



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS EN
ESTRIBOS DEL PUENTE CAÑAVERAL EMPLEANDO MÉTODOS EMPÍRICOS
PARA MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL, DISTRITO JOSÉ CRESPO
Y CASTILLO-HUÁNUCO

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Mayorca Alvarado, Roberto Carlos

(ORCID: 0009-0006-6711-2965)

Asesor:

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

(ORCID: 0000-0001-8625-3987)

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Arévalo Vidal, Samir Augusto

Lima - Perú

2023



“DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS EN ESTRIBOS DEL PUENTE CAÑAVERAL EMPLEANDO MÉTODOS EMPÍRICOS PARA MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL, DISTRITO JOSÉ CRESPO Y CASTILLO-HUÁNUCO”

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	ECOFORREST PERU S.A.C.. "DIA del Proyecto de la L.T. 34.5 kV S.E. Piedra Blanca - Casa de Máquinas - Presa Asociado al Proyecto de la Central Hidroeléctrica Chaglla-IGA0011859", R.D. N° 325-2012-MEM/AAE, 2021 Publicación	2%
5	CONSORCIO ORIENTAL CONSULTANTS-CESEL-GEA. "DIA del Proyecto Ampliación y Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales en los Centros	2%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Civil

**DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS EN
ESTRIBOS DEL PUENTE CAÑAVERAL EMPLEANDO MÉTODOS EMPÍRICOS
PARA MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL, DISTRITO JOSÉ CRESPO Y
CASTILLO-HUÁNUCO**

Línea de Investigación: Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Modalidad de Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Mayorca Alvarado, Roberto Carlos

(ORCID: 0009-0006-6711-2965)

Asesor:

Mg. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

(ORCID: 0000-0001-8625-3987)

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Arévalo Vidal, Samir Augusto

**Lima – Perú
2023**

Dedicatoria

Dedico a mis padres que desde el cielo guían mi camino hacia el éxito, a mi esposa, a mis tíos, tías, hermanos, primas, primos y demás familiares, que con su apoyo incondicional lograron que alcance la dicha de optar por el Título Profesional.

Agradecimiento:

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, y a todos los catedráticos que en ella laboran, gracias por mi formación profesional.

INDICE

Dedicatoria	2
Agradecimiento:.....	3
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Descripción y formulación del problema	11
1.1.1 Problema general.....	12
1.1.2. Problemas específicos.....	12
1.2 Antecedentes	12
1.2.1. En el ámbito internacional	12
1.2.2. En el ámbito nacional	14
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación e importancia	16
1.5. Hipótesis	17
1.5.1. Hipótesis general.....	17

1.5.2. Hipótesis específicas.....	17
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Bases teóricas.....	18
III. MÉTODO	20
3.1 Tipo de investigación	20
3.2 Ámbito temporal y espacial	20
3.3. Variables	20
3.3.1 Variable independiente	20
3.3.2 Variable dependiente	20
3.4. Población y Muestra.....	20
3.4.1. Población.....	20
3.4.2. Muestra	20
3.5. Instrumentos.....	21
3.6. Procedimientos.....	21
3.7 Análisis de datos	21
IV. RESULTADOS	22
4.1. Perfil estratigráfico	22

4.2. Análisis geotécnico.....	23
4.2.1. Parámetros sísmicos del suelo (E030)	23
4.2.2 Parámetros de resistencia del suelo	24
4.2.3. Estribo Izquierdo	25
4.3. Capacidad admisible.....	27
4.3.1. Capacidad admisible por resistencia.....	27
4.3.2. Capacidad admisible por asentamiento.....	28
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	36
ANEXOS	39

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 1.....24

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.....	23
TABLA 2	25
TABLA 3	26
TABLA 4	26
TABLA 5	28
TABLA 6	29
TABLA 7	30
TABLA 8	32
TABLA 9	32
TABLA 10	34

RESUMEN

Objetivo: Determinar la capacidad portante adecuada para lograr asentamientos permisibles en estribos de puente, utilizando métodos empíricos para mejorar la transitabilidad vial en distrito de J. Crespo y Castillo -Huánuco. **Método:** Tipo de investigación aplicada, se realizó un reconocimiento de campo, se realizó una evaluación geotécnica de la zona en estudio, se determinó la capacidad de carga admisible empleando la fórmula de Terzaghi. La población fueron los puentes existentes en el distrito de José Crespo y Castillo en Huánuco. **Resultados:** En el área de cimentación en la zona del estribo derecho, se ha reconocido una unidad geotécnica conformada por depósito aluvial, constituidas por una potencia de gravas pobremente gradadas con algunos lentes de arena y arcilla, cuyo parámetro de resistencia del material granular de acuerdo a los ensayos de laboratorio para la grava se tiene un ángulo de fricción de 33.72° , para este estrato se tiene valores de N_{spt} al rechazo con golpes mayores a 50. El parámetro de deformación para este material representa a la segunda capa de los perfiles sísmicos por lo que es concordante con el suelo estudiado, hallando un valor de 537.8 kg/cm^2 . **Conclusiones:** La investigación se ha determinado la capacidad portante y asentamientos en los estribos del puente Cañaverel empleando métodos empíricos, todo ello con el fin de lograr el mejoramiento de la transitabilidad vial en Huánuco. Para el cálculo de los asentamientos se partió del punto de que el asentamiento total de un suelo sometido a una carga está dado por asentamientos elásticos. Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a $2,54 \text{ cm}$ ($1''$) para cimientos corridos, zapatas y plateas de acuerdo al método de Lambe (1994). Se obtuvo un asentamiento de 2.59 cm para el estribo derecho y 2.58 cm para el estribo izquierdo.

Palabras clave: Capacidad portante, asentamientos, métodos empíricos

ABSTRACT

Objective: Determine the adequate bearing capacity to achieve permissible settlements in bridge abutments, using empirical methods. to improve road traffic in the district of J. Crespo and Castillo -Huánuco. **Method:** Type of applied research, a field reconnaissance was carried out, a geotechnical evaluation of the area under study was carried out, the admissible load capacity was determined using the Terzaghi formula. The population were the existing bridges in the district of José Crespo and Castillo in Huánuco. **Results:** In the foundation area in the area of the right abutment, a geotechnical unit made up of alluvial deposit has been recognized, made up of a poorly graded gravel power with some sand and clay lenses, whose resistance parameter of the granular material according to laboratory tests for gravel have a friction angle of 33.72° , for this stratum there are N_{spt} values for rejection with blows greater than 50. The deformation parameter for this material represents the second layer of the seismic profiles so it is consistent with the soil studied, finding a value of 537.8 kg/cm^2 . **Conclusions:** The investigation has determined the bearing capacity and settlements in the abutments of the Cañaverall bridge using empirical methods, all in order to achieve the improvement of road traffic in Huánuco. For the calculation of the settlements, we started from the point that the total settlement of a soil subjected to a load is given by elastic settlements. The criterion of limiting the foundation settlement to 2.54 cm ($1''$) was adopted for strip foundations, footings and platforms according to the Lambe (1994) method. A settlement of 2.59 cm was obtained for the right abutment and 2.58 cm for the left abutment.

Keywords: Bearing capacity, settlements, empirical methods.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se puede apreciar la inexistencia de una infraestructura de comunicación en la prolongación Sánchez Cerro de la ciudad de Aucayacu, que une la zona urbana con los poblados de A.A.H.H. Cañaverall, muy cercano a los poblados AA.HH. Miraflores, AA.HH. Silvia Cloud Tapia, AA.HH. El Mirador, AA.HH. Bellavista, AA.HH. 15 de agosto, AA.HH. Picón Quedo, perteneciente al distrito de José Crespo en la región Huánuco.

Los problemas que afectan a todos los centros poblados indicados anteriormente, pero con mayor intensidad al sector donde se ubica el río Sangapilla. Esto se explica en el perjuicio generado en los usuarios de la vía en consecuencia de su inadecuada condición, así se tiene a toda una población expuesta al ambiente de partículas en suspensión e irregularidades del terreno durante el viaje; los transportistas particulares, de servicio público o de carga son perjudicados también, en fin, todas aquellas unidades vehiculares que transitan por dicho tramo. Ante esta problemática la población afectada demanda mejores condiciones del servicio de accesibilidad del centro poblado Cañaverall, por lo cual se propuso la construcción de un puente carrozable.

Los principales logros que se propone obtener en el trabajo que se está desarrollando, se puede mencionar que, utilizando métodos empíricos para la determinación de la capacidad portante del puente cañaverall empleando metodos que sera posible aumentar la capacidad de tránsito vial.

1.1 Descripción y formulación del problema

En la actualidad existe una carencia de infraestructura de comunicación en la prolongación Sánchez Cerro de la ciudad de Aucayacu, que une la zona urbana con el centro poblado Cañaverall, perteneciente al distrito de José Crespo en la región Huánuco. Esta problemática afecta con mayor intensidad al sector donde se ubica el río Sangapilla y perjudica enormemente a la población, la cual se encuentra expuesta a un ambiente con partículas en suspensión e irregularidades del terreno

durante el viaje; los transportistas particulares, de servicio público o de carga son perjudicados también, en fin, todas aquellas unidades vehiculares que transitan por dicho tramo. Por ello la Municipalidad de José Crespo y Castillo ha propuesto, para solucionar esta problemática de transitabilidad vial, la construcción de un puente carrozable; para lo cual se debe realizar un eficiente estudio geotécnico y determinar la capacidad portante y asentamientos en los estribos del puente a construirse a fin de garantizar su estabilidad y el tiempo de vida del diseño.

1.1.1 Problema general

¿Cómo podemos determinar la capacidad portante adecuada para lograr asentamientos permisibles en estribos de puente utilizando métodos empíricos?

1.1.2. Problemas específicos

¿Qué estudios geotécnicos son necesarios para determinar capacidad portante y asentamientos permisibles en estribos del puente Cañaverl en distrito Crespo y Castillo-Huánuco?

¿Qué metodología empírica se utilizará para para determinar capacidad portante y asentamientos permisibles en estribos del puente Cañaverl en distrito Crespo y Castillo?

¿Qué estudios topográficos se deberán realizar para ubicar los emplazamientos de los estribos del puente?

¿Como determinar adecuadamente la capacidad vehicular para mejorar la transitabilidad?

1.2 Antecedentes

1.2.1. En el ámbito internacional

Martínez (2018) en su investigación “Diseño geotécnico de las cimentaciones del puente sobre el río en Valencia”, su principal objetivo es proporcionar un análisis exhaustivo y critic de los estudios geotécnicos realizados en el Proyecto de Reconfiguración del Intersección Xeraco en la carretera CV-605 de Culler a Gandy para caracterizar la topografía y las cimentaciones portantes

desde el punto de vista geotécnica. Teniendo como resultado las siguientes conclusiones: La formación de la superficie es un suelo inapropiado si tiene una bolsa orgánica y puede soportar un área limpia. El puente sobre el río Vaca debe cimentarse con cimentación profunda, formada por pilotes flotantes. Se propone un grupo formado por 18 pilotes de 1m de diámetro. Los puentes sobre el río Vaca deben reforzarse con cimientos profundos conformados por pilotes flotante. Se han propuesto pilotes de hormigón armado y se construirán 'in situ' por perforación y entubados con camisa recuperable.

Hernández (2018) su investigación “Evaluación geotécnica de la vulnerabilidad sísmica de puentes mediante interacción dinámica del suelo y la estructura en Cuba”, tiene como objetivo primordial analizar la influencia de la interacción suelo-estructura sobre las cargas dinámicas en los puentes viales soviéticos y cubanos. Llegando a las consiguientes conclusiones: Los factores metodológicos permiten implementar fundamentos teóricos para proponer procedimientos de evaluación sísmica en puentes que consideren las interacciones suelo-estructura. Realizó una evaluación realista de los efectos de la interacción estructura-sísmica aplicando el procedimiento propuesto a un caso de estudio de un puente sobre el río Cabaña. Comparando los resultados obtenidos de un sistema que no incluye interacciones geotectónicas con los resultados obtenidos de un sistema que incluye este fenómeno, este último sistema tiene una relación sísmica más alta. Evaluar el desempeño sísmico del puente en términos de período de vibración, resistencia del suelo y desplazamiento, con resultados más específicos debido a las variaciones que el suelo transfiere a la estructura. Los escenarios de vulnerabilidad se pueden ampliar agregando parámetros de riesgo de erosión sísmica.

Qingfu et al. (2019). En su artículo “Análisis de confiabilidad de la capacidad de carga de la cimentación de pilotes de un puente de marco rígido continuo durante la construcción” donde

analizaron la confiabilidad de la cimentación por pilotes del puente en construcción. Además, se calculó un índice de confiabilidad, que resultó ser el factor clave de control de calidad del proyecto del Puente Hongnongtuo. Para enfatizar la sensibilidad de una medición confiable de la capacidad portante de pilotes durante la construcción, se calcula el valor promedio de los parámetros, que oscila entre -20% y 20%. Está claro que el cambio en la capacidad portante del pilote durante la construcción es el más sensible. 10 Junto con un aumento en el valor medio de la capacidad de carga axial de un solo pilote, el índice de confiabilidad muestra una tendencia ascendente lineal y el valor promedio aumenta en un 10%, de manera confiable. La ganancia máxima de la estadística es 17.57%. La carga constante promedio aumentó un 10%, el índice de confiabilidad disminuyó un 6,44%; Por cada 10% de aumento en la carga variable media, el índice de confiabilidad disminuye en un 7,58%. Además, vemos que los valores de los diferentes factores de carga tienen poca influencia en la confiabilidad de la capacidad portante de la cimentación de pilotes durante la construcción.

1.2.2. En el ámbito nacional

Ortiz (2019) su investigación “Estudio geotécnico con fines de cimentación del puente Juan Santos Atahualpa en Arequipa”, con el objetivo primordial es determinar la capacidad portante del terreno en los dos estribos del puente. Teniendo las consiguientes conclusiones: Para el estudio del suelo de fundación del puente Juan Santos Atahualpa se realizó en total tres sondajes diamantinos denominados DHA-01 (estribo izquierdo), DHA-02 (estribo derecho) y DHA-03 (estribo izquierdo) con profundidades de 25.00 m., 23.30 m. y 19.70 m. respectivamente. El terreno de fundación del puente Juan Santos Atahualpa está conformado por arenas limosas de color rosado a marrón rojizo, con clasificación SUCS de SM, perteneciente al Volcánico Sencca (denominado comúnmente como puzolana), de grano medio y fino con un contenido de limos mayor al 30%, no

presenta límites de plasticidad, presenta gravas esporádicas de pómez y lávicos de 0.5 cm de tamaño promedio, asimismo presenta una densidad seca que varía de 1.14 g/cm³ a 1.24 g/cm³ y una densidad húmeda que varía de 1.67 g/cm³ a 1.75 g/cm³, sus valores de humedad son elevados al estar debajo de la napa freática y varían de 30.26% a 46.50%.

