

MUESTRA C-1 M1 PROFUNDIDAD 2.9 m



Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

Las Muestras fueron proporcionadas y muestreadas por el cliente.


JORGE FRANCISCO RAMÍREZ JAPAJA
INGENIERO CIVIL
Reg. del CIP N° 64280




OMAR MEDINA ABANTO
JEFE DE LABORATORIO

Página 2 de 3

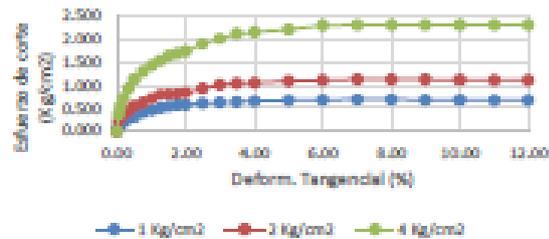
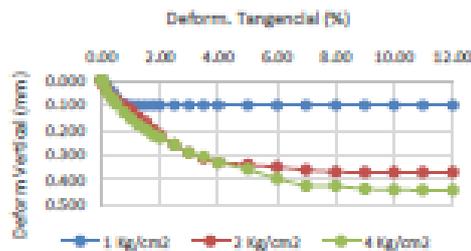
Anexo 9
Ensayo de corte directo.

Peticionario: Bach. Bryan Alexander Oré Pareja
Proyecto/Obra: Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención.
Ubicación: Centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021.
Atención: —
Fecha de emisión: Jun-21
Observaciones: - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

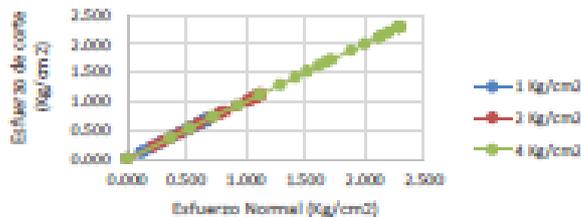
MÉTODO DE ENSAYO PARA CORTE DIRECTO
Normativa Técnica Peruana 339.171 - American Society for Testing and Materials D3080

Calicata: C - 1	Hojas: 4. - 4
Muestra: M - 2	Velocidad: 0.25 mm/min
Profundidad: 2.5 - 3.00 m	Humedad: 16%
Díametro: 6 cm	
Altura: 2 cm	

Aplicación del esfuerzo cortante



Envolventes de resistencia



Esfuerzos Máximos

$$C = 0.18 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Phi = 25.1^\circ$$

Observación: La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 04, máxima humedad trabajable = 16% (Humedad sugerida = 30.0 %) Densidad seca = 1.80 g/cm³. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.


JORGE FRANCISCO RAMÍREZ JAPAJA
Ingeniero Civil,
Reg. en CP N° 84286




OMAR MEDINA ABANTO
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 10
Ensayo de gravedad específica.



MASTERLEM S.A.C.
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RUC 20506076235
Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
Int. 1 Huachipa - Lima - Perú 950 270 955
Email: servicios@masterlem.com.pe
Web: www.masterlem.com.pe

Peticionario: Bach. Bryan Alexander Oré Pareja
Proyecto/Obra: Aplicación del Método de Hansen para análisis de cimentación de muro de contención.
Ubicación: Centro poblado Cajamarquilla-Pasco, 2021.
Atención: —
Fecha de emisión: Jun-21
Observaciones:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

MÉTODO DE ENSAYO PARA GRAVEDAD
ESPECÍFICA DE SUELOS
American Society for Testing and Materials D85-1

Muestra:	M-1	Peso esp. Parafina:	0.87 gr/cm ³
Calicata:	C-1		
Prof.:	2.5 m		

PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA

1	Peso del suelo + parafina (Gr)	468.3
2	Peso del suelo (Gr)	381.2
3	Peso de la parafina (Gr)	87.1
4	Volumen del suelo + Parafina (cm ³)	325.4
5	Volumen de la parafina (cm ³)	100.11
6	Volumen del suelo (cm ³)	225.29
7	Peso específico de la masa (Gr/cm ³)	1.674

Observación: En esta tabla el peso específico del agua está basado en que la densidad del agua a 4 °C es igual a 1 g/cm³. El factor de corrección K, se obtiene dividiendo el peso específico del agua a la temperatura considerada, por el peso específico del agua a 20 °C.


JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJUA
INGENIERO CIVIL
Reg. del CP N° 4036




OMAR MEDINA ABANTO
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 11
Ensayo de Limites de consistencia.

DE : LABORATORIO MASTERLEM S.A.C.
 SOLICITANTE : BACH. BRYAN ALEXANDER ORÉ PAREJA
 PROYECTO : "APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HANSEN PARA ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN."
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CAJAMARQUILLA - PASCO, 2021.
 FECHA EMISIÓN : 09/07/21
 EXPEDIENTE : ITT 053-21

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO
 E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS
 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS D 4318

LÍMITE LÍQUIDO	19 %
LÍMITE PLÁSTICO	13 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6 %

MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
 (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)
 Norma Técnica Peruana 339,134 - American Society for Testing and Materials D2487

CLASIFICACIÓN SUCS:	GP-GC Grava Pobremente Graduada con Arcilla y Arena
---------------------	---

MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA USO EN VÍAS DE TRANSPORTE
 Norma Técnica Peruana 339,135 - American Association of State Highway and Transportation
 Officials M-145

CLASIFICACIÓN AASHTO:	A - 1 - a
-----------------------	-----------

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

Las Muestras fueron proporcionadas y muestreadas por el cliente.


 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPUA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del CP N° 84285




 OMAR MEDINA ABANTO
 JEFE DE LABORATORIO