Bonilla (2018) su tesis “Estudio geológico y geotécnico en el mejoramiento de la carretera Dv. Alcas en Huánuco”. Su objeto principal es la realización de estudios geológicos y geotécnicos de los servicios de rehabilitación Alcas, Acobamba y Huayruro. Teniendo las consiguientes conclusiones: La estratigrafía del área de estudio no es uniforme. Los suelos o estratos dominantes permanecen en la naturaleza. Es decir, son material final de meteorización aleatoria, con poco sedimento coloidal del suelo transportado. El valor de soporte relativo o CBR para el enfoque de clasificación de suelos o diseño del sitio del área de estudio usando el método AASHTO está entre 8% y 23.3%. Los depósitos deben ubicarse en áreas adyacentes a las carreteras, evitando áreas inestables, áreas ambientalmente sensibles o áreas de alta productividad agrícola.

Pizarro y Romero (2017) en su tesis “Análisis comparativo de asentamientos y capacidades de carga evaluados y esperados en pilotes perforados en los Puentes Fortaleza y Crisnejas”. El objetivo fue realizar un análisis comparativo de los asentamientos y sus capacidades portantes teóricas y prácticas en dos proyectos: En el puente Krishnehas, el estribo derecho es principalmente arcilla de baja plasticidad y el pilote del pilar central es suelo heterogéneo, comenzando con limo de baja plasticidad, seguido de arena limosa y finalmente grava de grano bajo. El estribo izquierdo del puente de la fortaleza constaba de arcilla de plasticidad media, limo de plasticidad baja, arena limosa y arena de grano fino. Durante este estudio, se encontró que los valores de capacidad portante permisibles determinados por PDA para pilotes con puntas de suelo granular representan de 1,5 a 2 veces los valores de capacidad portante determinados por el método teórico y el método

de 14 cuencos. Los valores obtenidos en todos los casos investigados corresponden a 1,5 a 2,5 veces las cargas reales de la PDA.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la capacidad portante adecuada para lograr asentamientos permisibles en estribos de puente, utilizando métodos empíricos para mejorar la transitabilidad vial en distrito de J. Crespo y Castillo -Huánuco.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar parámetros geotécnicos para plantear cimentación profunda con pilas de pilotes flotantes para el puente sobre el río Vaca.

Aplicar la metodología apropiada para el diseño de la cimentación utilizando métodos empíricos con pilote, se proponen pilotes de hormigón armado, ejecutados “in situ” por perforación y entubados con camisa recuperable.

Determinar mediante los estudios topográficos el emplazamiento, nivel de fondo de cimentación, ubicación del puente.

Determinar adecuadamente la capacidad vehicular para mejorar la transitabilidad vial en distrito de J. Crespo y Castillo Huánuco.

1.4. Justificación e importancia

La tesis ha desarrollarse es muy importante debido a que en la actualidad existe una carencia de infraestructura de comunicación en la prolongación Sánchez Cerro de la ciudad de Aucayacu, que une la zona urbana con el centro poblado Cañaverl, perteneciente al distrito de José Crespo y Castillo en Huánuco. Esta problemática afecta con mayor intensidad al sector donde se ubica el río Sangapilla y perjudica enormemente a la población, la cual se encuentra expuesta a

un ambiente con partículas en suspensión e irregularidades del terreno durante el viaje; los transportistas particulares, de servicio público o de carga son perjudicados también, en fin, todas aquellas unidades vehiculares que transitan por dicho tramo.

Por ello la Municipalidad Distrital de José Crespo y Castillo ha propuesto, para solucionar esta problemática de transitabilidad vial, la construcción de un puente carrozable; para lo cual se debe realizar un eficiente estudio geotécnico y determinar la capacidad portante y asentamientos en los estribos del puente a construirse a fin de garantizar su estabilidad y el tiempo de vida de diseño.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Determinando la capacidad portante y los asentamientos en los estribos del puente Cañaverall empleando métodos empíricos se podrá diseñar adecuadamente los estribos del puente para mejorar la transitabilidad vial en el distrito de José Crespo y Castillo-Huánuco.

1.5.2. Hipótesis específicas

Determinado los parámetros geotécnicos se podrá plantear como diseño pilas de pilotes flotantes para lograr asentamientos permisibles en el Puente cañaverall sobre el Río Vaca-Huánuco.

Se pueden utilizar metodologías empíricas para el diseño de la cimentación profunda en base a pilotes flotantes de concreto vaciados insitu.

Los estudios topográficos determinan adecuadamente el emplazamiento nivel de exploración y fondo de cimentación apropiados, para la ubicación del puente Cañaverall-Huánuco.

Determinando adecuadamente la capacidad vehicular del puente Cañaverall, se mejora la transitividad vial en el distrito de Lose Crespo y Castillo -Huánuco.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

Capacidad portante

Ortiz (2019) indica que:

La capacidad de carga admisible se tiene a partir del límite de carga de diseño al que se aplica el factor de seguridad. Se entiende por carga última la capacidad de carga última, es decir, la carga máxima por unidad de superficie de una cimentación superficial, que provocará la destrucción del terreno que soporta la cimentación por cortante. (p. 42).

Asentamiento total

Moya (2015) señala que:

El tamaño del asentamiento total no es un factor crítico, sino es una cuestión de conveniencia. Si el asentamiento general de la estructura es significativo, puede haber problemas con las líneas de gas, agua o alcantarillado que están conectadas a la estructura. (p. 30)

Causas de los asentamientos

Moya (2015) indica que:

Para estimar la cantidad de asentamiento, es necesario tener en cuenta varios mecanismos de movimientos del terreno que son las causas del asentamiento, tales como: compactación, consolidación, movimiento debido a cambios de humedad, los efectos de la disminución del nivel freático, la los efectos de los cambios de

temperatura, los efectos de la infiltración y la erosión, la pérdida de soporte lateral y las cargas. (p. 26).

Funciones de los puentes

Rospigliosi (2017) señala que:

La función primordial de un puente es comunicar entre dos puntos diferentes. Esta división puede ser cualquier cosa: barrancos, tierras bajas, ríos. Para hacer esto, se deben cumplir muchas condiciones para que el puente funcione correctamente. Entre ellos están la seguridad, el servicio, la economía, la apariencia y el espacio. (p. 4).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

Aplicada.

3.2 Ámbito temporal y espacial

La tesis a desarrollarse se basará en el proyecto de construcción del puente carrozable Cañaverál que se ubica en el distrito de José Crespo y Castillo de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. El proyecto en la actualidad se encuentra en ejecución.

3.3. Variables

3.3.1 Variable independiente

Métodos empíricos

3.3.2 Variable dependiente

Capacidad de carga y asentamientos

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

En el presente estudio, el universo poblacional incluye los puentes existentes en el distrito de José Crespo y Castillo en Huánuco.

3.4.2. Muestra

La investigación a desarrollarse se tomará como muestra el puente Cañaverál, ubicado en el centro poblado Cañaverál en Huánuco.

3.5. Instrumentos

- Revisión de documentos: por medio de esta técnica se revisarán normas, libros, manuales, tesis, etc., respecto al tema de cálculo de capacidad portante, asentamientos y puentes carrozables.
- Observación: esta técnica permitirá la recolección de información observada en campo.
- Ensayos de laboratorio: análisis granulométrico por tamizado, contenido de humedad, límites de Atterberg.

3.6. Procedimientos

- Se realizará un reconocimiento de campo.
- Se realizará la evaluación geotécnica de la zona en estudio.
- Se determinará la capacidad de carga admisible empleando la fórmula de Terzaghi y Peck.
- Se determinará los asentamientos totales y elásticos en los estribos del puente Cañaveral.

3.7 Análisis de datos

Tomando en consideración que la investigación es aplicada y cuantitativa se llevará a cabo un análisis de datos, con ello se determinará la capacidad portante y los asentamientos totales y elásticos de los estribos del puente.

IV. RESULTADOS

4.1. Perfil estratigráfico

A partir del mapeo geológico, ensayos de geofísicos, registros de calicatas, y registros de perforaciones diamantinas se ha definido el perfil estratigráfico en la zona de investigación. Las capas estratificadas correspondientes a la perforación P-01 y P-02, para el puente Cañaveral, se encuentran compuesto:

La primera capa se encuentra con un espesor variable que va desde 2.80 hasta 3.80m, cuyo origen es aluvial, conformado por gravas pobremente graduada y arenas limosas, poco compacta, presentando para esta capa una velocidad de onda promedia V_p de 384 a 564 m/s y las velocidades de ondas de corte V_s fluctúan entre 137 a 184 m/s.

La segunda capa se encuentra con un espesor variable que va desde 2.80 hasta los 12 m, cuyo origen es aluvial, conformado por gravas pobremente graduada con lentes de arenas arcillosas y una capa de arcilla que aumenta en el estribo izquierdo, medianamente compacta, presentando una velocidad de onda promedio V_p de 1363 a 1641 m/s y para las velocidades de ondas de cortes V_s fluctúan entre 169 a 200 m/s en promedio.

La tercera y última capa se encuentra conformada por depósito aluvial, presentando gravas pobremente graduada con bolonería, saturada, compacta, cuya profundidad promedio llega entre los 20 a 30 m de profundidad de investigación desde la superficie, para esta capa presenta una velocidad de onda promedio V_p es de 2028 a 2487 m/s, y para las velocidades de ondas de corte se tiene una profundidad promedio de 30 m con una velocidad promedio para este espesor de 251 a 297 m/s.

4.2. Análisis geotécnico

A continuación, se describen los métodos empíricos para el cálculo de la capacidad de carga y asentamiento en los estribos.

4.2.1. Parámetros sísmicos del suelo (E030)

El área de estudio se ubica en la zona 2 del mapa de zonificación sísmica, por lo que los parámetros del terreno para el diseño sísmico son:

Tabla 1

Parámetros para el diseño sismoresistente

Parámetro	Valor
Factor de Zona	$Z=0.25$
Perfil del Tipo de suelo	S_2
Periodo Predominante	$T_p=0.6$
Factor de Amplificación sísmica	1.2

Figure 1*Zonas sísmicas del Perú*

4.2.2 Parámetros de resistencia del suelo

Estribo derecho: Las propiedades del suelo de fundación se han obtenido del ensayo de corte directo, el cual es concordante con los ensayos SPT obtenidos de las perforaciones para el SPT-3 donde se registra un N_{spt} mayor a 50 y es compatible con lo obtenido en el laboratorio para suelos granulares. Para propósito de determinar los parámetros de resistencia se tomará lo obtenido en el ensayo de corte directo y tomando encuentra lo indicado por la norma E050 para suelos granulares donde se menciona que solo ha de considerar el ángulo de fricción.

Tabla 2

Propiedades de suelos no cohesivos

Material	Compacidad	D_r (%)	N (1)	Densidad seca (2) γ_d (g/cm ³)	Índice de poros e	Angulo de rozamiento interno
GW: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena	Densa	75	90	2,21	0,22	40
	Medianamente densa	50	55	2,08	0,28	36
	Suelta	25	< 28	1,97	0,36	32
GP: Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	70	2,04	0,33	38
	Medianamente densa	50	50	1,92	0,39	35
	Suelta	25	< 20	1,83	0,47	32
SW: Arenas bien graduadas, arenas con grava	Densa	75	65	1,89	0,43	37
	Medianamente densa	50	35	1,79	0,49	34
	Suelta	25	< 15	1,70	0,57	30
SP: Arenas mal graduadas, arenas con grava	Densa	75	50	1,76	0,52	36
	Medianamente densa	50	30	1,67	0,60	33
	Suelta	25	< 10	1,59	0,65	29
SM: Arenas limosas	Densa	75	45	1,65	0,62	35
	Medianamente densa	50	25	1,55	0,74	32
	Suelta	25	< 8	1,49	0,80	29
ML: Limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75	35	1,49	0,80	33
	Medianamente densa	50	20	1,41	0,90	31
	Suelta	25	< 4	1,35	1,00	27

(1) N es el número de golpes por 30 cm de penetración en el SPT. La Tabla V.5 relaciona D_r y N .

(2) Los valores corresponden a $\gamma_s = 2,65$ (partículas de cuarzo).

Fuente: MTC.

4.2.3. Estribo Izquierdo

Las propiedades del suelo de fundación se han obtenido del ensayo de corte directo para un suelo cohesivo. Estas propiedades se encuentran dentro del rango de suelos cohesivos siendo a su vez dicho resultado un valor conservador.

Para verificar la resistencia del estrato de arcilla se ha realizado ensayos SPT dando valores de N_{pst} de 20 y para un valor obtenido se tiene un $q_u = 2 \text{ Kg/cm}^2$ por lo que se tendrá una cohesión aproximada a la mitad del valor (q_u), cuya cohesión es $C = 1 \text{ Kg/cm}^2$.

Para propósitos de determinar los parámetros de resistencia se usarán las que se han determinado en el corte directo en suelos cohesivos y de acuerdo a su compacidad consideraremos que se encuentra en el rango de compacto para la arcilla.

En el consiguiente cuadro se presentan los parámetros de resistencia empleados en los cálculos de la capacidad de carga:

Tabla 3

Relación de valores para los parámetros de resistencia

Compacidad (Suelo Cohesivos)	N (S.P.T)	Qu (kg/cm ²) resistencia a la compresión simple	E (Kg/cm ²)
Muy blanda	< 2	< 0.25	3
Blanda	2 a 4	0.25 a 0.50	30
Mediana	4 a 8	0.50 a 1.00	45 a 90
Compacta	8 a 15	1.00 a 2.00	90 a 200
Muy compacta	15 a 30	2.00 a 4.00	200
Dura	> 30	> 4	200

Fuente: MTC.

Tabla 4

Parámetros de resistencia del terreno de fundación

N°	Estribo	Perforación	Muestra	SUCS	Angulo de fricción (°)	Cohesión (kg/cm ²) (*)	Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	Módulo de elasticidad	
								E (Kg/cm ²)	Poisson
1	Derecho	P-1	SPT-3	GP (Aluvial)	33.72	0	1.95	537.8 (**)	0.32
2	Izquierdo	P-2	Shelby	CL (Aluvial)	17.01	0.20	1.90	150 (***)	0.40

Fuente: MTC.

4.3. Capacidad admisible

4.3.1. Capacidad admisible por resistencia

La capacidad de carga se determinó empleando la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973).

$$q_u = S_c C N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q \gamma D_f N_q \quad , \quad q_{ad} = \frac{q_u}{F_s}$$

$$S_\gamma = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right); \quad S_q = 1 + \text{tg} \phi \left(\frac{B}{L} \right); \quad S_c = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c} \right) \times \left(\frac{B}{L} \right)$$

La profundidad de cimentación se determina desde el nivel de cota de socavación, para nuestro proyecto se tiene un Df de 3.5 m en el estribo derecho llegando a material de grava y para el estribo izquierdo se tiene un Df de 2.5 m llegando a un material de arcilla arenosa.

Considerando la hipótesis que ocurra una falla por corte localizado o punzonamiento, el ángulo de fricción reducido es definido por la siguiente expresión.

$$\phi' = \text{Arctg} (2/3 \text{tg}(\phi)) \quad \text{Dónde:}$$

Φ = ángulo de fricción interna del suelo

Φ' = ángulo de fricción interna del suelo reducida para corte por punzonamiento

La cohesión es reducida con la siguiente expresión:

$$c' = c \times (1/2 \text{ o } 2/3)$$

Tabla 5

Cálculo de la capacidad admisible por resistencia - estrato aluvial

ESTRATO ALUVIAL – ESTRIBO DERECHO								
Cohesión	c	=	0.00	0.00	0.00	0.00	kg/cm ²	
Cohesión por falla local	c	=	0.00	0.00	0.00	0.00	kg/cm ²	
Angulo de fricción	f	=	33.7	33.7	33.7	33.7	°	
Angulo de fricción por falla local	f	=	24.0	24.0	24.0	24.0	°	
Angulo de Arrancamiento	l	=	23.6	23.6	23.6	23.6	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	g _m	=	2.00	2.00	2.00	2.00	g/cm ³	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	g _m	=	0.95	0.95	0.95	0.95	g/cm ³	
Ancho de la cimentación	B	=	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	m
Largo de la cimentación	L	=	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	m
Profundidad de la cimentación	D _r	=	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	m
Factor de seguridad	FS	=	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Capacidad última de carga	q _{ult}	=	10.0	10.3	10.7	11.0	11.3	kg/cm ²
Capacidad admisible de carga	q _{adm}	=	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	kg/cm ²
ESTRATO ALUVIAL – ESTRIBO IZQUIERDO								
Cohesión	c	=	0.20	0.20	0.20	0.20	kg/cm ²	
Cohesión por falla local	c	=	0.13	0.13	0.13	0.13	kg/cm ²	
Angulo de fricción	f	=	17.01	17.01	17.01	17.01	°	
Angulo de fricción por falla local	f	=	11.5	11.5	11.5	11.5	°	
Angulo de Arrancamiento	l	=	11.9	33.3	33.3	33.3	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	g _m	=	2.00	2.00	2.00	2.00	g/cm ³	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	g _m	=	0.90	0.90	0.90	0.90	g/cm ³	
Ancho de la cimentación	B	=	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	m
Largo de la cimentación	L	=	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	m
Profundidad de la cimentación	D _r	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	m
Factor de seguridad	FS	=	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Capacidad última de carga	q _{ult}	=	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	kg/cm ²
Capacidad admisible de carga	q _{adm}	=	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	kg/cm ²

4.3.2. Capacidad admisible por asentamiento

El asentamiento total de un suelo sometido a una carga está dado por asentamientos elásticos.

$$S_e = \text{Asentamiento elástico (cm)}.$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 2,54 cm (1") para cimientos corridos, zapatas y plateas. Lambe (1994).

Asentamiento Elástico (Si)

Para el cálculo del asentamiento se ha considerado las siguientes relaciones:

$$s = \frac{qB(1-\nu^2)}{E_s} I_f$$

$$I_f = \frac{\sqrt{L}}{Bz}$$

Teniendo en cuenta todos estos parámetros se obtiene los siguientes resultados que se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 6

Cálculo de la capacidad admisible por asentamiento - estrato estribo

ESTRATO ALUVIAL – ESTRIBO DERECHO								
Presión por carga admisible	qadm	=	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	kg/cm2
Relación de Poisson	m	=	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	
Módulo de Elasticidad	Es	=	537.8	537.8	537.8	537.8	537.8	kg/cm2
Asentamiento permisible	Si (max)	=	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	cm
Ancho de la cimentación	B	=	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	m
Factor de forma	If	=	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	m/m
Asentamiento	Si	=	0.022	0.024	0.024	0.025	0.026	m
Asentamiento	Si	=	2.24	2.35	2.44	2.51	2.59	cm
Presión por carga	qadm	=	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	kg/cm2
	Si	=	2.50	3.22	3.99	4.80	5.64	cm
			OK !	Sup al perm	Sup al perm	Sup al perm	Sup al perm	
Presión de carga asumida por asentamiento	qadm	=	3.0	2.5	2.2	1.9	1.7	kg/cm2
	Si	=	2.24	2.35	2.44	2.51	2.59	cm
			OK !	OK !	OK !	OK !	Sup al perm	

Tabla 7

Cálculo de la capacidad admisible por asentamiento - estrato aluvial estribo

ESTRATO ALUVIAL – ESTRIBO IZQUIERDO								
Presión por carga admisible	q_{adm}	=	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	kg/cm ²
Relación de Poisson	μ	=	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
Módulo de Elasticidad	E_s	=	150	150	150	150	150	kg/cm ²
Asentamiento permisible	$S_{i(max)}$	=	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	cm
Ancho de la cimentación	B	=	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	m
Factor de forma	I_f	=	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	m/m
Asentamiento	S_i	=	0.022	0.024	0.025	0.025	0.026	m
Asentamiento	S_i	=	2.23	2.37	2.46	2.52	2.58	cm
Presión por carga	q_{adm}	=	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	kg/cm ²
	S_i	=	2.74	3.48	4.25	5.03	5.83	cm
			Sup al perm	Sup al perm	Sup al perm	Sup al perm	Sup al perm	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	kg/cm ²
	S_i	=	2.23	2.37	2.46	2.52	2.58	cm
			OK !	OK !	OK !	OK !	Sup al perm	

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Las investigaciones geotécnicas ejecutadas para determinar las características de cimentación del puente han consistido en la ejecución 02 perforaciones diamantinas de 20 m en cada estribo; además de ejecutar ensayos geofísicos por los métodos de refracción sísmica y ensayos de MASW.
2. En el área de cimentación en la zona del estribo derecho, se ha reconocido una unidad geotécnica conformada por depósito aluvial, constituidas por una potencia de gravas pobremente gradadas con algunos lentes de arena y arcilla, cuyo parámetro de resistencia del material granular de acuerdo a los ensayos de laboratorio para la grava se tiene un ángulo de fricción de 33.72° , para este estrato se tiene valores de N_{spt} al rechazo con golpes mayores a 50. El parámetro de deformación para este material representa a la segunda capa de los perfiles sísmicos por lo que es concordante con el suelo estudiado, hallando un valor de 537.8 kg/cm^2 .
3. En el área de cimentación en la zona del estribo izquierdo, se ha reconocido una unidad geotécnica conformada por depósito aluvial, constituidas por una potencia considerable de arcilla arenosa, cuyo parámetro de resistencia del material cohesivo de acuerdo a los ensayos de laboratorio representa un ángulo de fricción de 17.01° y una cohesión de 0.20 kg/cm^2 , para este estrato se tiene valores de N_{spt} promedio de 20. Los parámetros de deformación para este material en particular se han tomado de acuerdo al tipo de suelo según tablas bibliográficas, considerados para los análisis un valor de 150 kg/cm^2 .

En el siguiente cuadro se reportan los valores de capacidad admisible en los estribos derecho e izquierdo.

Tabla 8

Resultado capacidad admisible – estribo derecho

ESTRATO ALUVIAL – ESTRIBO DERECHO								
Cohesión	c	=	0.00	0.00	0.00	0.00	kg/cm ²	
Cohesión por falla local	c	=	0.00	0.00	0.00	0.00	kg/cm ²	
Angulo de fricción	f	=	33.7	33.7	33.7	33.7	°	
Angulo de fricción por falla local	f	=	24.0	24.0	24.0	24.0	°	
Angulo de Arrancamiento	l	=	23.6	23.6	23.6	23.6	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	g _m	=	2.00	2.00	2.00	2.00	g/cm ³	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	g _m	=	0.95	0.95	0.95	0.95	g/cm ³	
Ancho de la cimentación	B	=	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	m
Largo de la cimentación	L	=	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	m
Profundidad de la cimentación	D _r	=	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	m
Factor de seguridad	FS	=	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Capacidad última de carga	q _{ult}	=	10.0	10.3	10.7	11.0	11.3	kg/cm ²
Capacidad admisible de carga	q _{adm}	=	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	kg/cm ²

Tabla 9

Resultado capacidad admisible – estribo izquierdo

ESTRATO ALUVIAL – ESTRIBO IZQUIERDO								
Cohesión	c	=	0.20	0.20	0.20	0.20	kg/cm ²	
Cohesión por falla local	c	=	0.13	0.13	0.13	0.13	kg/cm ²	
Angulo de fricción	f	=	17.01	17.01	17.01	17.01	°	
Angulo de fricción por falla local	f	=	11.5	11.5	11.5	11.5	°	
Angulo de Arrancamiento	l	=	11.9	33.3	33.3	33.3	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	g _m	=	2.00	2.00	2.00	2.00	g/cm ³	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	g _m	=	0.90	0.90	0.90	0.90	g/cm ³	
Ancho de la cimentación	B	=	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	m
Largo de la cimentación	L	=	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	m
Profundidad de la cimentación	D _r	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	m
Factor de seguridad	FS	=	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Capacidad última de carga	q _{ult}	=	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	kg/cm ²
Capacidad admisible de carga	q _{adm}	=	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	kg/cm ²

Para la clasificación de sitio correspondiente al emplazamiento de las estructuras proyectadas se han utilizado la información brindada por los ensayos geofísicos mediante resultados de 2 ensayos geofísicos MASW-1 y MASW-2, los cuales determinan la presencia de Suelo Tipo D (según la clasificación propuesta por IBC 2012).

Los resultados de las evaluaciones probabilísticas de riesgo sísmico para terremotos en instalaciones operativas (OBE) muestran valores máximos de aceleración global (PGA) con una probabilidad superior al 10% durante un período de exposición de 50 años (ciclo recurrente de 475 años). Para áreas de investigación en rocas (tipo B) y suelo sólido (tipo D), σ es 0,20 gy 0,35 g, respectivamente.

Según IBC 2009, los resultados de una evaluación de riesgo sísmico probabilístico para MCE (Sismo Máximo Considerado) muestran que la aceleración máxima de fondo es mayor que el macizo rocoso, valores para el B y suelo duro D tipo, las áreas de estudio son 0.32g y 0.55g, respectivamente.

En el caso del puente, considere un terremoto de diseño con un 7% de probabilidad de excedencia durante 75 años (1000 ciclos de retorno) según lo recomendado por la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras y Transporte, los valores de aceleración máxima del suelo (PGA) del área de estudio en roca (suelo tipo B) y suelo duro (suelo clase D) son 0,25g y 0,43g, respectivamente a ser considerado. Según RNE, la zona en estudio se encuentra en la zona 2 del mapa de zonificación sísmica y por lo tanto le corresponde los siguientes valores de diseño.

Según el RNE, la zona de investigación se encuentra en la zona 2 del mapa de zonificación sísmica y por lo que le corresponde los siguientes datos de diseño.

Tabla 10*Parámetros sísmicos*

Parámetro	Valor
Factor de Zona	Z=0.25
Perfil del Tipo de suelo	S ₂
Periodo Predominante	T _p =0.6
Factor de Amplificación sísmica	1.2

VI. CONCLUSIONES

1. La investigación se ha determinado la capacidad portante y asentamientos en los estribos del puente Cañaverel empleando métodos empíricos, todo ello con el fin de lograr el mejoramiento de la transitabilidad vial en Huánuco.
2. Se ha determinado la capacidad de carga empleando la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973). La profundidad de cimentación se determinó desde el nivel de cota de socavación, para nuestro caso se tuvo un Df de 3.5 m en el estribo derecho llegando a material de grava y para el estribo izquierdo se tuvo un Df de 2.5 m llegando a un material de arcilla arenosa. Se obtuvo un valor de capacidad de carga admisible de 3.8 kg/cm² para el estribo derecho y de 1.2 kg/cm² para el estribo izquierdo.
3. Para el cálculo de los asentamientos se partió del punto de que el asentamiento total de un suelo sometido a una carga está dado por asentamientos elásticos. Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 2,54 cm (1") para cimientos corridos, zapatas y plateas de acuerdo al método de Lambe (1994). Se obtuvo un asentamiento de 2.59 cm para el estribo derecho y 2.58 cm para el estribo izquierdo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda siempre que antes de plantear la construcción de un puente carrozable se parta de un eficiente estudio geotécnico que permita determinar de manera eficiente la capacidad de carga admisible y los asentamientos que se pudieran producir en los estribos.
2. Se recomienda emplear el método de Terzaghi y Peck (1967) adicionando los parámetros de Vesic (1973) ya que ha demostrado una gran eficiencia para determinar la capacidad de carga en los estribos del puente. A su vez se recomienda que lo profundo de cimentación se determine desde el nivel de cota de socavación
3. Se recomienda siempre adoptar el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 2,54 cm (1") para cimientos corridos, zapatas y plateas, según lo expuesto por Lambe (1994) y su teoría elástica de suelos.

VIII. REFERENCIAS

- Acuña, L. & García, C. (2017). *Caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RACN)* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme – Sexta Edición.
- Bonilla, R. (2018). *Estudio geológico y geotécnico en el mejoramiento de la carretera Dv. Alcas, Acobamba, Huayruro – región Huánuco* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
- Cruz, N. (2016). *Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones sobre rellenos en la zona nor – oeste de la ciudad de Juliaca* (Tesis de Posgrado), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
- Hernández, V. (2018). *Evaluación geotécnica de la vulnerabilidad sísmica en puentes empleando la interacción dinámica suelo-estructura* (Tesis de Posgrado), Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. Antonio Núñez Jiménez, Moa, Cuba.
- Martínez, J. (2018). *Diseño geotécnico de las cimentaciones del puente sobre el río Vaca en el enlace de la carretera CV605 en Xeraco (Valencia)* (Tesis de Pregrado), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Moya, G. (2015). *Estudio y análisis del comportamiento estructural de cimentaciones superficiales por efectos de consolidación del suelo de fundación, según la metodología propuesta por la Norma Ecuatoriana de la Construcción* (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

- Ortiz, B. (2019). *Estudio geotécnico con fines de cimentación del puente Juan Santos Atahualpa, carretera variante Uchumayo Tramo II* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Pizarro, J. y Romero, J. (2017). Análisis comparativo de asentamientos y capacidades de carga evaluados y esperados en pilotes perforados en los Puentes Fortaleza y Crisnejas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú
- Qingfu, L., Lan, J. y Shuangxian, W. (2019). *Reliability analysis of bearing capacity of pile foundation of continuous rigid frame Bridge during construction*. School of Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Sanmenxia Road and Bridge Construction Group Co, China.
- Rospigliosi, H. (2017). *Estudios básicos para el dimensionamiento de la cimentación del puente Girasoles en Huampaní* (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO





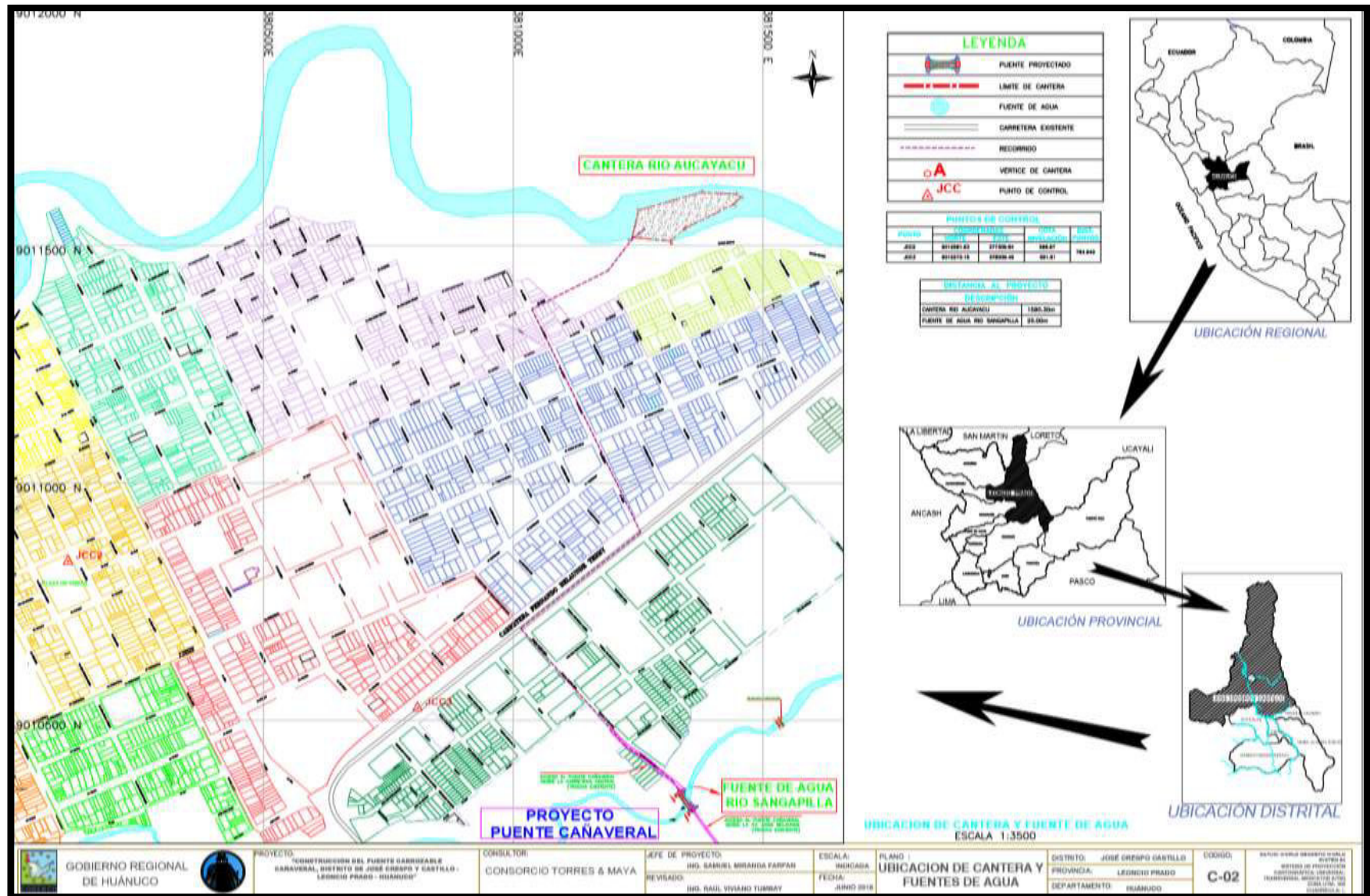


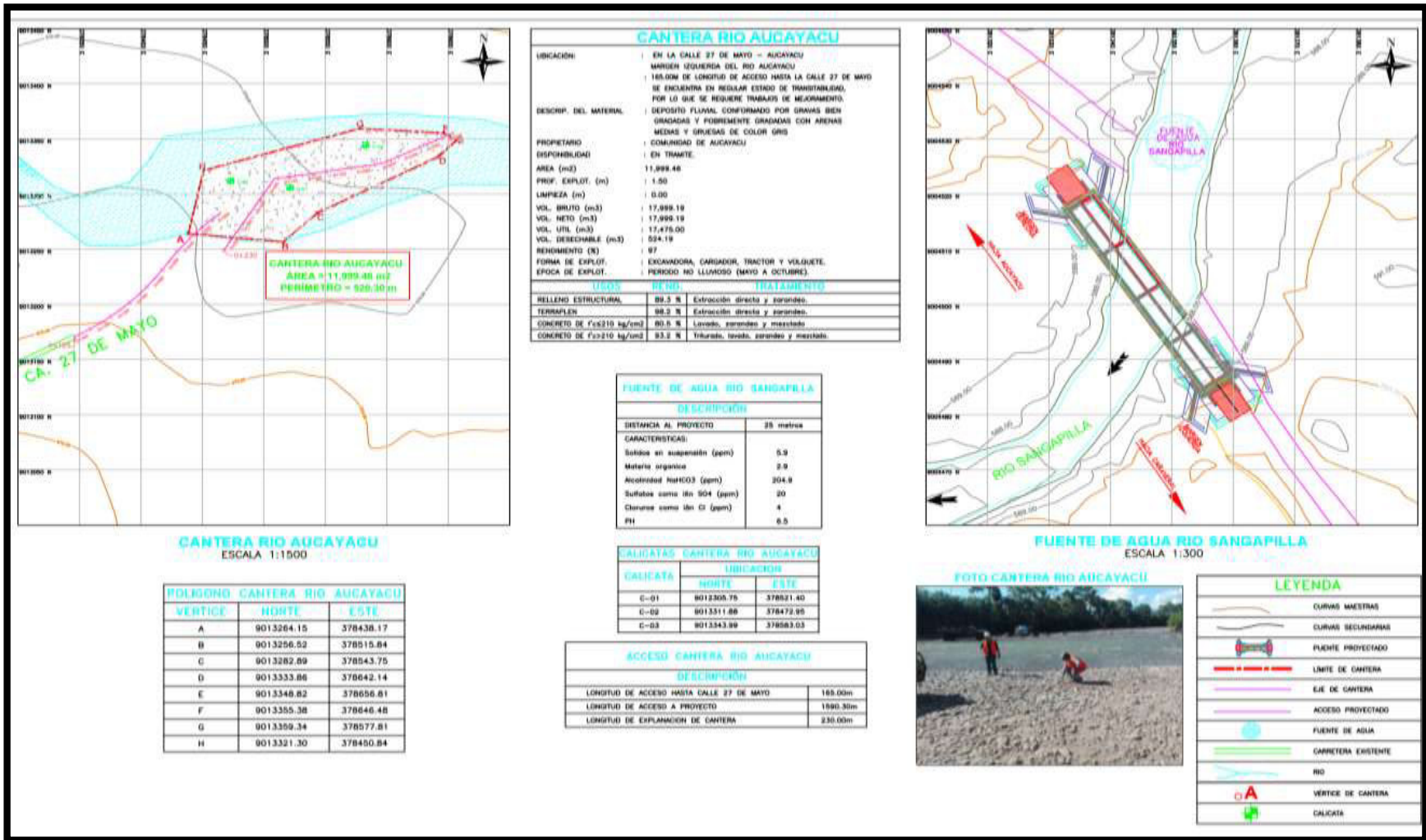






ANEXO B: PLANOS DE UBICACIÓN DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA





Fuente: Gobierno regional de Huánuco

ANEXO C: ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**1. Generalidades**

El presente informe corresponde al Estudio de Canteras y Fuentes de agua para la construcción del Puente Carrozable Cañaverál sobre el río Sangapilla, ubicado en la prolongación Sánchez Cerro de la ciudad de Aucayacu, perteneciente al Distrito de José Crespo y Castillo – Provincia de Leoncio Prado, Región de Huánuco.

Como parte de la ingeniería básica para la ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE CAÑAVERAL, se ha realizado una evaluación de los materiales y las fuentes de agua en la zona de influencia, a fin de determinar las condiciones de los agregados en la ubicación del puente proyectado, por lo tanto, se ha llevado a cabo un programa de trabajos de campo.

2. Objetivos

El estudio de canteras permitirá ubicar, identificar y seleccionar yacimientos o bancos de materiales agregados aptos y suficientes que serán utilizados en la fabricación de los elementos de concreto y en los rellenos o terraplenes al lado del respaldo de los estribos hasta alcanzar los niveles de sub rasante y conformar la sub base y base del pavimento de las vías de acceso.

La misma atención merece el agua que será empleada para la fabricación del concreto y humedecimiento de las capas de terraplenes.

El estudio definirá las canteras y los volúmenes explotables, que satisfagan la demanda de las diferentes estructuras y cumplan con las especificaciones técnicas mínimas establecidas en el Manual de Diseño de Puentes del MTC y el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

3. Estudio de canteras**3.1 Investigación de campo**

El estudio de canteras tiene por objetivo realizar el reconocimiento de campo en lugares circundantes a la franja del proyecto, para determinar la ubicación de las fuentes de materiales disponibles, cuyas características físico-mecánicas, usos, tratamiento y volúmenes resulten apropiados para su explotación y empleo como agregados para la construcción de Rellenos, afirmado y elaboración de los distintos tipos de estructuras de concreto hidráulico, en la obra de la construcción del Puente

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Carrozable Cañaverl, distrito de José Crespo Castillo, Provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

3.1.1 Excavación de calicatas en canteras de agregados

Identificadas las canteras se procedió a efectuar los sondajes de exploración, mediante la excavación de calicatas para determinar las características de los agregados, sus resultados de los ensayos de laboratorio, usos, potencia, rendimiento, tratamiento, periodo y equipo de explotación, según lo requerido en los Términos de Referencia.

Cada calicata se excavó hasta su profundidad explotable, las calicatas han sido ubicadas convenientemente en toda el área de las canteras exploradas, en esta ocasión conforme exige los Términos de Referencia, se han efectuado tres calicatas. En cada calicata excavada se realizó una evaluación de los materiales, determinándose el tamaño máximo del material existente en cantera; se ha considerado que el material utilizable será el de tamaño menor o igual a 12", tamaño adoptado en función a la capacidad de triturado de una chancadora primaria-secundaria tipo mandíbulas estándar e incluso trituradoras terciarias de tipo impacto. Se realizó la clasificación de fragmentos gruesos mediante una selección manual de los materiales, obteniéndose una distribución cuantitativa de los tamaños utilizables inferiores a 12", se cuantificaron los tamaños comprendidos entre 12" a 6" para su procesamiento mediante triturado primario, los tamaños comprendidos entre 6" a 2", para su procesamiento mediante zarandeo y triturado primario; y el material menor de 3" para su procesamiento mediante triturado secundario y terciario.

En cada calicata excavada, se ha realizado el registro de excavación, refiriendo las características de los agregados: forma, tamaño, humedad, color, espesor del estrato, etc. En cada calicata se extrajo muestras alteradas representativas para su evaluación en el laboratorio.

3.2 Ensayos de Laboratorio.

Con el objeto de determinar las características, propiedades y calidad del material, así como el uso del material de la cantera, con las muestras disturbadas extraídas en la investigación de campo se vienen realizando ensayos estándar de clasificación y ensayos especiales de calidad en laboratorio, considerando para ello las normas técnicas vigentes.

Ensayos estándar de clasificación de suelos	Norma
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E-204
Material que pasa la malla N° 200	MTC E-202
Límite líquido y Límite plástico pasa N° 40 y N° 200	MTC E-110, E-111
Contenido de humedad	MTC E-108
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO	AASHTO M-145

Ensayos Especiales	Norma
Proctor Modificado	MTC E-115
Relación de soporte de California (CBR)	MTC E-132
Porcentaje de partículas chatas y alargadas	ASTM D-4791
Porcentaje con una y dos caras de fractura	MTC E-210
Porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables	MTC E-112
Gravedad específica y absorción de los agregados	MTC E-205 y E-206
Equivalente de arena	MTC E-114
Abrasión máquina de los Ángeles	MTC E-207
Durabilidad	MTC E-209
Contenido sales solubles totales	MTC E-219
Contenido de sulfatos, cloruros	NTP 339.152,176,177,178
Contenido de impurezas orgánicas	MTC E-213
Índice de durabilidad de los agregados	MTC E-214
Angularidad del agregado fino	MTC E-222

Conforme señala la norma MTC E-132 y EG-2013, la relación de soporte de los agregados CBR, es reportada a 0.1".

3.3 Descripción de canteras

Dentro del área del proyecto se dispone la cantera del río Aucayacu. Bajo estas consideraciones en el presente estudio dentro del área del proyecto se identificó una (01) cantera de origen fluvial que corresponden al cauce del río Aucayacu. Cabe señalar que las canteras de cauce de río, por estar ubicadas en los alveolos del río Aucayacu, son de naturaleza estacional, motivo por el que su periodo de explotación está restringido a la época de estiaje, en los meses de mayo a octubre.

En el plano de canteras se encuentra delimitada el área estimada de explotación ubicando los vértices y calicatas efectuadas con sus respectivas coordenadas UTM.

3.3.1 Cantera Rio Aucayacu

Ubicación: En la calle 27 de Mayo-Aucayacu, Margen izquierda del río Aucayacu.

Accesibilidad: 165 m de longitud de acceso hasta la calle 27 de Mayo se encuentra regular estado de transitabilidad, por lo que se requiere trabajos de mejoramiento.

Descripción: Sus materiales pertenecen a depósitos fluviales acumulados a lo largo del cauce del río Aucayacu, conformados por gravas arenosas de forma redondeada y sub redondeadas, presentando bolonería y cantos redondeados.

Los resultados de laboratorio han permitido determinar que el material típico está conformado por gravas bien gradadas y gravas pobremente gradadas con arenas medias y gruesas, de forma sub-redondeada a redondeadas, de color gris, finos no plásticos, no presenta impurezas orgánicas. Consecuentemente el material se clasifica según el sistema SUCS como GW, GP y según el sistema AASHTO como A-1-a (0).

Propietario: Comunidad de Aucayacu

Costos y extracción: Toma en cuenta la legislación vigente, la cual faculta a las municipalidades tanto distritales como provinciales según las leyes N° 27972 y 28221, regular, autorizar y cobrar por la extracción de materiales que acarrear y depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos. Sin embargo, el Decreto Supremo N° 016-98-AG, declara que para Obras Viales que ejecuta el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de Proyectos Especiales, no están sujetos al pago de este derecho por concepto de extracción de materiales, en ese sentido la extracción en esta cantera estará exonerado de cualquier costo.

Potencia: Tiene un área para explotación de 11,999.48 m² y una profundidad de explotación promedio de 1.50 m, obteniéndose una potencia total bruta y neta de 17,999 m³ y una potencia útil calculada de 17,475 m³.

Usos propuestos: Rellenos, afirmado, concreto asfáltica en caliente y mezcla de concreto de cemento portland.

Tratamiento: Para su uso se requiere el siguiente tratamiento.

- Relleno estructural : Zarandeo.
- Sub base granular : Zarandeo.
- Base Granular : Trituración, zarandeo y mezclado.
- Mezcla de concreto (f'c ≤ 210 kg/cm²) : Zarandeo
- Mezcla de concreto (f'c > 210 kg/cm²) : Trituración, zarandeo y mezclado.
- Filtro para sub drenes : Trituración y/o zarandeo y piedra para gaviones

Explotación: Se puede realizar su explotación con cargador frontal y/o tractor en período no lluvioso, entre los meses de mayo a octubre (Informe de Hidrología e Hidráulica), su procesamiento puede ejecutarse utilizando chancadoras primaria, secundaria y terciaria.

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Evaluación: Esta cantera fue evaluada con la excavación de 3 calicatas, de 1.00 m de profundidad en promedio, respecto a la profundidad de excavación, se señala que la zona identificada para explotación está ubicada en zona de playa ancha, donde hasta la profundidad explorada se encontró el nivel del agua a profundidades que varían de 0.80 a 2.00m. No obstante, según lo indicado en las especificaciones generales EG-2013, sub secciones 400.04 (décimo párrafo) y sub sección 202.13 (tercer párrafo), se restringe la altura a 1.50 m de profundidad máxima de explotación.

Resultados de laboratorio: En cuanto a la evaluación de la distribución de los porcentajes de los tamaños, se realizó una evaluación en peso considerando una muestra integral de materiales de la cantera, para su empleo en obra, la misma que se ha distribuido en material desechable mayor de 12", material utilizable menor de 12", donde los tamaños comprendidos entre 12" a 6" pueden ser procesados mediante triturado primario, los tamaños comprendidos entre 6" a 2", mediante zarandeo y triturado primario; y el material menor de 2" mediante triturado secundario y terciario. A continuación, se presenta la distribución porcentual integral de los materiales de cantera:

Cuadro N° 01 Distribución porcentual integral de los materiales de cantera utilizables

Agregado	Tamaño	Distribución porcentual
Diámetro máximo 203 mm	8"	-
Bolonería de desecho	> 12"	-
Bolonería para chancar	12" – 6"	1.8 %
Bolonería para rellenos	6"-3"	8.9 %
Grava	3" – N°4	57.2 %
Arena	N°4 - <N°200	28.3 %
Finos	<N° 200	3.8 %
Total		100.0 %

No se ha identificado partículas gruesas que superan el diámetro máximo utilizable de 12".

Del cuadro anterior, se observa que se contaría con alrededor del 1.8% de piedra entre 12" a 6" apropiada para su procesamiento y/o trituración para base, concreto asfáltico y concreto hidráulico, de igual modo se puede destinar el 8.9% de piedra entre 6" a 3" para rellenos en mejoramientos. Mientras que para el empleo en rellenos de terraplenes y sub base granular, arena para concreto de cemento portland luego del zarandeo, se dispondría del 89.3% de agregados comprendidos en tamaños de 3" a <N° 200.

En cuanto a los agregados con tamaño menor a 3", la distribución porcentual de acuerdo con la evaluación efectuada, es como sigue:

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Cuadro N° 02 Distribución de los materiales de la cantera con tamaño menor a 3"

Agregado	Tamaño	Distribución Porcentual
Grava	3" – N°4	64.0 %
Arena	N°4 - N°200	31.8 %
Finos	< N° 200	4.3 %
Total		100.0 %

Los resultados de laboratorio han permitido determinar que el material típico está conformado por gravas bien gradadas y gravas mal gradadas con arenas medias y gruesas de color gris, con 64.0% de grava, 31.8% de arena y 4.3% de finos.

De acuerdo con los requisitos de las Especificaciones Generales EG-2013, los ensayos practicados a los agregados de la cantera Aucayacu, muestran los siguientes resultados, en base a los cuales se verificó su uso en el proyecto.

Cuadro N° 03 Resultados de ensayos de laboratorio Cantera Aucayacu, Material en Estado Natural.

Ensayos	Resultados	Especificación EG-2013 < 3000 msnm	Aplicación / Usos								Observación y Tratamiento		
			RE	T	SB	B	CA	CH ¹	CH ²	CE ¹		CE ²	
% pasa tamiz N° 200 (%)	4.6	[≤3, ≤3]; [≤3, ≤3]							X	X	X	X	Lavado CH, CE
Humedad Natural	4.1	-											□
Limite Líquido (%)	NP	≤25			√								□
Índice de plástico N° 40 (%)	NP	NP; ≤10; ≤6; ≤4; NP; [NP,NP]; [NP,NP]	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	□
Índice de plástico N° 200 (%)	5	≤4						X					Lavado CA
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3		√									-
Clasificación SUCS	GP-GM	-											-
Máxima densidad gr/cm3	2.384	-											-
Humedad óptima (%)	8.1	-											-
CBR al 95 % MDS a 0.1" (%)	35.9	-	√	√									-
CBR al 100% MDS a 0.1" (%)	63.9	≥30; ≥40; ≥100			√	X							Triturar para B
Partículas Chatas y Alargadas	1.1	≤20; ≤15; ≤10; [≤15, ≤15]; [≤10, ≤10]			√	√	√	√	√	√	√	√	□
Una cara de fractura	40.6	≥80; ≥85; [≥60, ≥60]; [≥60, ≥60]				X	X	X	X	X	X	X	Triturar para B, CA CH y CE
Dos caras de fractura	34.1	≥40; ≥50				X	X						Triturar para B y CA
Gravedad específica grava	2.783	-											-
Gravedad específica arena	2.978	-											-
Absorción grava (%)	1.50	≤1					X						Diseño de Mezcla
Absorción arena (%)	0.40	Según Diseño; [≤4, ≤4]; [≤4, ≤4]					√	√	√	√	√	√	□

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Ensayos	Resultados	Especificación EG-2013 < 3000 msnm	Aplicación / Usos								Observación y Tratamiento			
			RE	T	SB	B	CA	CH ¹	CH ²	CE ¹		CE ²		
Peso unitario suelto grava	1.645	-												-
Peso unitario suelto arena	1.579	-												-
Peso unitario compacto grava	1.884	-												-
Peso unitario compacto arena	1.758	-												-
Equivalente de arena (%)	74	≥45; ≥25; ≥35; ≥60; [≥65, ≥75]; [≥65, ≥75]			√	√	√	√	√	X	√	X		Lavado CH ² , CE ²
Durabilidad grava (%), (sulf. Mg.)	10.7	≤18; ≤18; [≤18, ≤18]; [≤18, ≤18]					√	√	√	√	√	√		□
Durabilidad arena (%), (sulf. Mg.)	14.2	≤15; [≤15, ≤15]; [≤15, ≤15]						√	√	√	√	√		□
Índice de durabilidad grava (%)	58.9	≥35						√						□
Índice de durabilidad arena (%)	51.6	≥35						√						□
Abrasión (%)	31.8	≤50; ≤60; ≤50; ≤40; ≤40; [≤40, ≤40]; [≤40, ≤40]	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		□
Angularidad del agregado fino (%)	43.1	≥30						√						□
Sales Solubles Grava (%)	0.077	≤1.0; ≤0.5; ≤0.5			√	√	√							□
Sales solubles Arena (%)	0.177	≤1.0; ≤0.5; ≤0.5			√	√	√							□
Terrones de arcilla Grava (%)	1.11	[≤3, ≤3]; [≤3, ≤3]						√	√	√	√			□
Terrones de arcilla Arena (%)	1.07	[≤3, ≤3]; [≤3, ≤3]						X	√	√	√	√		Usar en mezcla para CA
Partículas livianas Grava (%)	0.09	[≤1.0, ≤1.0]; [≤1.0, ≤1.0]						√	√	√	√			□
Partículas livianas Arena (%)	0.186	[≤0.5, ≤0.5]; [≤0.5, ≤0.5]						√	√	√	√			□
Contenido de sulfatos Grava (%)	0.0288	[≤1.0, ≤1.0]; [≤1.0, ≤1.0]						√	√	√	√			□
Contenido de sulfatos Arena (%)	0.0280	[≤1.2, ≤1.2]; [≤1.2, ≤1.2]						√	√	√	√			□
Contenido de cloruros Grava (%)	0.0040	[≤0.1, ≤0.1]; [≤0.1, ≤0.1]						√	√	√	√			□

ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Ensayos	Resultados	Especificación EG-2013 < 3000 msnm	Aplicación / Usos								Observación y Tratamiento		
			RE	T	SB	B	CA	CH ¹	CH ²	CE ¹		CE ²	
Contenido de cloruro Arena (%)	0.0049	[≤0.1, ≤0.1]; [≤0.1, ≤0.1]							√	√	√	√	□
Impurezas orgánicas	4	[Igual a Muestra patrón], [Igual a Muestra patrón]							X	X	X	X	□

(¹) Concreto de $f'c \leq 210$ kg/cm²

(²) Concreto de $f'c > 210$ kg/cm²

Nota: Los requerimientos de las especificaciones técnicas corresponden en orden correlativo, según los usos y/o aplicación: RE: Relleno estructural, T: Terraplén, SB: Sub base, B: Base, CA: Carpeta asfáltica, CH: Concreto hidráulico, CE: Concreto Estructural

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

De acuerdo con el cuadro anterior, las características físico-mecánicas de la cantera Aucayacu, demuestra que es posible su uso como material de rellenos y afirmado en forma directa previa selección.

Por otro lado, los requisitos de caras fracturadas y CBR en su condición natural, no cumplen los requisitos para su uso como base granular y concreto asfáltico, no obstante, como señala las EG-2013 estos agregados deben ser tratados, en ese sentido se evaluó su tratamiento mediante el triturado en laboratorio, consiguiendo una distribución granular donde el porcentaje de caras de fractura y CBR cumplen lo exigido para su uso como base.

De acuerdo a lo especificado anteriormente se realizaron los respectivos ensayos con el fin de cumplir las Especificaciones Técnicas EG-2013, por lo cual tenemos el siguiente cuadro:

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Cuadro N° 04 Resultados de ensayos de laboratorio Cantera Aucayacu, Material con Tratamiento

Ensayos	Resultados	Especificación EG-2013 < 3000 msnm	Aplicación / Usos								Observación y Tratamiento		
			RE	T	SB	B	CA	CH ¹	CH ²	CE ¹		CE ²	
% pasa tamiz N° 200 (%) Agregado Lavado*	1.4	[≤3, ≤3]; [≤3, ≤3]							√	√	√	√	<input type="checkbox"/>
Índice de plástico N° 200 (%) Agregado Lavado*	NP	≤4					√						<input type="checkbox"/>
CBR al 95 % MDS a 0.1" (%) Agregado Triturado	78.5	-											<input type="checkbox"/>
CBR al 100% MDS a 0.1" (%) Agregado Triturado	114.0	≥30; ≥40; ≥100	√		√	√							<input type="checkbox"/>
Partículas Chatas y Alargadas Agregado Triturado*	8.4	≤20; ≤15; ≤10; [≤15, ≤15]; [≤10, ≤10]			√	√	√	√	√	√	√	√	<input type="checkbox"/>
Una cara de fractura Agregado Triturado	98.1	≥80; ≥85; [≥60, ≥60]; [≥60, ≥60]				√	√	√	√	√	√	√	<input type="checkbox"/>
Dos caras de fractura Agregado Triturado	91.1	≥40; ≥50				√	√						<input type="checkbox"/>
Equivalente de arena (%) Agregado Lavado*	92	≥45; ≥25; ≥35; ≥60; [≥65, ≥75]; [≥65, ≥75]	√		√	√	√	√	√	√	√	√	<input type="checkbox"/>

(*) Los ensayos de Equivalente de arena, pasante del tamiz N° 200, Índice de plástico N° 200 (%) y partículas chatas y alargadas cumplen con las Especificaciones Técnicas EG-2013 para agregados en estado natural, sin embargo, se realizaron dichos ensayos para agregado lavado y triturado.

Por lo descrito anteriormente no será necesario el tratamiento, de lavado y triturado, para sus respectivos usos que cumplen las especificaciones en estado natural.

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Eficiencia y disponibilidad: Tiene un área para explotación de 11,999.46 m² y una profundidad de explotación promedio de 1.50 m, obteniéndose un volumen aproximado de 17.999.19 m³. En este sentido el volumen bruto, volumen neto y volumen útil es como sigue:

Cuadro N° 05 Eficiencia y disponibilidad de la cantera

Volúmenes Disponibles Eficiencia de la Cantera	(m ³) / (%)	Observaciones
Volumen Bruto (m ³)	17999	a) Levantamiento topográfico
Material de Cobertura (m ³)	0.0	b) (Área cantera x Eprom.) No presenta
Volumen Neto (m ³)	17999	c) = a) – b)
Volumen por Over >12" (m ³)	0.0	d) = c) x % Over>12" (0%x17,475)
Volumen de pérd. por triturado (m ³)	524	e) = 3% x g): (3% x 17,475)
Volumen Desechable (m ³)	524	f) = d)+e)
Volumen Útil (m ³)	17475	g) = c) – f)
Eficiencia de la cantera (%)	97	100 – Material Cobertura – % Over >12" - Vol. Perdida por triturado. 97.0 = 100.0% - 0% - 0% - 2.9%

De acuerdo con el cuadro anterior, se aprecia que se tiene disponible en volumen útil de 17,475 m³; no se considera volumen desechable por partículas con tamaño superior a las 12", sin embargo, se considera por pérdida por chancado de 524 m³, la cantera no requiere de desbroce. Por lo tanto, el volumen total a desechar asciende a 524 m³.

La disponibilidad de materiales se calculó relacionando el volumen total útil con su respectiva eficiencia, obteniendo lo siguiente:

Cuadro N° 06 Disponibilidad de materiales de la cantera

Material	Eficiencia	Disponibilidad
Bolonería de desecho > 12"	-	0 m ³
Bolonería para chancar 12" a 6"	1.8 %	308.72 m ³
Bolonería para rellenos 6" a 3"	8.9 %	1,555.27 m ³
Piedra de 3" a N°4"	57.2 %	10,001 m ³
Arena menor a 3/8"	32.1 %	5,609 m ³

Usos y rendimientos: Antes de someterlos al procesamiento, esta cantera nos proporciona materiales de variada gradación para conformar la estructura de lo que requiere la obra, en este caso, la cantera puede ser utilizada en la conformación de relleno, afirmado y mezcla de concreto de cemento portland.

Cuadro N° 07 Usos y rendimientos de la cantera

Utilización	Procesamiento	Rendimiento
Relleno estructural	Extracción directa y Zarandeo	89.3
Terraplenes	Extracción directa y Zarandeo	98.2
Concreto de $f'c \leq 210$ kg/cm ²	Lavado, zarandeo y mezclado	85.5
Concreto de $f'c > 210$ kg/cm ²	Triturado, lavado, zarandeo y mezclado	93.2

En el caso de los terraplenes, del 100% de los materiales de cantera se considera que su aprovechamiento es afectado por la incidencia de las partículas de 6" a 12" consideradas para su procesamiento por chancado y bolonería mayor a 12", por lo tanto, su rendimiento es de 98.2%. ($98.2=100-1.8-0$) y para rellenos estructurales es afectado por las partículas >6" y 2" a 6", es decir 89.3% ($89.3= 100-1.8-8.9$).

En el caso de la sub base y concreto de $f'c \leq 210$ kg/cm², se considera que su aprovechamiento, es afectado por la incidencia de las partículas de 2" a 6" consideradas para su uso en rellenos y mejoramientos, de igual modo por la incidencia de las partículas de 6" a 12" consideradas para su procesamiento por chancado y la bolonería mayor a 12", por lo tanto, su rendimiento es de 85.5%. ($85.5 =100-1.8-8.9-3.8$).

En el caso de los agregados para base, concreto de $f'c > 210$ kg/cm², del 100% de los materiales de esta cantera, se considera que su aprovechamiento es afectado por la incidencia de las partículas mayores a 12", además se estima una pérdida del 3% en el proceso de chancado, por lo tanto, su rendimiento es de 97%. ($97.0=100-0-0-3.0$).

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

4. Estudio de fuentes de agua

Se han evaluado las características de muestras de agua tomadas en los puntos que se indican a continuación con la finalidad de ser utilizadas en los diversos componentes.

4.1 Muestras analizadas

Se han evaluado las características de muestras de agua tomada en un punto que se indican a continuación, con la finalidad de ser utilizadas en los diversos componentes de la estructura.

- a) La fuente de agua es proveniente del Rio Sangapilla, por lo cual el periodo de explotación será de manera continua, durante todo el año. El acceso para la fuente de agua se encuentra cerca al proyecto de construcción del Puente Carrozable Cañaverál.

4.2 Parámetros evaluados y valores límite

De acuerdo al objetivo del uso del agua, se han evaluado los siguientes parámetros, analizados según las Especificaciones Técnicas EG 2013, Sección 905, para uso de concreto de cemento pórtland, indicándose los valores límites siguientes:

Parámetro	Tolerancia
Sólidos en suspensión (ppm)	5000 máximo
Materia Orgánica (ppm)	3.00 máximo
Alcalinidad NaHCO ₃ (ppm)	1000 máximo
Sulfatos como ión SO ₄ (ppm)	600 máximo
Cloruros como ión Cl (ppm)	1000 máximo
pH	5.5 a 8.0

4.3 Evaluación de los resultados

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los ensayos realizados para la fuente de agua.

Cuadro N° 08 Cuadro resumen de los resultados de los ensayos de la fuente de agua – Rio Sangapilla).

FUENTE	Rio Sangapilla
Sólidos en suspensión (ppm)	5.9
Materia Orgánica (ppm)	2.9
Alcalinidad NaHCO ₃ (ppm)	204.9
Sulfatos como ión SO ₄ (ppm)	20
Cloruros como ión Cl (ppm)	4
pH	6.5

En el caso del uso de las fuentes de agua para mezclas de concreto de cemento portland, se han identificado que la fuente de agua, procedentes del Rio Sangapilla, presenta concentraciones de materia orgánica debajo de los valores recomendados, por lo tanto, estas se podrán emplear en las mezclas de concreto de cemento portland:

De manera similar, los valores de pH, evaluados en la fuente de agua se encuentran debajo del valor de pH máximo recomendado.

Se seleccionó la fuente de régimen permanente, con una reducción ligera en el periodo de estiaje. Los caudales adecuados para demanda de agua en el proyecto se pudieron verificar durante la toma de muestras ejecutadas en época de mayor estiaje entre julio y agosto.

Fuente: Fuente:

5. Conclusiones y recomendaciones

- Se ha ubicado una (01) cantera, fuente de aprovisionamiento de materiales granulares provenientes del cauce del río Aucayacu. Esta cantera reúne las condiciones de calidad y disponibilidad para ser explotadas y utilizadas en las diferentes actividades de explanaciones, vaciados de concreto hidráulico en estructuras, según los requerimientos de calidad de materiales contenidos en las Especificaciones Técnicas EG-2013. No obstante, debido a que la potencia disponible de esta cantera es reducida, se ha considerado que estos bancos sean empleados en el abastecimiento de la sub base granular, material grueso para mezcla en terraplenes, las cuales pueden ser obtenidas por extracción directa y zarandeo. Cabe señalar que esta cantera, por estar ubicadas en el cauce del río Aucayacu, son de naturaleza estacional, motivo por el que su periodo de explotación está restringido a la época de estiaje, entre los meses de mayo a octubre.
- En la cantera identificada, se ha realizado la excavación de calicatas para determinar las características de los agregados, sus resultados de los ensayos de laboratorio, usos, potencia, rendimiento, tratamiento, periodo y equipo de explotación, según lo indicado en los Términos de Referencia. Cada calicata se excavó hasta su profundidad explotable, con lo cual se obtuvo la potencia bruta de la cantera. No obstante, según lo indicado en las especificaciones generales EG-2013, sub secciones 400.04 (décimo párrafo) y sub sección 202.13 (tercer párrafo), se restringe la altura a 1.50 m de profundidad máxima de explotación, con lo que a partir de las secciones topográficas se obtuvo la potencia neta de la cantera. La eficiencia de la cantera se ha determinado a partir de la granulometría integral del material con lo cual se calcula el volumen disponible neto y útil en cantera.
- En el caso del uso de la fuente de agua para mezclas de concreto hidráulico, de acuerdo con el análisis químico efectuado en la fuente de agua, se ha encontrado que estas contienen valores por debajo de los valores máximos recomendados, es decir que es apto para el uso en la ejecución de la construcción del puente.

ANEXO D: INFORME GEOFÍSICO

1 GENERALIDADES

El programa contemplado en el presente estudio, comprende la ejecución de Ensayos Geofísicos (Refracción Sísmica y ensayos MASW), con fines de investigación geotécnica para el Proyecto **“Construcción del Puente Carrozable Cañaverál”**.

2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El área de estudio se encuentra:

Departamento	:	HUÁNUCO
Provincia	:	LEONCIO PRADO
Distrito	:	JOSÉ CRESPO
Ubicación	:	AUCAYACU

VIAS DE ACCESO

El acceso es por la carretera central, a partir de la ciudad de Lima hasta la ciudad de Huánuco, esta vía presenta una plataforma con asfalto con una distancia de 377.80 Km. Ya en la ciudad de Huánuco, mediante la carretera Central se recorre desde Huánuco hasta la ciudad de Tingo María unos 120.90Km, con un camino a nivel asfaltado.

Desde Tingo María hacia la localidad de Aucayacu (Carretera Fernando Belaunde Terry) unos 54 Km por una carretera asfaltada, al ingreso de la localidad. De la plaza de Armas hacia el Puente Cañaverál (Río Sangapilla) unos 2km por la carretera Fernando Belaunde Terry y por la calle Prolongación Sánchez Cerro del CP Cañaverál, hasta el río Sangapilla, zona de ubicación del puente carrozable Cañaverál.

FIGURA 2.1
UBICACIÓN DEL PROYECTO



3 OBJETIVO

El objetivo del estudio geofísico es determinar los perfiles sísmicos del suelo en función a sus características de propagación de ondas, con profundidades de investigación variables según el objetivo específico de cada línea. Además, lograr un mayor conocimiento de las propiedades de las diferentes capas que servirán para complementar la información de la superficie y el sub suelo, las cuales serán utilizadas como información complementaria del estudio del "Puente Carrozable Cañaverál, Distrito de José Crespo y Castillo, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco".

Como resultado del ensayo de MASW, obtenemos las velocidades de corte (Ondas S) y aunado a las velocidades de compresion (Ondas P), se estimará los parámetros elásticos de los suelos.

4 EQUIPO UTILIZADO

4.1 Generalidades

El nuevo registrador sísmico GEODE de 24-bits es el sismógrafo más versátil en la actualidad. Se expande instantáneamente para estudios completos de 2-D y 3-D .Se usa también para monitoreo de temblores, voladuras o vibración de equipo pesado. Asimismo el GEODE puede realizar perfilamiento marino y registro continuo de datos.

Se puede conectar Geodes entre sí para crear un sistema de más de 1000 canales en múltiples líneas. Los Geodes son a prueba de golpes, polvo, sumergibles y soportan temperaturas extremas.

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

**FIGURA 4.1
EQUIPO GEOFÍSICO**



4.2 Características

Configuración: 3, 6, 8, 12 o 24 canales en un módulo Geode de campo a prueba de agua. El Geode es operado tanto desde una laptop bajo el sistema de Windows 98/NT4/ME/W2K/XP/ WIN 7 como por un robusto sismógrafo/computador de campo Strata Visor NZ de Geometrics. El software básico de operación controla un Geode y opcionalmente se puede expandir para controlar múltiples Geodes, hacer estudios marinos, registro continuo, repetidor, perfilamiento marino, VSP, sincronización GPS, monitoreo de voladuras y vibraciones y vigilancia.

**TABLA 4.1
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO**

Características	Valor Nominal
Modelo	GEODE
Nº de Canales	24
Peso	3.6 Kg
Rango de Frecuencia	10 - 400 Hz
Filtro de Frecuencias	10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400, 500, 1000 Hz.
Ganancia	De par 24 o 36 db.
Intervalo de Muestra	0.02, 0.3125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 16 ms.
Tiempo de registro	16,000 muestra estándar y 64,000 muestras
Tiempo de Retardo	0-9999 ms. en pasos de 1 ms.
Tiempo de Pre arranque	90% duración general
Sistema de Mando	Laptop Toshiba i5
Tensión de Alimentación	12 V
Potencia de Consumo	26 W

Software del Sistema:

La operación básica del software incluye funciones completas de adquisición de despliegado, graficador, filtrado y almacenamiento.

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

Hay otras funciones disponibles como control de múltiples geodes, añadir registro, correlación de alta velocidad, escritura en cinta, pulso de prueba de geófonos, pruebas expandidas y diagnóstico, capacidad de rotación (roll along), estudios marinos, perfilamiento marino, monitoreo de voladuras, vibraciones y vigilancia.

Aplicaciones de Software Integradas:

- SIPQC; software para análisis de refracción (método de tiempo de retardo) de Rimrock Geophysics; corre en el sísmógrafo.
 - SeisImager/2D Lite; software para modelado y análisis de refracción (métodos de mínimos cuadrados time-term, tiempo de retardo, e inversión tomográfica) de OYO; corre separadamente.

5 INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

5.1 Método de Refracción Sísmica

El Ensayo de Refracción Sísmica consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas compresionales (Ondas P) y algunas veces de las ondas de corte (Ondas S) generadas por alguna fuente de energía impulsiva a unos puntos localizados a diferentes distancias a lo largo de un eje sobre la superficie del suelo. La energía es detectada, amplificada y registrada, de tal manera que puede determinarse su tiempo de arribo en cada punto.

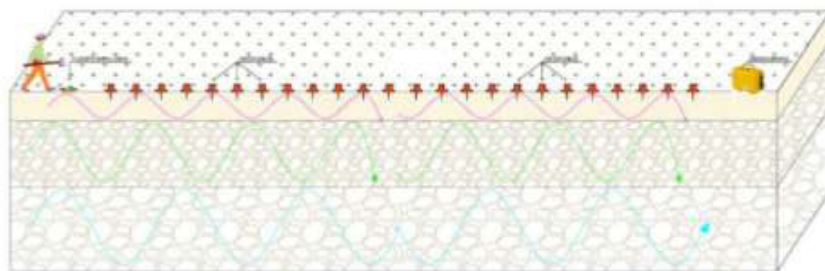
El inicio de la grabación es dado a partir de un dispositivo o SWITCH que da el tiempo cero para evaluar el tiempo recorrido. Estos datos de tiempo y distancia, usando para cada caso especial una variación del punto de SHOT (o aplicación de la energía), permiten evaluar las velocidades de propagación de las ondas P a través de los diferentes estratos (suelo y roca), cuyas estructuras, geometría y continuidad son investigadas. Se estila usar el método de "Delete Time" para el análisis de los resultados.

Todas las formas de análisis manejan criterios que utilizan la suposición de la Ley de Snell en cuanto a la reflexión y refracción de las ondas P. De acuerdo a los estratos del suelo o roca, a las velocidades de propagación de ondas P y a las características geotécnicas, pueden correlacionarse a la compacidad y densidad del material investigado; pero podría llevar a evaluaciones erróneas ante la presencia de niveles freáticos, los cuales pueden ser investigados específicamente con la refracción.

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

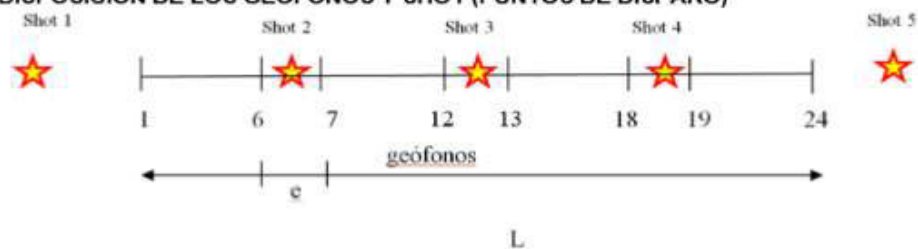
Aparte del equipo sismógrafo GEODE, se cuenta con 24 geófonos de 14 Hz de frecuencia natural con amortiguadores instalados y conexiones de cable; y 24 geófonos de 4.5 Hz. El cable de disparo tiene una longitud de 200 metros. El equipo puede ser disparado con martillo de 12 Kg, 75 Kg ó 300 Kg de peso o con explosivos. Se cuenta con los programas SEISIMAGER (Pickwin, Plotrefa, Surface Wave Analysis Wizard, WaveEq y Geoplot), para realizar los análisis de refracción sísmica y ensayos MASW.

FIGURA 5.1
DISPOSICIÓN DEL SISMÓGRAFO Y DIRECCIÓN DE ONDAS SÍSMICAS



En el presente trabajo se utilizó el equipo de prospección sísmica GEODE con 24 canales de registro, cables con espaciamiento máximo para geófonos de 10 m, geófonos magnéticos y graficador de papel térmico de alta resolución. La distribución de los disparos se realizó de la siguiente manera.

FIGURA 5.2
DISPOSICIÓN DE LOS GEÓFONOS Y SHOT (PUNTOS DE DISPARO)



Donde:

e: espaciamiento entre geófonos

L: longitud total de tendido de la líneas sísmica

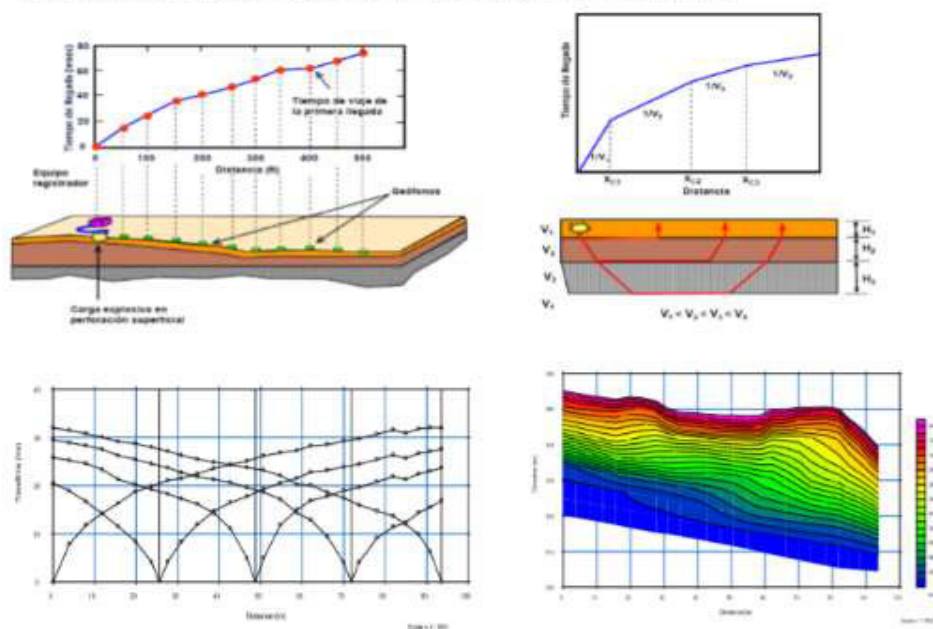
Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

La longitud del tendido estuvo en función a la profundidad de investigación, la accesibilidad y el espacio disponible, siempre teniendo en cuenta que la profundidad de investigación viene dada por la siguiente relación: $H \approx L/3$

Los registros sísmicos obtenidos se procesan con el software de Geometric "Seisimager", para preparar las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) con las que se calculan las velocidades y espesores de los estratos sísmicos mediante el método de "Delete Time", tiempo de retardo, aplicado en diferentes formas por diversas escuelas, indicándose las características más saltantes del análisis e interpretación para el presente estudio.

Las dromocrónicas se presentan en el Anexo n° 2. Asimismo las tomografías sísmicas se presentan en el Anexo n° 3.

FIGURA 5.3
OBTENCIÓN DE DOMOCRÓNICAS, VELOCIDADES Y ESTRATOS



Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

5.2 Método de Análisis de Ondas Superficiales MASW

El Ensayo MASW permite por medio del registro y posterior análisis de ondas superficiales, generadas por una fuente activa, la estimación del perfil de velocidad de ondas de corte (Ondas S), del sitio en estudio. Presenta una serie de ventajas técnicas y logísticas que lo han llevado a ser uno de los principales métodos utilizados para la definir clasificación sísmica del suelo.

Ahora es más aceptado el nombre de Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). Las técnicas de modelado han sido mejoradas desde entonces hasta obtener la precisión disponible en la actualidad, la cual es mayor que la de los registros convencionales tipo Down-Hole. Una de las ondas menos utilizadas en el pasado era la onda de superficie, también conocida como Rayleigh o Groundroll, por interferir con las reflexiones y refracciones de las ondas de sonido, necesarias para los estudios sísmicos. Por esto, las ondas de superficie eran generalmente filtradas de los sismogramas. Los investigadores del KGS pudieron determinar que las ondas de superficie tienen un componente principal de más de 98% de onda S y menos de 2% de onda P. La investigación también mostró que las ondas de superficie se atenúan a mayores frecuencias y con una disminución de velocidad de fase.

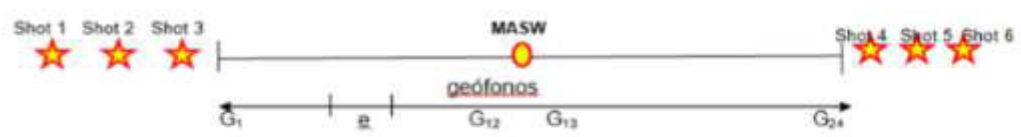
La imagen que se ve a continuación muestra la atenuación típica de una onda de superficie, desde sus inicios a 5Hz hasta su desaparición a 30Hz, con los colores rojo-amarillo-verde-celeste- magenta.

Una vez que la onda de superficie ha sido correctamente identificada, se procede al modelado de la onda S mediante un proceso iterativo, para obtener como resultado final una curva de variación de velocidad de onda "S" a diversas profundidades.

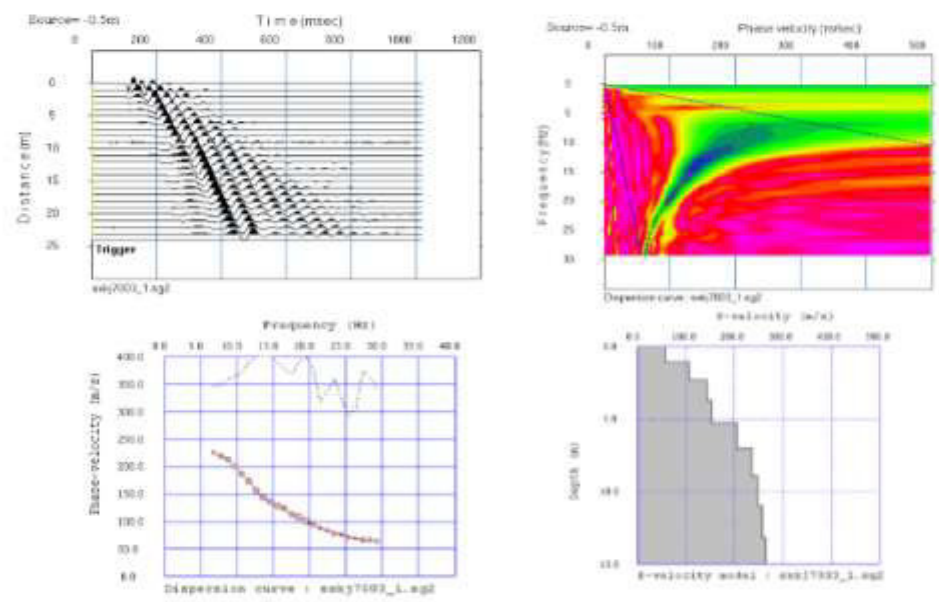
Los perfiles unidimensionales se presentan en el Anexo n° 4.

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

**FIGURA 5.4
DISPOSICIÓN DE GEÓFONOS Y SHOT (PUNTOS DE DISPARO)**



**FIGURA 5.5
PROCESO DE ANÁLISIS DE LA TÉCNICA DEL MASW**



Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

5.3 Trabajos de campo

Los trabajos de campo para la elaboración del presente informe fueron realizados del 7 al 9 de mayo del 2018. En el anexo n°6 se presenta un panel fotográfico de los trabajos realizados.

Se llevaron a cabo investigaciones de prospección geofísica, empleando el método de Refracción Sísmica, el Método de Análisis de Ondas Superficiales MASW ; con el objeto de determinar el perfil sísmico de la zona en estudio., en base a la obtención de las ondas compresionales "Vp" y ondas de corte "Vs".

Estas investigaciones están orientadas a conocer las características físicas de los materiales en profundidad. Se ejecutaron un total de 04 líneas sísmicas acumulando un total de 300.00 ml de ensayo de refracción sísmica, 02 puntos de ensayos MASW. Se presenta un plano de ubicación de ensayos geofísicos en el Anexo n° 7.

En la Tabla 5.1 y 5.2.se presenta un resumen de la distribución de las líneas sísmicas, estaciones del Método MASW .

**TABLA 5.1
DISTRIBUCIÓN DE LAS LÍNEAS SÍMICAS**

Línea Sísmica	Longitud (m)	Coordenadas WG84		
			Este (m)	Norte (m)
MARGEN IZQUIERDA				
LS - 01	75.00	Inicio	378550.653	9012075.49
		Final	378590.931	9012012.23
LS - 03	75.00	Inicio	378541.483	9012022.78
		Final	378582.593	9012085.5
MARGEN DERECHA				
LS - 02	75.00	Inicio	378532.429	9012092.34
		Final	378483.693	9012149.23
LS - 04	75.00	Inicio	378537.968	9012139.63
		Final	378489.016	9012083.09

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

TABLA 5.2
DISTRIBUCIÓN DE LAS ENSAYOS MASW

Línea sísmica	Separación (m)	Coordenadas		
			Este (m)	Norte (m)
MARGEN IZQUIERDA				
MASW-01	3.00	Centro	378570.792	9012043.86
MARGEN DERECHA				
MASW-02	3.00	Centro	378510.318	9012118.15

5.4 Resultados del Ensayo de Refracción Sísmica - Método MASW

A continuación se presenta un resumen de los resultados de velocidad de propagación de ondas P y ondas S; el número de estratos identificados.

TABLA 5.3
RESULTADO DE VELOCIDADES DE LAS LINEAS SÍSMICAS

Línea Sísmica	Estrato	Vp (m/seg)	Prof. (m)	Descripción
MARGEN IZQUIERDA				
LS - 01	1	564.00	0.00 - 3.50	Depósito aluvial poco compacto
	2	1,641.00	3.50 - 12.00	Depósito aluvial medianamente compacto
	3	2,028.00	12.00 - 24.00	Depósito aluvial compacto
LS - 03	1	390.00	0.00 - 2.80	Depósito aluvial poco compacto
	2	1,597.00	2.80 - 12.00	Depósito aluvial medianamente compacto
	3	2,487.00	12.00 - 25.00	Depósito aluvial compacto
MARGEN DERECHA				
LS - 02	1	384.00	0.00 - 3.80	Depósito aluvial poco compacto
	2	1,363.00	3.80 - 11.20	Depósito aluvial medianamente compacto
	3	2,335.00	11.20 - 24.50	Depósito aluvial compacto
LS - 04	1	277.00	0.00 - 3.30	Depósito aluvial poco compacto
	2	1,545.00	3.30 - 11.60	Depósito aluvial medianamente compacto
	3	2,270.00	11.60 - 22.20	Depósito aluvial compacto

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

6 EVALUACIÓN DE LOS ENSAYOS GEOFÍSICOS

La evaluación de la refracción sísmica ha consistido en graficar el perfil topográfico de la superficie del terreno, indicando los puntos de localización de los geófonos y de los disparos (shot). Para cada una de las líneas sísmicas se ha establecido perfiles sísmicos con valores de velocidad de propagación de ondas compresionales (ondas P) en base a las dromocrónicas calculadas de los registros de llegada de las ondas.

La interpretación de los ensayos de refracción sísmica se realizó tomando en cuenta experiencias anteriores y considerando las siguientes tablas de velocidades.

TABLA 6.1
ARCE HELBERG (1990)

Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión compacto	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy compacto	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

TABLA 6.2
ASTM D 5777 - 95

Descripción	Vp (m/s)
Suelo intemperizado	240 – 610
Grava o arena seca	460 – 915
Arena saturada	1220 – 1830
Arcilla saturada	910 - 2750
Agua	1430 - 1665
Agua de mar	1460 - 1525
Arenisca	1830 - 3960
Esquisto, arcilla esquistosa	2750 - 4270
Tiza	1830 - 3960
Caliza	2134 - 6100
Granito	4575 - 5800
Roca metamórfica	3050 - 7000

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

TABLA 6.3
CURVICH (1975), DOBRIN (1961), NB (1976), SAVICHA Y SATONOV (1979)

Descripción	Vp (m/s)
Esquisto arcilloso	2700 – 4800
Grava arcillosa seca	300 – 900
Arena – arena húmeda	200 – 1800
Roca metamórfica	4500 – 6800

TABLA 6.4
RECOPIACIÓN DE MARTINEZ VARGAS A. (1990)

Descripción	Vp (m/s)
Arena suelta sobre el manto freático	245 – 610
Suelo blando	< 300
Arena suelta bajo el manto freático	45 – 1220
Arenas y gravas	300 – 1000
Arena Suelta mezclada con grava húmeda	455 – 1065
Rocas blandas, grava y arena compacta	1000 – 2000
Grava suelta, húmeda	455 – 915
Roca compacta	2000 – 4000
Roca muy compacta	> 4000

TABLA 6.5
MARTINEZ DEL ROSARIO J. (1990)

Descripción	Vp (m/s)	
	Natural	Saturada
Turba	90	250
Arcilla	350	1350
Grava	650	2250

TABLA 6.6
CLASIFICACIÓN DEL SITIO (IBC, 2012-ASCE/SEI 7-10)

Descripción	V _s (m/s) 30m superficiales	Tipo
Roca dura	> 1,500	A
Roca	760 – 1,500	B
Suelo muy denso y roca blanda	360 - 760	C
Suelo rígido	180 - 360	D
Suelo blando	< 180	E
Suelos especiales (licuables, colapsables, arcillas de muy alta plasticidad, suelos orgánicos de más de 3m de espesor)		F

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

TABLA 6.7
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GEOFÍSICOS

Estrato	Suelo	Vp (m/s)	Vs (m/s)
1	Depósito aluvial poco compacto	Vp < 1,000 m/seg	Vs < 180 m/seg
2	Depósito aluvial medianamente compacto	1,000 < Vp < 2,000 m/seg	180 < Vs < 350 m/seg
3	Depósito aluvial compacto	2,000 < Vp < 3,000 m/seg	350 < Vs < 500 m/seg

TABLA 6.8
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MASW

ENSAYO MASW	Tipo de onda	Coordenadas		Periodo Fundamental Ts(s)	Vs ₃₀ (m/s)	IBC	Tipo de suelo
		Este (m)	Norte (m)				
MASW-01	S	0378570.7	9012043.86	0.48	251	D	Suelo Rígido
MASW-02	S	0378510.3	9012118.15	0.40	297	D	Suelo Rígido

TABLA 6.9
PARÁMETROS DISEÑO SISMO RESISTENTE

Parámetros de Diseño Resistente	
Zona	2
Factor de Zona (Z)	0.25
Perfil del suelo tipo (T)	S ₂
Periodo fundamental predominante (MASW)TP(S)	0.48
Periodo que define la plataforma del factor C Norma E-030 TP(S)	0.60
TL(S)	2.00
Factor de Ampliación del suelo (S)	1.20

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

7 PARÁMETROS ELÁSTICOS

Se evaluaron los módulos elásticos del terreno de cimentación con las mediciones de velocidad de propagación de ondas de corte obtenido mediante el ensayo de Análisis Multicanal de Ondas de Superficie (MASW). El valor del Módulo de Young Estático (Es) utilizado para el análisis de la cimentación se ha considerado como un **10%** del valor de Ed.

Los métodos geofísicos hacen posible la investigación de las propiedades de los suelos, los sedimentos y los afloramientos rocosos, también son utilizados para determinar las propiedades dinámicas de los suelos, en particular los de compresión y cortante, velocidades de las ondas del suelo, así como los módulos de elasticidad y de corte del suelo. Estas propiedades son necesarias para determinar la respuesta del suelo y los sistemas suelo-estructura a cargas dinámicas.

Se entiende que estos métodos sólo proporcionan datos cruciales que definen la porción de bajos esfuerzos del módulo y las relaciones de amortiguación dependientes de la deformación. La gran utilidad de los métodos geofísicos es que miden las condiciones in situ e incluyen todos los factores ambientales en el momento de la prueba.

Los problemas de ingeniería que se rigen por los efectos de propagación de ondas provocan bajos niveles de esfuerzo en la masa. Pero si los suelos están sometidos a una carga dinámica que pueda causar un problema de estabilidad entonces si se generaran grandes esfuerzos.

La generación de la onda de impulso por la fuente puede variar de un golpe de martillo en la superficie del suelo, a una carga explosiva enterrada o a una fuente de vibración de frecuencia variada.

Para la determinación del coeficiente de poisson se empleará la siguiente ecuación:

$$\nu = \frac{\left(\frac{v_p}{v_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{v_p}{v_s}\right) - 2} \quad (1)$$

Módulo de rigidez (cortante dinámico), está en función de la onda de corte:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \rightarrow G = \rho V_s^2 \quad (2)$$

El módulo de Young puede ser expresado como:

$$E_d = 2G(1 + \nu) \quad (3)$$

En la siguiente tabla, se presentan los parámetros dinámicos obtenidos:

TABLA 7.1
PARÁMETROS ELÁSTICOS

Estrato	Profundidad (m)	μ	Ed (Mpa)	Es (kg/cm ²)
Ensayo MASW 01				
1	0.00 - 3.50	0.45	142.6	145.4
2	3.50 - 12.00	0.48	413.5	421.7
3	12.00 - 24.00	0.48	999.3	1019.1
Ensayo MASW 02				
1	0.00 - 3.80	0.38	137.1	139.8
2	3.80 - 11.20	0.47	527.5	537.9
3	11.20 - 24.50	0.48	1309.3	1335.2

μ : Coeficiente de poisson
Ed: Módulo de Young
Es: Módulo de Young estático

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

8 CONCLUSIONES

- En el área del proyecto del Puente Cañaveral, predomina el suelo rígido, para ello se realizaron las líneas sísmicas LS- 01, LS- 02 , LS-03 y LS-04. Como resultado del presente estudio se infirieron 3 estratos, cuyas velocidades de ondas primarias y de corte se presentan a continuación.

Estrato	Suelo	Vp (m/s)	Vs (m/s)
1	Depósito aluvial poco compacto	Vp < 1,000 m/seg	Vs<180 m/seg
2	Depósito aluvial medianamente compacto	1,000 <Vp< 2,000 m/seg	180<Vs< 350 m/seg
3	Depósito aluvial compacto	2,000 <Vp< 3,000 m/seg	350<Vs< 500 m/seg

- De la interpretación de los ensayos se determinaron los parámetros elásticos tal como se muestra a continuación:

Estrato	Profundidad (m)	μ	Ed (Mpa)	Es (kg/cm ²)
Ensayo MASW 01				
1	0.00 - 3.50	0.45	142.6	145.4
2	3.50 - 12.00	0.48	413.5	421.7
3	12.00 - 24.00	0.48	999.3	1019.1
Ensayo MASW 02				
1	0.00 - 3.80	0.38	137.1	139.8
2	3.80 - 11.20	0.47	527.5	537.9
3	11.20 - 24.50	0.48	1309.3	1335.2


- La clasificación del tipo de suelo según IBC-2012 a los 30 metros de profundidad, en la zona predomina el tipo de suelo "D", que corresponden a un suelo rígido.

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

ANEXO E: REGISTRO DE EXCAVACIÓN – CALICATA N°1

CLIENTE: CONSORCIO TORRES & MAYA		UBICACION: Río Sangapilla - Distrito de José Crespo y Castillo - Leoncio Prado - Huánuco.	
PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN PARA EL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE CAÑAVERAL, DISTRITO DE JOSÉ CRESPO Y CASTILLO – LEONCIO PRADO – HUÁNUCO"			
TIPO DE SONDAJE: Excavación Manual - Calicata	FECHA: 12 06 2018	LAMINA No: 1	
COORDENADAS: E: 378543 N: 9012081	NIVEL FREÁTICO: 1		
REGISTRADO: F.O.M.	REVISADO: M.H.A.	PAGINA: 1 de 1	

COTA (msnm)	PROF. (m)	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION	N10: Número de Golpes por 0.10m
				0 20 40 60 80 100
0.00				
587.9	0.10			
587.8	0.20	SM	MATERIAL CONFORMADO POR SUELOS GRANULARES FINOS DEL TIPO ARENAS LIMOSAS CON ARCILLA, MEDIANAMENTE DENSA A SUELTA, HÚMEDA, MARRÓN OPACO, PRESENCIA DE RAÍCES Y GRAVAS SUBREDONDEADAS AISLADAS DE HASTA 2 1/2" DE DIÁMETRO. FINOS NO PLÁSTICOS, BLANDOS, HÚMEDOS, CON CONTENIDO DE FINOS IGUAL A 25.14%, ARENAS DE 61.85% Y GRAVAS DE 13.2%, HUMEDAD NATURAL DE 27.94%.	
587.7	0.30			
587.6	0.40			
587.5	0.50			
587.4	0.60			
587.3	0.70			
587.2	0.80	SP	MATERIAL CONFORMADO POR SUELOS GRANULARES FINOS DEL TIPO ARENAS POBREMENTE GRADADAS, MEDIANAMENTE DENSAS, HÚMEDAS, GRIS CLARO. PRESENCIA DE GRAVAS SUBREDONDEADAS, PRESENCIA DE LENTES DE ÓXIDOS.	
587.1	0.90			
587.0	1.00	1.0m		
586.9	1.10			
586.8	1.20			



MARCO ANTONIO HERNÁNDEZ CONSULTOR
 INGENIERO CIVIL
 No. 14015

N10: Número de Golpes por cada 10 cm de penetración, Penetración Dinámica DPL

- Auscultación DPL -




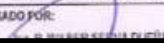
Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

ANEXO F: REGISTRO DE EXCAVACIÓN – CALICATA N°2

DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELOS ASTM D 2488																											
PROYECTO : CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE CAÑAVERAL			DEPARTAMENTO : HUÁNUCO																								
SOLICITA : CONSORCIO TORRES & MAYA			PROVINCIA : LEONCIO PRADO																								
UBICACIÓN : CALLE 27 DE MAYO - AUCAYACU			DISTRITO : JOSE CRESPO Y CASTILLO																								
FECHA : Ago-18																											
CANTERA RIO AUCAYACU, MARGEN IZQUIERDA																											
IDENTIFICACIÓN : C-2M1			COORDENADAS UTM : 5013311.88 N - 0376472.95 E																								
Posic. SUE	MUESTRA	H.F.	CLASIF. SUCE	CLASIF. AASHTO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS																					
100	M-1		GP-GM	A-1+ (0)	GP	<p>Graviles gradadas con arena, de forma sub redondeada, de mediana dureza al golpe, con frías finas no plásticas (L.L.<math>48</math>, P.L.<math>12</math> y P.H.<math>5</math>), color marrón, presenta una humedad media (18%), se observó nivel freático a 2.00m.</p> <p>Tamaño Máx (P.Vg) : 8</p> <p>Botonera +10" : -</p> <p>Botonera 10"-12" : 0</p> <p>Botonera 12"-6" : 5.3%</p> <p>Botonera 6"-3" : 9.1%</p> <p>Botonera 3"-3/8" : 51.3%</p> <p>Botonera 3/8"-#200 : 28.6%</p> <p>Botonera #200 : 5.7%</p>																					
Observaciones:																											
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">L</td> <td style="width: 50px;">Nivel Freático</td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">E</td> <td style="width: 50px;">Calicata</td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">Y</td> <td style="width: 50px;">Trinchera</td> <td style="width: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">E</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">N</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">A</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		L	Nivel Freático		E	Calicata		Y	Trinchera		E			N			D			A			<p>TÉCNICO: Pablo Hilda Quiro</p> <p>ELABORADO POR: Ing. R. WILBER BERGA DUEÑAS</p> <p>REVISADO POR: Ing. R. WILBER BERGA DUEÑAS</p>	
L	Nivel Freático																										
E	Calicata																										
Y	Trinchera																										
E																											
N																											
D																											
A																											
<p>CRISAMYR B.A.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</p> <p>ING. R. WILBER BERGA DUEÑAS RESPONSABLE DE LABORATORIO</p>			<p>CONSORCIO TORRES & MAYA SAMUEL MIRANDA EXHIBEN A.F.E. DE PROYECTO M.S.C. ING. CIVIL N° 43428</p>																								

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.

ANEXO G: REGISTRO DE EXCAVACIÓN – CALICATA N°2N°3.

DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELOS ASTM D 2488							
PROYECTO : CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE CAÑAVERAL			DEPARTAMENTO : HUÁNUCO				
SOLICITA : CONSORCIO TORRES & MAYA			PROVINCIA : LEONCIO PRADO				
UBICACIÓN : CALLE 27 DE MAYO - AUCAYACU			DISTRITO : JOSE CRESPO Y CASTILLO				
FECHA : Ago-18							
CANTERA RIO AUCAYACU, MARGEN IZQUIERDA							
IDENTIFICACIÓN : C-3M-1			COORDENADAS UTM : 9013343.99 N - 0378583.03 E				
Prof. 0.00	m	MUESTRA	H.F.	CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS
100		M-1		GW	A-1-a(0)	GW	<p>Grava bien graduada con arena; de forma sub redondeada, de mediana dureza al golpear; con finos limosos no plásticos (L.L.>NP, L.P.>NP e IP>HP), color marrón; presenta una humedad media (6.3 %), se observó nivel freático a 1.20 m.</p> <p>Tamaño Mix (Pulg) : 7</p> <p>Botonera >15" : ~</p> <p>Botonera 15"-12" : ~</p> <p>Botonera 12"-6" : 0.0%</p> <p>Botonera 6"-3" : 6.9%</p> <p>Botonera 3"-3/8" : 63.3%</p> <p>Botonera 3/8"-Nº200 : 26.7%</p> <p>Botonera <Nº200 : 3.1%</p>
Observaciones:							
		L E Y E N D A		<p>Nivel Freático </p> <p>Calicata </p> <p>Ténchera </p>		<p>TÉCNICO: Pablo Hidalgo Quiroz</p> <p>ELABORADO POR: Ing. R. WILSON REENA DUEÑAS</p> <p>REVISADO POR: </p>	

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco.