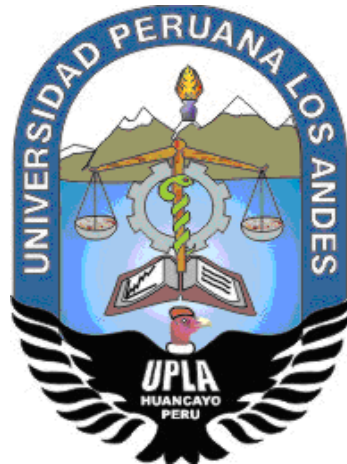


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DISEÑO DE MEZCLA Y TÉCNICA DE  
COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE PILOTES SOBRE  
ACUÍFEROS, PUENTE COMUNEROS –  
HUANCAYO 2017**

**Línea de Investigación Institucional  
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS EN PROCESO CONSTRUCTIVO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Javier Angel VALENZUELA TELLO**

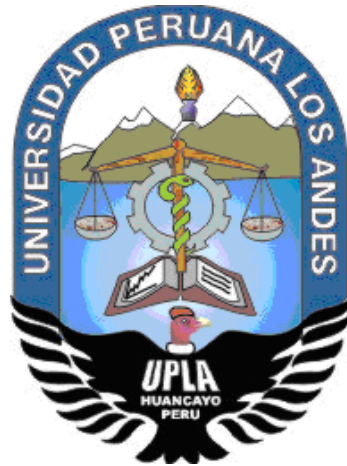
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**

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



**TESIS**

**DISEÑO DE MEZCLA Y TÉCNICA DE  
COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE PILOTES SOBRE  
ACUÍFEROS, PUENTE COMUNEROS –  
HUANCAYO 2017**

**Línea de Investigación Institucional  
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS EN PROCESO CONSTRUCTIVO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Javier Angel VALENZUELA TELLO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**



**ASESOR**

Msc. Llallico Colca Julio César

A Jehová Dios: Por la vida, salud y sabiduría. A mis padres: Javier Andrés y Gregoria; hermanos Jhon Edison, Greys Liliana y Ruth Helen por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi existencia.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Casio Aurelio Torres López.  
Presidente

---

Jurado revisor

---

Jurado revisor

---

Jurado revisor

---

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.  
Secretario docente

# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| RESUMEN .....                                     | 14        |
| ABSTRACT .....                                    | 15        |
| INTRODUCCIÓN .....                                | 15        |
| <b>CAPÍTULO I .....</b>                           | <b>18</b> |
| <b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>         | <b>18</b> |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: .....              | 18        |
| 1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA: .....             | 19        |
| 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: .....              | 19        |
| 1.3.1. PROBLEMA GENERAL: .....                    | 19        |
| 1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS: .....               | 20        |
| 1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:.....       | 20        |
| 1.4.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL: .....               | 20        |
| 1.4.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL: .....               | 21        |
| 1.4.3. DELIMITACIÓN ECONÓMICA: .....              | 21        |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN: .....                         | 21        |
| 1.5.1. PRÁCTICA: .....                            | 21        |
| 1.5.2. METODOLÓGICA: .....                        | 21        |
| 1.6. LIMITACIONES: .....                          | 22        |
| 1.6.1. LIMITACIÓN TECNOLÓGICA:.....               | 22        |
| 1.7. OBJETIVOS: .....                             | 22        |
| 1.7.1. OBJETIVO GENERAL:.....                     | 22        |
| 1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....               | 22        |
| <b>CAPÍTULO II .....</b>                          | <b>24</b> |
| <b>MARCO TEÓRICO .....</b>                        | <b>24</b> |
| 2.1. ANTECEDENTES: .....                          | 24        |
| 2.1.1. NACIONALES: .....                          | 24        |
| 2.1.2. INTERNACIONALES:.....                      | 27        |
| 2.2. BASES TEÓRICAS: .....                        | 30        |
| 2.2.1. DISEÑOS DE CONCRETO AUTO COMPACTANTE:..... | 32        |
| 2.2.2. NORMATIVA NACIONAL DE CONCRETO: .....      | 35        |
| 2.2.3. NORMATIVA DEL CEMENTO: .....               | 35        |
| 2.2.4. NORMATIVA DEL AGREGADO:.....               | 36        |

|                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| 2.2.5.              | SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA PARA CONCRETO: ...     | 36        |
| 2.2.6.              | ADITIVOS:.....  | 36        |
| 2.2.7.              | CIMENTACIONES CON PILOTES:.....                       | 39        |
| 2.2.8.              | CIMENTACIONES SUPERFICIALES: .....                    | 40        |
| 2.2.9.              | CIMENTACIÓN PROFUNDA: .....                           | 41        |
| 2.2.10.             | FABRICACIÓN DE PILOTES DE CONCRETO:.....              | 42        |
| 2.2.11.             | CROSS HOLE SONIC LOGGING:.....                        | 42        |
| 2.2.12.             | ENSAYO DE CARGA DINÁMICA: .....                       | 47        |
| 2.3.                | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:.....                          | 51        |
| 2.4.                | HIPÓTESIS: .....                                      | 61        |
| 2.4.1.              | HIPÓTESIS GENERAL: .....                              | 61        |
| 2.4.2.              | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:.....                           | 61        |
| 2.5.                | VARIABLES: .....                                      | 62        |
| 2.5.1.              | DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE:.....            | 62        |
| 2.5.2.              | DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE: .....          | 62        |
| 2.5.3.              | OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE: .....              | 63        |
| <b>CAPÍTULO III</b> | <b>.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>METODOLOGÍA</b>  | <b>.....</b>  | <b>64</b> |
| 3.1.                | MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:.....                         | 64        |
| 3.2.                | TIPO DE INVESTIGACIÓN: .....                          | 64        |
| 3.3.                | NIVEL DE INVESTIGACIÓN: .....                         | 64        |
| 3.4.                | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:.....                         | 65        |
| 3.5.                | POBLACIÓN Y MUESTRA:.....                             | 65        |
| 3.5.1.              | POBLACIÓN:.....                                       | 65        |
| 3.5.2.              | MUESTRA:.....   | 65        |
| 3.6.                | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: .... | 65        |
| 3.6.1.              | TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:.....                | 65        |
| 3.6.2.              | INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: .....           | 65        |
| 3.7.                | PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN: .....                | 66        |
| 3.8.                | TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS:.....                    | 66        |
| 3.8.1.              | PRE CAMPO:.....                                       | 66        |
| 3.8.2.              | CAMPO: .....  | 67        |
| 3.8.3.              | LABORATORIO:.....                                     | 67        |
| 3.8.4.              | GABINETE: .....                                       | 67        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.8.5. ELABORACIÓN DE INFORME: .....   | 67        |
| <b>CAPÍTULO IV .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>RESULTADOS .....</b>  | <b>69</b> |
| 4.1. PROPORCIONES DEL CONCRETO:.....   | 69        |
| 4.2. CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO: .....  | 70        |
| 4.3. EXPANSIÓN DE FLUJO: .....   | 73        |
| 4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: .....  | 76        |
| 4.5. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INTEGRIDAD DE LOS PILOTES<br>CON CROSS HOLE SONIC LOGGING: ..... | 85        |
| 4.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES ENSAYADOS: .....   | 85        |
| 4.5.2. RESULTADOS OBTENIDOS: .....   | 87        |
| 4.6. PRUEBA DE CARGA DINÁMICA:.....  | 87        |
| 4.6.1. SECUENCIA DE LAS PRUEBAS:.....  | 88        |
| 4.6.2. DETALLES DE LOS PILOTES:.....   | 88        |
| 4.6.3. DETALLES DEL SISTEMA DE CARGA:.....   | 88        |
| 4.6.4. DETALLES DEL SUELO: .....   | 88        |
| 4.6.5. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA: .....  | 90        |
| <b>CAPÍTULO V .....</b>  | <b>91</b> |
| <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>  | <b>92</b> |
| 5.1. PROPORCIONES DEL CONCRETO:.....   | 92        |
| 5.2. CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO: .....  | 93        |
| 5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: .....  | 94        |
| 5.4. EXPANSIÓN DE FLUJO: .....   | 95        |
| 5.5. INTEGRIDAD DE LOS PILOTES CON CROSS HOLE, CUADROS DE<br>DIANÓSTICO Y TOMOGRAFÍAS: .....     | 95        |
| 5.5.1. PILOTE 01, ESTRIBO 02: .....  | 95        |
| 5.5.2. PILOTE 02, ESTRIBO 02: .....  | 96        |
| 5.5.3. PILOTE 03, ESTRIBO 02: .....  | 97        |
| 5.5.4. PILOTE 01, PILA 03: .....   | 98        |
| 5.5.5. PILOTE 02, PILA 03: .....   | 99        |
| 5.5.6. PILOTE 03, PILA 03: .....   | 101       |
| 5.5.7. PILOTE 04, PILA 03: .....   | 102       |
| 5.5.8. PILOTE 04, PILAR 05: .....  | 103       |
| 5.6. PRUEBA DE CARGA DINÁMICA:.....  | 103       |
| 5.6.1. DISCUSION DE RESULTADOS: .....  | 104       |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| CONCLUSIONES .....              | 106 |
| RECOMENDACIONES .....           | 107 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 108 |
| ANEXOS .....                    | 110 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA N° 2.1 Número mínimo de puntos de exploración para cimentaciones profundas.....   | 40 |
| TABLA N° 2.2 Espaciamiento mínimo de los pilotes.....   | 42 |
| TABLA N° 2.3 Correlaciones entre $f'c$ y velocidad de onda.....   | 46 |
| TABLA N° 2.4 Cuadro de operacionalización de variables.....   | 63 |
| TABLA N° 4.1 Diseño de mezcla auto compactante.....   | 69 |
| TABLA N° 4.2 Cuadro de revenimientos del concreto auto compactante.....   | 70 |
| TABLA N° 4.3 Coeficiente de correlación y de determinación del revenimiento con la temperatura ambiente.....                    | 71 |
| TABLA N° 4.4 Coeficiente de correlación y coeficiente de determinación de la temperatura del concreto y el revenimiento.....    | 72 |
| TABLA N° 4.5 Cuadro de expansión del flujo de concreto utilizado en los pilotes del puente Comuneros.....                       | 73 |
| TABLA N° 4.6 Coeficiente de correlación y coeficiente de determinación de la temperatura ambiente y expansión de flujo.....     | 74 |
| TABLA N° 4.7 Coeficiente de correlación y coeficiente de determinación de la temperatura del concreto y expansión de flujo..... | 75 |
| TABLA N° 4.8 Resultado de las probetas de concreto a los 3 días.....  | 77 |
| TABLA N° 4.9 Diferencia de la resistencia del concreto a los 3 días entre GOVIL SAC y C3 Ingeniería.....                        | 78 |
| TABLA N° 4.10 Resultado de las probetas de concreto a los 7 días.....   | 79 |
| TABLA N° 4.11 Diferencia de la resistencia del concreto a los 7 días entre GOVIL SAC y C3 Ingeniería.....                       | 80 |
| TABLA N° 4.12 Resultado de las probetas de concreto a los 14 días.....  | 81 |
| TABLA N°4.13 Resistencia del concreto a los 14 días entre GOVIL SAC y C3 Ingeniería.....  | 82 |
| TABLA N° 4.14 Resultado de las probetas de concreto a los 28 días.....  | 83 |
| TABLA N° 4.15 Resistencia del concreto a los 28 días entre GOVIL SAC y C3 Ingeniería.....                                       | 84 |
| TABLA N° 4.16 Profundidad de instrumentación de los pilotes ensayados con Cross Hole Sonic Logging.....                         | 86 |



|   |    |
|---|----|
| TABLA N° 4.17 Velocidades de onda con Cross Hole Sonic Logging en los pilotes ensayados.....                  | 87 |
| TABLA N° 4.18 Alturas de caída de la masa de ensayo en la prueba de carga dinámica.....                       | 87 |
| TABLA N° 4.19 Estratigrafía de los pilotes que se ensayaron con la prueba de carga dinámica.....              | 89 |
| TABLA N° 4.20 Resistencia de los pilotes, obtenida a través del método CAPWAP.....                            | 90 |
| TABLA N° 4.21 Capacidad última por punta y fuste de los pilotes ensayados en la prueba de carga dinámica..... | 91 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |     |
|--|-----|
| GRÁFICO N° 2.1 Ductos y sensores para el ensayo de Cross Hole Sonic Logging.....                 | 43  |
| GRÁFICO N° 2.2 Disposición y cantidad de ductos en los pilotes de acuerdo al diámetro.....       | 45  |
| GRÁFICO N° 2.3 Elementos que intervienen en la prueba de carga dinámica.                         | 48  |
| GRÁFICO N° 4.1 Correlación del revenimiento con la temperatura ambiente...71                     |     |
| GRÁFICO N° 4.2 Correlación del revenimiento y la temperatura del concreto..72                    |     |
| GRÁFICO N° 4.3 Correlación de la expansión de flujo con la temperatura ambiente.....             | 74  |
| GRÁFICO N° 4.4 Correlación de la expansión de flujo con la temperatura del concreto.....         | 75  |
| GRÁFICO N° 4.5 Resistencia del concreto a los 3 días.....  | 78  |
| GRÁFICO N° 4.6 Resistencia del concreto a los 7 días.....  | 80  |
| GRÁFICO N° 4.7 Resistencia del concreto a los 14 días.....                                       | 82  |
| GRÁFICO N° 4.8 Resistencia del concreto a los 28 días.....                                       | 84  |
| GRÁFICO N° 4.9 Ubicación de los pilotes ensayados con la prueba de Cross Hole Sonic Logging..... | 86  |
| GRÁFICO N° 5.1 Tomografía en toda la sección del pilote 01 - estribo 02.....                     | 97  |
| GRÁFICO N° 5.2 Tomografía en toda la sección del pilote 02 - estribo 02.....                     | 98  |
| GRÁFICO N° 5.3 Tomografía en toda la sección del pilote 03 - estribo 02.....                     | 99  |
| GRÁFICO N° 5.4 Tomografía en toda la sección del pilote 01 - pila 03.....                        | 100 |
| GRÁFICO N° 5.5 Tomografía en toda la sección del pilote 02 - pila 03.....                        | 101 |
| GRÁFICO N° 5.6 Tomografía en toda la sección del pilote 03 -pila 03.....                         | 102 |
| GRÁFICO N° 5.7 Tomografía en toda la sección del pilote 04 - pila 03.....                        | 103 |
| GRÁFICO N° 5.8 Tomografía en toda la sección del pilote 04 - pila 05.....                        | 104 |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

|   |    |
|---|----|
| FOTOGRAFÍA N° 1.1 Vista satelital de la obra.....   | 20 |
| FOTOGRAFÍA N° 2.1 Marco de izaje y prueba de carga dinámica realizado por personal de la empresa Terratest..... | 49 |
| FOTOGRAFÍA N° 2.2 Instrumentación previa antes de la realización de la prueba de carga dinámica en pilotes..... | 50 |
| FOTOGRAFÍA N° 4.1 Prueba de revenimiento con cono de Abrams al concreto auto compactante.....                   | 73 |
| FOTOGRAFÍA N° 4.2 Ensayo de expansión de flujo y medición del revenimiento.....                                 | 76 |
| FOTOGRAFÍA N° 4.3 Medición de la temperatura del concreto auto compactante.....                                 | 76 |
| FOTOGRAFÍA N° 4.4 Material extraído durante la excavación de los pilotes....                                    | 90 |
| FOTOGRAFÍA N° 4.5 Realización de la prueba de carga dinámica a los pilotes del puente Comuneros.....            | 91 |

## RESUMEN

La presente investigación respondió al siguiente problema general: ¿Cuál es el diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto para mejorar la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo 2017?, y el objetivo general fue: Determinar cuál es el diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto para mejorar la construcción de pilotes sobre acuíferos, y la hipótesis general que se verificó fue: El diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto auto compactante mejorará la construcción de pilotes sobre acuíferos.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel fue descriptivo explicativo, y de diseño experimental. La población estuvo conformada por 26 pilotes fabricados en la obra, el tipo de muestreo fue no probabilístico o dirigido, siendo la muestra de 8 pilotes.

La conclusión general de este estudio fue que: El diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto auto compactante mejorará sustancialmente la resistencia de los pilotes sobre acuíferos, obteniéndose como resultado lo siguiente: El diseño de mezcla obtuvo revenimientos de 7.5" a 9.3", T50 igual a 475 mm, resistencia a la compresión a los 28 días de 385.39 kg/cm<sup>2</sup> (GOVIL SAC) y 364.74 kg/cm<sup>2</sup> (C3 INGENIERÍA), velocidad de onda con Crosshole de 3962 m/s, y capacidades de carga última de 1480 tn y 1370 tn para los pilotes E02-P02 y P4-P03 respectivamente.

Palabras claves: Diseño de mezcla, técnica de colocación del concreto, pilotes, y acuíferos.

## **ABSTRACT**

The present investigation responded to the following general problem: What is the design of mixing and concrete placement technique to improve the construction of piles on aquifers, Puente Comuneros - Huancayo 2017 ?, and the general objective was: Determine what is the design of mixing and concrete placement technique to improve the construction of piles over aquifers, and the general hypothesis that was verified was: The mixing design and placing technique of the self compacting concrete will improve the construction of piles on aquifers.

The general method of investigation was the scientific one, the type of investigation was applied, the level was descriptive explanatory, and of experimental design. The population consisted of 26 piles manufactured in the work, the type of sampling was not probabilistic or directed, being the sample of 8 piles.

The general conclusion of this study was that: The mixing design and placement technique of the self compacting concrete will substantially improve the resistance of the piles on aquifers, obtaining as a result the following: The mixture design obtained slumps from 7.5 "to 9.3", T50 equal to 475 mm, resistance to compression at 28 days of 385.39 kg / cm<sup>2</sup> (GOVIL SAC) and 364.74 kg / cm<sup>2</sup> (C3 ENGINEERING), wave velocity with Crosshole of 3962 m / s, and ultimate load capacities of 1480 tn and 1370 tn for the piles E02-P02 and P4-P03 respectively.

Keywords: Mix design, concrete placement technique, piles, and aquifers.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: “**Diseño de Mezcla y Técnica de Colocación del Concreto en la Construcción de Pilotes Sobre Acuíferos**” se propone investigar un diseño de mezcla de concreto que no segregue cuando es colocado bajo el agua, para lo cual se tuvo que investigar referente a las propiedades de los aditivos súper plastificantes, que fluidifican la mezcla y la dotan de una propiedad anti deslave.

Se aborda como problema la colocación del concreto en cimentaciones profundas con presencia de acuíferos confinados y semi confinados. Para este fin, el autor de la investigación tuvo que hacer uso de la normativa peruana e internacional, tales como: Los códigos ACI 318-08 (Requisitos Para Concreto Estructural), ACI 237R 2007 (Self Consolidating Concrete), la ASTM C94 (Standard Specification for Ready Mixed Concrete) que reglamenta el concreto pre mezclado y su equivalente en el Perú es la NTP 339.114. Asimismo, en la tesis se hace hincapié en la normativa nacional que regula la elaboración de los concretos: NTP 339.218 2006 (Ensayo de la Columna de Segregación), NTP 339.219 2005 (Ensayo de la Fluidéz de Asentamiento) y NTP 339.220 2006 (Ensayo de la Fluidéz con el Anillo). Igualmente, se tomó como referente la norma E – 060 de Concreto Armado.

En lo referente a pilotes, se verificó lo establecido en la norma E – 050 de Suelos y Cimentaciones. En el ensayo de integridad de pilotes con Crosshole Sonic Logging se siguió lo estipulado por la ASTM D 6760 (Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing).

En el ensayo de carga dinámica se cumplió el protocolo de la norma ASTM D4945-08 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations).

Esta investigación se desarrolló en cinco capítulos, que se describen a continuación:

En el capítulo I, se trata del problema de investigación, la descripción, delimitación, y formulación del problema; así como la delimitación, la justificación y los objetivos de la tesis.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico; se presentan los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas, definición de términos, se plantean la hipótesis general y las específicas, se definen las variables y su operacionalización en la investigación.

En el capítulo III; se establece el método, tipo, nivel y diseño de la investigación; se presenta la población y muestra; se indican las técnicas e instrumentos usados en la recolección, procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo IV; se presentan los resultados de los ensayos de: Revenimiento del concreto, expansión de flujo, rotura de probetas, integridad con Crosshole Sonic Logging, y la prueba de carga dinámica.

En el capítulo V; se analiza, discute y explica los resultados presentados en el capítulo IV.

Finalmente; se tienen las conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

Bach: Valenzuela Tello Javier Angel

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:**

En el Perú en los últimos años, ante el aumento de las precipitaciones líquidas y por ende, el incremento del caudal en los ríos, se han transmitido noticias sobre puentes que han sufrido diversas fallas e incluso algunos que han llegado a colapsar a causa del Niño Costero.

Según estudios a nivel mundial y las experiencias vividas en el Perú, se conoce que el problema más común encontrado en la falla de puentes proviene del comportamiento hidráulico de los ríos y quebradas; por tal motivo el diseño y análisis en pilotes debe merecer mayor atención e importancia. Se debe dar importancia a los efectos de las avenidas sobre las estructuras, ya que nuestro país tiene la presencia constante de dichos fenómenos que van en aumento.

El diseño y análisis es un factor gobernado por la influencia de la acción erosiva del agua, pues ese es el efecto que induce a la segregación. Se toleran códigos para clasificar el diseño de un puente, siempre que en la evaluación de los elementos y componentes se tomen las medidas necesarias para evitar efectos en el paso creciente que puedan afectar la integridad y estabilidad de la estructura.



Hay falta de criterio en el diseño y análisis de concretos para cimentaciones profundas, que eviten la segregación del mismo en pilotes con acuíferos en puentes. Las causas que se pudieron encontrar son: No contar con diseños adecuados sobre el concreto, cálculos ineficientes y falta de presupuesto para el uso de nuevas tecnologías. Como consecuencia de dichos problemas podemos predecir fallas como la segregación en el concreto.

## **1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA:**

En la ciudad de Huancayo hasta la fecha no se ha desarrollado ni difundido técnicas de colocación de concreto en espacios subterráneos con presencia de acuíferos artesianos. Igualmente, todavía no se ha masificado el conocimiento y uso de concretos auto compactantes con la adición de aditivos plastificantes y súper plastificantes.

Asimismo, carecemos de profesionales y técnicos constructores con conocimiento referente a las cimentaciones profundas en ambientes confinados, con cotas de fondo de pilotes que comúnmente se encuentran entre 25 y 50 metros por debajo del nivel natural de terreno. Sin duda, el uso de cimentaciones profundas en proyectos del valle del Mantaro permitirá asegurar la estabilidad de la súper estructura de los puentes en ambientes tan vulnerables con presencia de socavación como el río Mantaro.

## **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

### **1.3.1. PROBLEMA GENERAL:**

¿Cuál es el diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto para mejorar la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo?

### 1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- a) ¿De qué manera influye el aditivo súper plastificante en el concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos?
  
- b) ¿Cómo es la técnica de colocación del concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos?

### 1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

#### 1.4.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL:



FOTOGRAFÍA N° 2.1 Vista satelital de la obra.

REGIÓN : Junín

PROVINCIA : Huancayo

DISTRITO : Chilca y Tres de Diciembre

BARRIO : Cajas Chico

OBRA : “Construcción del Puente Sobre el Río Mantaro, Distrito de Chilca y Tres de Diciembre, Provincias de Huancayo y Chupaca – Departamento de Junín (Obra Complementaria: Construcción de las Estructuras Metálicas Para las Rampas de Acceso)”.

#### **1.4.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL:**

La presente investigación se desarrolló durante los años 2017 y 2018.

#### **1.4.3. DELIMITACIÓN ECONÓMICA:**

Los gastos que demandaron el desarrollo de esta tesis fueron cubiertos en su totalidad por el investigador.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN:**

#### **1.5.1. PRÁCTICA O SOCIAL:**

Con esta investigación se ayudará a solucionar el problema de segregación del concreto, cuando es utilizado para cimentaciones profundas con presencia de acuíferos. Asimismo, en la investigación se plantea la elevación del nivel piezométrico del encamizado para estabilizar el flujo de agua que sale de los acuíferos. Los encamizados de acero actúan como tapones hidráulicos, que evitan la segregación de los materiales integrantes del concreto.

#### **1.5.2. METODOLÓGICA:**

Para el desarrollo de la tesis se crearon tablas dinámicas en las cuales se plasmaron los datos recogidos en campo y gabinete. Los

indicadores e información técnica ayudaron en el procesamiento de los datos y la enunciación de las conclusiones.

La metodología planteada está acorde con los parámetros y estándares pre establecidos en el Manual de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Guía Para Inspección de Puentes, normas técnicas peruanas, códigos ACI, ASTM, entre otros.

Por tanto, la metodología utilizada en este estudio servirá para otras investigaciones similares y en escenarios diferentes.

## **1.6. LIMITACIONES:**

### **1.6.1. TECNOLÓGICA:**

A falta de los equipos medidores de velocidad y dirección de viento no se hizo el estudio para verificar el comportamiento de las estructuras del puente a sollicitaciones de cargas laterales de viento. De igual manera, las pruebas hidrológicas de los accesos al puente no se realizaron debido a la época de estiaje.

## **1.7. OBJETIVOS:**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL:**

Describir cuál es el diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto para mejorar la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

a) Explicar de qué manera influye el aditivo súper plastificante en el concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos.

b) Detallar cómo es la técnica de colocación del concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES:**

##### **2.1.1. NACIONALES:**

a) La tesis titulada: “**Manual de Construcción e Instalación de Pilotes Según la Práctica de Empresas Especializadas en el Perú**”, presentado en el 2015 por: Rodríguez Villegas Mayra Alejandra y Torpoco Huayllani Freddy Adrián en la Pontificia Universidad Católica del Perú para optar el grado de ingeniero civil presenta como objetivos:

- Producir un documento útil para la mejor elección del proceso constructivo de cimentaciones profundas en el territorio nacional de acuerdo a las condiciones en obra y disponibilidad de recursos en el medio.
- Presentación de empresas que brindan el servicio de construcción e instalación de pilotes y micro pilotes en el Perú.
- Análisis del proceso constructivo de cimentaciones profundas en función a las condiciones de obra.
- Descripción de la maquinaria involucrada.
- Descripción de ensayos de calidad ofrecidos en el medio.

La investigación concluye en:

- El Perú cuenta con la tecnología de pilotajes hace poco tiempo. Pilotes Franki fue la primera empresa que llegó al mercado peruano. Pero en los últimos años ingresaron a nuestro territorio nacional otras representaciones jurídicas como: Mota Engil, Terratest y DSI.
- El ingreso de nuevas empresas dedicadas al rubro de pilotes irá incrementando la oferta y por ende ofreciendo mejores condiciones que se adecuen a las necesidades y preferencias del cliente.
- Las empresas especializadas en el rubro de pilotes ya están ofreciendo al mercado local las pruebas de calidad consistentes en los exámenes de carga dinámica e integridad a través del Crosshole Sonic Logging.
- Los investigadores concluyen que la oferta de pilotes y micro pilotes irá en aumento en el mercado nacional. Especialmente en la construcción de obras que aminoren la brecha en infraestructura que tenemos como país.

**b)** En la tesis titulada: “**Diseño de Mezcla de Concreto Auto Compactante**” presentado en el 2003 en la Universidad Nacional de Ingeniería por el bachiller Hugo Esteban Pineda Vallejo para optar el grado de ingeniero civil se tuvo como objetivo: Presentar un diseño de mezcla de concreto auto compactante, tipos de ensayo que se realizan, determinar los materiales y las cantidades que lo conforman. En mencionada investigación se concluyó que:

- Las relaciones agua cemento comprendidas entre 0.36 y 0.50 tienen excelente trabajabilidad, y por ende su auto compactación es óptima, baja permeabilidad, y resistencias altas durante los ensayo de compresión y tracción.

- En la tesis también se determinó que las altas dosificaciones de aditivos plastificantes, súper plastificantes y el exceso de agua causan inestabilidad en la mezcla de concreto; provocando pegajosidad por exceso de plastificantes y dispersión de los materiales por exceso de agua.
- Es de sumo cuidado controlar la cantidad de cada uno de los materiales para lograr concretos auto compactantes con comportamiento deseable. Las variaciones mínimas en las dosificaciones de sus componentes generan cambios bastante bruscos en el resultado.
- Finalmente, afirman que los concretos auto compactantes son más trabajables, manejables y su colocación es más económica, porque se prescinde de personal y maquinaria para su compactación a través del vibrado.

c) En la tesis: “**Diseño y Proceso Constructivo de Pilotes en el Puente Comuneros, Huancayo Junín**”, presentado en el año 2013 en la Universidad Peruana Los Andes por el bachiller Rusbel Yarasca Cipriano para optar el grado de ingeniero civil se tuvo como objetivo general: Realizar el diseño de pilotes para el puente Comuneros que garantice el buen funcionamiento de la estructura, sin generar asentamientos diferenciales considerables que afecten su periodo de diseño.

Mientras que sus objetivos específicos fueron: Demostrar mediante cálculos geotécnicos y estructurales que los pilotes excavados in situ pueden soportar las solicitaciones de cargas del puente Comuneros sin generar asentamientos diferenciales que afecten su buen funcionamiento y definir un procedimiento constructivo de pilotes teniendo en consideración la tecnología con la que se cuenta en la región central del Perú.

Se concluyó en lo siguiente:



- De acuerdo a los resultados obtenidos, los asentamientos calculados mediante la metodología de Skempton presentan los valores más críticos, alcanzando un valor máximo de asentamiento de 47.52 cm para los pilones, sin embargo, dado que las estructuras se encuentran cimentadas en suelos granulares competentes los asentamientos ocurrirán durante la etapa constructiva, sin riesgo para la estructura proyectada.

### **2.1.2. INTERNACIONALES:**

- a) La investigación titulada: **“Guía Práctica Para el Cálculo de Capacidad de Carga en Cimentaciones Superficiales, Losas de Cimentación, Pilotes y Pilas Perforadas”**, presentado en el 2009 a la Universidad de San Carlos de Guatemala por Jéser Esaú De Jesús Nij Patzan para conferírsele el título de ingeniero civil se propuso como objetivo general: Proporcionar una guía teórica y práctica basada en datos de laboratorio que recopile información respecto a la determinación de la capacidad de carga del suelo para diferentes tipos de cimentaciones. Y entre los objetivos específicos se plantearon:
  - Explicar la teoría de corte y su relación respecto al comportamiento del suelo y la capacidad de carga del mismo.
  - Dar a conocer los diferentes métodos y ecuaciones para el cálculo de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas.
  - Comparar y determinar cuál de los métodos de capacidad de carga es más efectivo para los diferentes tipos de cimentaciones.

- Dar a conocer las normas por las que se rigen los ensayos de laboratorio.
- Proporcionar una guía para el cálculo de la capacidad de carga tanto para estudiantes como para profesionales de la ingeniería civil.

De igual modo, en la investigación se concluyó en lo siguiente:  
El ensayo de penetración estándar es un medio fácil para determinar la capacidad de carga admisible del suelo y tiene la ventaja de proporcionar un perfil estratigráfico, además que las muestras obtenidas son alteradas pero representativas, razón por la que puede determinarse el tipo de suelo y realizar las correlaciones respectivas.

**b)** En el ensayo titulado: **“Comportamiento y Diseño de Cimentaciones Profundas en la Ciudad de México”** del año 2007, el autor Dr. Manuel Jesús Mendoza López se propuso como objetivo explicar los estudios geotécnicos que se llevaron a cabo durante las últimas décadas en la Ciudad de México, los cuales servirán para predecir teóricamente el comportamiento de los diversos tipos de cimentación ante sollicitaciones sísmicas. Igualmente, se planteó como objetivos específicos:

- Exponer diversos estudios referentes al comportamiento de los pilotes de fricción en el sector conocido como Del Lago, que sufrieron los mayores daños durante el sismo de 1985.
- Abordar referente al diseño y comportamiento de pilas de cimentación. Se expuso los resultados de las pruebas de carga axial y lateral a las que fueron sometidas los pilotes, previa instrumentación en la punta y el fuste.

Las conclusiones a las cuales se arribó en el ensayo fueron:

- En lo concerniente a las acciones dinámicas que provocan los sismos se pudo comprobar que influyen en el

comportamiento de la estructura la interfaz suelo losa y en la presión el agua del subsuelo.

- Se demostró que los pilotes de fricción, luego de un evento sísmico intenso, semanas después imponen su rigidez como grupo o conjunto, retomando la capacidad de carga perdida.

c) En el ensayo denominado: **“Variación en las Características de Fluidéz en Mezclas de Concreto Mediante la Modificación de Aditivo y Agua Para la Obtención de un Concreto Auto Compactable”** de setiembre del año 2004, presentado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica por el investigador José Mena Carmona se planteó como objetivo general: Desarrollar mediante ensayos de laboratorio y en el campo un novedoso producto (para la fecha) denominado concreto auto compactable, con diversos rangos de agua y plastificantes. Igualmente propuso como objetivos específicos:

- Obtener diseños de mezcla de concreto auto compactable con resistencias de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Desarrollar diseños de concretos de  $f'c$  igual a 21 Mpa, llevarlos al campo y laboratorio para el análisis y la obtención de los resultados, y consecuentemente elegir el de mejor desempeño.

El investigador concluyó que:

- A medida que se incorpora el aditivo súper plastificante a una mezcla, independientemente del contenido de agua, se llegará a un contenido de aditivo máximo, que resultará en la reducción de la resistencia a la tracción, una alta tasa de segregación y exudación.
- Los concretos de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$  para que tengan un comportamiento adecuado y aceptable deben de utilizar una dosis máxima de aditivo de 0.7% del peso del cemento.

d) La tesis de título: **“Influencia de la Tasa de Aditivo Súper Plastificante, en las Propiedades del Concreto de Alta Resistencia en Estado Fresco y Endurecido”**, presentado en la Universidad de El Salvador, en el 2010 por los investigadores: Reina Cardoza Juan Carlos, Sánchez Blanco Marvin José y Solano Quintanilla Elmer Rolando se planteó como propósito: Determinar la influencia de la tasa de aditivo súper plastificante en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido. Mientras que los objetivos específicos fueron:

- Definir las propiedades y los componentes del concreto en estado fresco y endurecido.
- Determinar la cantidad necesaria de materiales para obtener un buen diseño de mezcla.
- Proponer distintos diseños de mezcla, con diversas tasas de aditivos para obtener diseños que logren resistencias entre los 500 kg/cm<sup>2</sup> y 700 kg/cm<sup>2</sup>, con asentamientos de 5 a 8 pulgadas.

La investigación concluyó que: Las mezclas elaboradas demostraron trabajabilidad y cohesión. Esto se demostró a través de los ensayos de revenimiento en los cuales se obtuvieron resultados de 7 a 8 pulgadas de asentamiento. No se presentó la segregación.

## **2.2. BASES TEÓRICAS:**

El hombre, en su afán de dominación de la naturaleza, desde los anales de la historia siempre buscó conquistar las alturas y profundidades del planeta. En esa labor inventó el concreto para construir obras por encima y por debajo del nivel de la tierra. Teodoro E. Harmsen en la cuarta edición de su libro: “Diseño de Estructuras de Concreto Armado” pg. 1 manifiesta: “El concreto fue usado por primera vez en Roma alrededor de la tercera

centuria antes de Cristo. Estaba constituido por agregados unidos mediante un aglomerado conformado por una mezcla de cal y ceniza volcánica. Este material podía sumergirse en agua manteniendo sus propiedades a diferencia de los morteros de cal usados un siglo antes en la antigua isla de Creta...”.

Según Teodoro E. Harmsen en el año de 1850 llegaron al Perú los primeros barriles de cemento, que inicialmente se usó para cimentaciones y arreglo de fachadas, y luego se combinó su uso con el acero, naciendo así en el Perú las primeras estructuras de concreto armado. El autor también recuerda que en 1915 la empresa estadounidense Foundation Co. trajo los primeros hornos de fabricación de cemento, que un año después fue adquirido por la Compañía Peruana de Cemento Portland. Con los años aumentaron las empresas dedicadas a la fabricación del cemento y la venta del concreto premezclado, siendo en la actualidad el material más usado en todas las regiones del país.

Por su parte, Hugo Pineda Vallejos en su tesis: “**Diseño de Mezcla de Concreto Auto Compactable**” sostiene que en el año de 1970, en Alemania y Japón se comenzaron a utilizar en las obras civiles los primeros aditivos súper fluidificantes.

Japón desarrolló una fórmula consistente en la combinación de formaldehídos naftalenos sulfonados, convirtiéndose en el primer fluidificante. A su vez en Alemania se introdujeron a la fórmula las melaninas creándose los aditivos Melmet y Melcret.

Hugo Pineda Vallejos, al mismo tiempo, sostiene que la obra más relevante que se construyó en España fue la Torre Europa en 1982, en Azca Madrid. En la obra, cuya cimentación tenía una armadura de acero bastante densa se utilizó el hormigón auto nivelante, cuya consistencia resultó bastante fluida luego de ensayarse en el cono de Abrams. En el hormigón (conocido

así el concreto en España) se logró reducir el agua de la mezcla hasta en un 25%.

Los súper plastificantes y/o fluidificantes generan virtudes adicionales al concreto y coadyuvan a un desempeño reológico óptimo. Primero, trabajan como reductores de agua en las mezclas de concreto; segundo, se obtienen relaciones agua cemento bastante bajas, y consecuentemente se obtienen valores de resistencia a la compresión y tracción altos; y tercero, ayudan a la trabajabilidad del concreto.

### **2.2.1. DISEÑOS DE CONCRETO AUTO COMPACTANTE:**

La normativa internacional que rige los diseños de concreto auto compactante está conformada por los códigos ACI 237R (2007) Self Consolidating Concrete, ACI 318-08 (2008) referente a Requisitos Para Concreto Estructural y la EFNARC European Federation Dedicated to Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (2002): Specifications and Guidelines for Self Compacting Concrete. Asimismo, la normativa que reglamenta al concreto pre mezclado en el Perú es la NTP 339.114 y su equivalente en EE.UU es la ASTM C94.

El concreto auto compactante es una mezcla muy fluida que es capaz de introducirse entre las estructuras de acero y llenar el volumen del encofrado sin la ayuda de los vibradores o “chuseo” manual, tiene la propiedad de no segregarse de los materiales que lo componen y por ende garantiza una estructura de concreto uniforme.

También presenta las siguientes bondades: Se ahorra tiempo y dinero para el vibrado y compactado, el avance de la obra es mayor, se evita y mitiga la contaminación acústica a causa del ruido producido por las tareas de vibrado, se puede colocar el concreto en lugares ocupados densamente por el acero, lográndose

acabados adecuados, se evita la segregación del concreto, se mejora la impermeabilidad de la estructura de concreto, perfeccionando los parámetros de resistencia y durabilidad.

Para asegurar la calidad del concreto auto compactante se realizan las siguientes pruebas y/o ensayos:

**a) ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO:**

Con este ensayo se determina el diámetro de extensión del material luego de ser vertido por el cono de Abrams. Además, se mide el tiempo que demora el concreto en extenderse hasta un diámetro de 500 mm (T50), y el tiempo que se demora hasta detenerse la extensión del material (Tf). El T50 y el Tf ayudan a determinar la cohesión y la viscosidad del concreto. En lo referente al T50, la EFNARC sugiere que para obras de ingeniería el concreto auto compactable debe alcanzar el diámetro de 500 mm en un tiempo de tres a siete segundos. Este ensayo permite evaluar la capacidad de relleno del concreto entre las estructuras del acero, y es muy utilizado en el Japón.

**b) ENSAYO DE LA CAJA EN “L”:**

Según la página web <https://upcommons.upc.edu/bitstream> el ensayo consiste en llenar un depósito en forma de “L”, para atravesar un canal restringido con armaduras. Se analiza el comportamiento del concreto auto compactable midiendo el tiempo que tarda en llegar el flujo de material a una distancia de 200 mm (T20) y de 400 mm (T40), y las alturas H1 y H2 en ambos extremos de la parte horizontal de la caja en “L”. Con este ensayo se mide la habilidad de pasar del concreto a través de las armaduras y su capacidad de extensión y auto compactación. El coeficiente de bloqueo ( $CB=H2/H1$ ) debe ser superior a 0.80 para considerarse satisfactorio.

### **c) ENSAYO CON ANILLO DE BARRAS:**

Es muy conocido como el anillo japonés. Es un dispositivo que se puede combinar con el ensayo de extensión de flujo de concreto. El dispositivo consiste en un anillo de 300 mm de diámetro que cuenta con varillas verticales de 100 mm ó 120 mm de altura. De acuerdo a la EFNARC la separación entre las varillas verticales debe ser igual o superior a tres veces el tamaño máximo del agregado utilizado. De acuerdo a este ensayo, una vez concluido el movimiento del concreto, se mide la altura del material dentro y fuera del anillo y el diámetro de la extensión de flujo. De acuerdo a la EFNARC la diferencia de altura del flujo del concreto entre el interior y el exterior del anillo no debería ser superior a 10 mm para determinar que el concreto tiene buena capacidad de paso entre las estructuras del acero. Por los antecedentes en el estudio del concreto, se puede determinar que el ensayo de extensión de flujo es el más aceptado por los constructores, porque es el único que nos permite determinar su deformabilidad de manera horizontal. Mientras que la caja en “L” tiene sus desventajas.

### **d) REOLOGÍA DEL CONCRETO:**

Es el análisis del comportamiento de los elementos que componen el concreto, llámese: Cemento, áridos, agua, aditivos y adiciones. Se estudia la fluidez y las fuerzas que actúan sobre los materiales integrantes del concreto durante su colocación en obra. Se podría decir que el concreto es una especie de suspensión de partículas de diverso tamaño en la composición fluida de la pasta. Por ejemplo, remitiéndonos a un análisis de la relación agua cemento, se concluye que el incremento de agua en el concreto trae consigo un aumento de la fluidez, poca cohesión e incremento de la probabilidad de segregación. Por lo expuesto, para obtener un concreto de calidad que se adecue a los requerimientos particulares de la obra, es imprescindible que



se haga un buen diseño de mezcla, asegurándonos de la trabajabilidad, evitando la segregación y usando los aditivos adecuados como los reductores de agua, plastificantes y súper plastificantes.

### **2.2.2. NORMATIVA NACIONAL DE CONCRETO:**

La normativa nacional que regula la elaboración de los concretos en general la conforman: Norma Técnica Peruana NTP 339.218 (2006) - Ensayo de la Columna de Segregación, Norma Técnica Peruana NTP 339.219 (2005) – Ensayo de la Fluidéz de Asentamiento, y Norma Técnica Peruana NTP 339.220 (2006) – Ensayo de la Fluidéz con el Anillo. Las normas mencionadas líneas arriba se encuentran bajo la jurisdicción y monitoreo del INDECOPI. De la misma manera no debemos de obviar el Reglamento Nacional de Edificaciones, norma E – 060 de Concreto Armado.

### **2.2.3. NORMATIVA DEL CEMENTO:**

El cemento producido en el territorio nacional está regulado por la Norma Técnica Peruana 334.090, la cual es una réplica de la American Society Testing Materials ASTM C150 (Standard Specification for Portland Cement). La norma regula el uso de los cementos:

- a) Tipo I: De uso convencional y general.
- b) Tipo II: Presenta una resistencia moderada a los sulfatos.
- c) Tipo II (MH): Presenta moderado calor de hidratación.
- d) Tipo III: Cuando el constructor requiere alta resistencia inicial.
- e) TIPO IV: Cuando se necesita bajo calor de hidratación.
- f) TIPO V: Se usa este tipo de cemento cuando se necesita un concreto con alta resistencia a los sulfatos.

#### **2.2.4. NORMATIVA DEL AGREGADO:**

El INACAL, en lo referente a los agregados, cuenta con la NTP 400.037:2018. Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos mínimos que deben cumplir los agregados finos y gruesos que serán usados en el diseño de las mezclas de concreto. Además se posee: La NTP 339.047 1979 HORMIGÓN (concreto), definiciones y terminología relativas al hormigón; NTP 350.001 1970 TAMICES DE ENSAYO; NTP 400.010: 2000 AGREGADOS, extracción y preparación de las muestras; NTP 400.011 1976 AGREGADOS, definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos; y la NTP 400.018: 1977 AGREGADOS, determinación del material que pasa el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200).

#### **2.2.5. SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA PARA CONCRETO:**

Mientras que la NTP 239.704 2018 establece los métodos de ensayo que se utilizan para determinar la cantidad de sólidos suspendidos en el agua que se prevé usar en el concreto. La cantidad de sólidos en el fluido se determina en partes por millón (ppm).

#### **2.2.6. ADITIVOS:**

La amplia gama de aditivos están definidos por el código ACI 116 y la ASTM C 494, como materiales para modificar las propiedades del concreto y procurar: Trabajabilidad, evitar la exudación, lograr bombeabilidad, regular el tiempo de fragua, permeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, entre otros. En nuestra jurisdicción este tipo de materiales son reglamentados por la NTP 334.088 (aditivos químicos para concreto, pastas y mortero). Y son los siguientes:

- a) **Aditivos inclusores de aire.**- Para climas de frío extremo. Con este material se mejora la durabilidad del concreto en ambientes de gradiente térmica considerable; y con presencia de sales, sulfatos y álcalis.
- b) **Aditivos reductores de agua de medio y alto rango.**- Se usan cuando se requiere disminuir la relación agua cemento y lograr resistencias altas a compresión y tracción. Estos materiales también evitan la fisuración a causa de la contracción por secado y la exudación. La reducción de la cantidad de agua en la mezcla fluctúa entre el 12% y 30%.
- c) **Aditivos súper plastificantes.**- Para lograr concretos fluidos, cohesionados y con revenimiento alto (asentamiento). Estos aditivos también son reductores de agua. Este tipo de material se utiliza cuando: El concreto se colocará en secciones muy delgadas, áreas densamente ocupadas por la armadura de acero, debajo del agua, para facilitar y ayudar al bombeo con la “pluma”.
- d) **Aditivos anti deslave.**- Es aquel que mejora la cohesión de los materiales integrantes del concreto, especialmente cuando se coloca en ambientes sub acuáticos. Evita la pérdida de cemento por lavado y permite la colocación del concreto en agua con la utilización de la tubería Tremie y del tapón pelota del ducto.
- e) **Aditivos retardadores.**- Se usa comúnmente cuando el concreto es premezclado y hay una distancia considerable entre la planta de producción y el lugar de colocación del concreto en obra. Se retrasa el fraguado.
- f) **Aditivos aceleradores.**- Se usa para acelerar la hidratación y/o fraguado, para lograr altas resistencias del concreto a edades bastante tempranas. Según el Portland Cement Association, el cloruro de calcio  $\text{CaCl}_2$  es el compuesto químico integrante de los acelerantes.

- g) Aditivos controladores de hidratación.-** Los mismos se clasifican en: (1) Un estabilizador que detiene la hidratación del concreto hasta por un tiempo de 72 horas; y (2) el activador, que al momento de ser adicionado, poco antes del colocado activa la hidratación y el fraguado de la mezcla.
- h) Aditivo inhibidor de corrosión.-** Se usan comúnmente en concretos que se colocarán en obras con ambientes húmedos tales como: Puentes, muelles y puertos marítimos; donde hay presencia considerable de sales de cloruro. Estos aditivos están compuestos por nitritos de calcio y sodio, etanolamina dimetil, fosfatos, esteraminas y aminas. La función que cumplen es bloquear la corrosión y estabilizar la película pasivadora del acero, evitando el ingreso de los iones cloruro.
- i) Aditivos reductores de contracción y/o retracción.-** Salió al mercado en los años 80 y se usa comúnmente en losas de puente, infraestructura hidráulica y edificios en los cuales se requiere disminuir considerablemente los niveles de fisuración, por estabilidad estructural y estética. Según ensayos reportados por el Portland Cement Association gracias a este aditivo se logró evitar las contracciones por secado en un rango del 25% al 50%.
- j) Aditivos para reducir la reactividad álcali agregado.-** Se usa cuando los agregados y el agua utilizada en la mezcla tienen en su composición la presencia de sales, cloruros y sulfatos. Está compuesto por sales de bario, nitrito de litio, silicato de aluminio y litio, carbonato de litio, e hidróxido de litio.
- k) Aditivos colorantes.-** Se emplean para colorear el concreto en tratamientos ornamentales.
- l) Aditivos a prueba de agua.-** Se usan para evitar la transmisión de humedad a través del concreto.
- m) Aditivos impermeabilizantes.-** Reduce la circulación del agua a través de la estructura del concreto. Según la bibliografía a

menor relación agua cemento, también se reduce la permeabilidad.

- n) **Aditivos para adherencia.**- Se usan para generar una unión entre el concreto viejo y el nuevo. Está compuesto por copolímeros de butadieno estireno, acrílicos, acetato de polivinilo, hule y cloruro de polivinilo. De acuerdo a la recomendación del fabricante se agrega entre un 5% y 20% de la masa de concreto.
- o) **Aditivo purgador de aire.**- Son los utilizados para expulsar el aire atrapado en el concreto y lograr mayor resistencia. Este aditivo se compone de silicones, fosfato tributilo, ésteres insolubles en ácidos carbónico y bórico, y alcohol octilo.
- p) **Aditivos insecticidas, germicidas y fungicidas.**- Previene y controla el crecimiento de bacterias, hongos y la proliferación de insectos en la masa del concreto.
- q) **Aditivos súper plastificante y/o fluidificante.**- Son materiales que modifican la composición de la mezcla, haciéndola más fluida y trabajable, reduciendo la viscosidad y el esfuerzo de fluencia, pero al mismo tiempo mantiene la cohesión para evitar la segregación del concreto. Este tipo de aditivo puede ser usado como fluidificante, aumentando la fluidez del concreto y su trabajabilidad, sin demandar agua e ir en desmedro de la resistencia; como reductor de agua, bajando considerablemente la relación agua cemento y obteniendo resistencias mecánicas superiores.

### **2.2.7. CIMENTACIONES CON PILOTES:**

Los pilotes se encuentran dentro de la clasificación de las cimentaciones profundas, y están regulados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E - 050 Suelos y Cimentaciones. En el capítulo 5 de la E - 050 se abunda en los referente a: Asentamientos, fricción negativa, espaciamiento entre pilotes, ensayos diversos que se deben practicar, pruebas de carga,

factores de seguridad, capacidad de carga de un grupo de pilotes, y finalmente se reglamenta en lo concerniente al programa de carga para pilotes. La normativa internacional es variada, pero las más utilizadas son la española y estadounidense.

El Manual de Puentes, en el acápite de Estudios Geológicos y Geotécnicos, expresa como objetivo: Determinar las distintas formaciones geológicas y geotécnicas, es decir, la estratigrafía, propiedades físicas y mecánicas de los suelos, las cuales se determinarán a través de los sondajes reglamentados en el artículo 2.8.0.3 y su equivalente ASSHTO 10.4.2. Seguidamente presentamos la tabla de profundidad y número de puntos de exploración para cimentaciones de estructuras, sólo lo referente a cimentaciones profundas.

| APLICACIÓN                  | UBICACIÓN Y NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN   | PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EXPLORACIÓN  |
|-----------------------------|--|--|
| <b>CIMENTACIÓN PROFUNDA</b> | Para pilares o estribos con ancho menor a 30 m, un punto de exploración, por unidad de subestructura.  | En suelos, la exploración debe ser mínimo 6 m por debajo de la punta del pilote. |
|                             | Para pilares o estribos con ancho mayor a 30 m, dos punto de exploración, por unidad de subestructura. | El pilotes sobre roca, se debe obtener mínimo 5 m de testigo.                    |

TABLA N° 2.1 Número mínimo de puntos de exploración para cimentaciones profundas.

### 2.2.8. CIMENTACIONES SUPERFICIALES:

Se conoce como cimentaciones superficiales a aquellas cuya profundidad de desplante  $D_f$  es menor o igual que el ancho de la misma, pero también se sugiere que se tomen como cimentaciones superficiales aquellas cuya profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación. Entre este tipo de cimentaciones se encuentran: Las zapatas aisladas, las

cimentaciones corridas y losas de cimentación. Las zapatas aisladas son elementos estructurales, por lo general de forma cuadrada o rectangular, a veces circular, que se construyen para poder transferir la carga de las columnas hacia el suelo por medio de una mayor área para disminuir la presión. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E - 050 de Suelos y Cimentaciones, una cimentación superficial debe tener como mínimo 0.80 m de profundidad.

### **2.2.9. CIMENTACIÓN PROFUNDA:**

La parte de la estructura que a menudo se encuentra por debajo del nivel del terreno y transmite la carga a un estrato resistente, es denominada cimentación profunda. Cuando el suelo situado al nivel en que se desplantaría normalmente una zapata o una losa de fundación, es débil o compresible para proporcionar un soporte adecuado, las cargas se deben transmitir a un material más adecuado a mayor profundidad. Es entonces una cimentación profunda, aquella estructura utilizada para transferir las cargas a estratos más resistentes evitando los más débiles. Estos poseen la característica de penetrar el terreno para transmitir por fricción lateral parte de la carga que recibe, mientras que la parte restante llega hasta su base y se transfiere a un nivel situado considerablemente por debajo de la superficie del terreno circundante. Entre ellas podemos mencionar a los pilotes, micro pilotes, pilotes de madera, pilotes de acero, pilotes de concreto in situ con encamisado perdido, pilotes de concreto in situ con encamisado recuperable, pilotes de concreto con lodo bentonítico, entre otros. Las cimentaciones profundas también están reglamentadas por la Norma E - 050, en su capítulo 5, para la cimentación por pilotes se recomienda: Ensayos de medición de cargas (carga última, carga por punta y carga por fricción), capacidad de carga de grupo de pilotes (se verifica el comportamiento del grupo ante una sollicitación de carga) y factores de seguridad (en ningún caso será

menor a 2). Para las cimentaciones con pilotes, la ASTM D 1143 (Métodos de Prueba Estándar Para Cimentaciones Profundas Sometidos a Carga Axial Compresiva) recomienda realizar por lo menos una prueba de carga por cada 100 pilotes, o un grupo o lote de pilotes. Las pruebas se realizan conociendo, previamente, la estratigrafía. Por su parte la Norma E - 050 sugiere espaciamientos que se deben considerar en la fijación de los ejes de los pilotes.

| <b>ESPACIAMIENTO MÍNIMO DE LOS PILOTES</b> |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>LONGITUD EN METROS</b>                  | <b>ESPACIAMIENTO ENTRE LOS EJES</b> |
| L < 10                                     | 3b                                  |
| 10 ≤ L < 25                                | 4b                                  |
| L ≥ 25                                     | 5b                                  |

TABLA N° 2.2 Espaciamiento mínimo de los pilotes.

#### **2.2.10. FABRICACIÓN DE PILOTES DE CONCRETO:**

Para la fabricación de los pilotes de concreto es importante que los materiales para su elaboración cumplan con un adecuado control de calidad para satisfacer los requisitos de diseño, resistencia y durabilidad del concreto bajo cualquier condición, ya sea que se fabriquen en planta o en el lugar de la obra. En nuestro país la normativa que rige el control de calidad de los materiales son las NTP y las ASTM, las cuales establecen parámetros que deben cumplirse para que éstos puedan emplearse en la obra.

#### **2.2.11. CROSSHOLE SONIC LOGGING:**

Es un ensayo que se realiza siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM D6760 (Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing). Suministra información sobre las dimensiones físicas, la continuidad o la consistencia de los materiales empleados en los



pilotes, y no proporciona información directa sobre el comportamiento de los pilotes en condiciones de carga.

Estos ensayos no pretenden reemplazar a los ensayos estáticos de carga, sino que constituyen una fuente adicional de información sobre los pilotes construidos. Representan una potente herramienta de trabajo para poder determinar experimentalmente la existencia de defectos en los pilotes con rapidez y economía, por lo que son utilizados básicamente como control de calidad generalizado de los pilotes.

En el caso de detectarse anomalías mediante los ensayos de integridad, la dirección de obra puede recurrir a otros métodos para intentar investigar las causas, la naturaleza y la extensión de la anomalía, y determinar si el pilote es apto para el uso que se pretende. Los métodos empleados tradicionalmente en estos casos son la excavación alrededor del pilote y los sondeos con extracción de testigo continuo de fuste del pilote. La realización de sondeos sólo permite obtener datos del testigo extraído y de las paredes del sondeo, cuya posición con respecto al eje del pilote es difícil de conocer exactamente cuando la profundidad es grande.

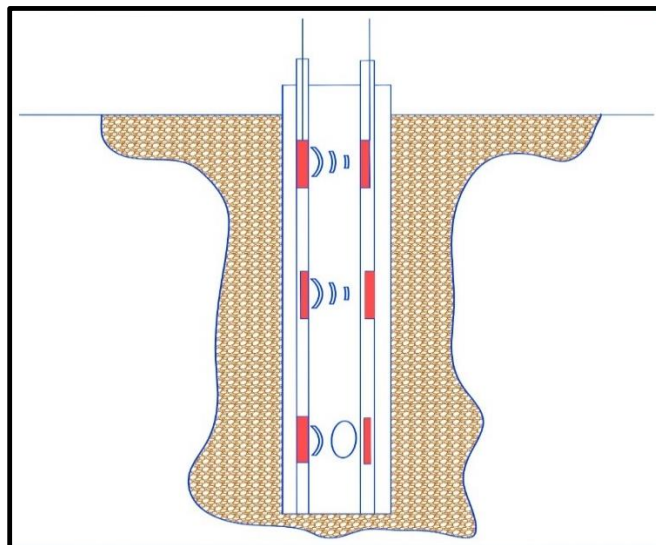


GRÁFICO N° 2.1 Ductos y sensores para el ensayo de Crosshole Sonic Logging.

Los resultados de los ensayos de integridad necesitan ser interpretados por personal experimentado. Las modernas técnicas electrónicas e informáticas permiten un procesamiento y un tratamiento de las señales que facilitan la posterior presentación e interpretación de los resultados.

No se puede esperar que los ensayos de integridad identifiquen todas las imperfecciones existentes en un pilote, pero son una potente herramienta, principalmente como salvaguarda contra defectos importantes.

El ensayo de integridad Crosshole Sonic Logging para pilotes de concreto armado es un método que se basa en registrar el tiempo que tarda una onda ultrasónica en propagarse desde un emisor a un receptor, los cuales se desplazan simultáneamente por dos tubos paralelos instalados previamente, sujetos a la armadura de acero del pilote. El equipo de ensayo está conformado por:

- a)** Unidad central con funcionamiento a batería, pantalla, impresora y capacidad de almacenamiento digital de datos. Los datos se presentan en la pantalla en forma gráfica con eje de tiempo en horizontal y de profundidad en vertical. El intervalo estándar de medidas será como máximo de 5 cm en vertical.
- b)** Emisor y receptor de ultrasonidos, con longitud de cable suficiente para llegar al fondo de los tubos instalados. Tienen capacidad de transmitir y recibir la señal al menos a través de 1.5 m de concreto. Su diámetro máximo es de 25 mm. La frecuencia mínima de trabajo del emisor y del receptor es de 50 000 Hz.
- c)** Los tubos para el ensayo de Crosshole Sonic Logging, en función al diámetro del pilote tienen las siguientes configuraciones:

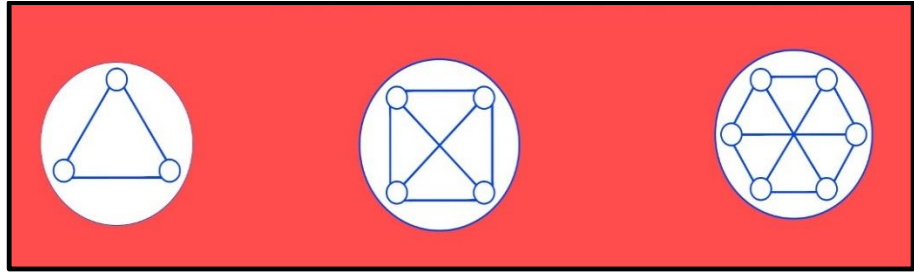


GRÁFICO N° 2.2 Disposición y cantidad de ductos en los pilotes de acuerdo al diámetro.

- d) Poleas para bajar las sondas por los tubos. Al menos una de ellas estará instrumentada para poder conocer la profundidad a la que se encuentra la sonda con un error máximo del 2%.
- e) Programa de procesamiento de la información. En este caso se utilizó el software CHA-W v17.020 desarrollado por PILE DYNAMIC INC. Las longitudes evaluadas consideran los niveles desde la parte expuesta del tubo hasta el nivel inferior de tubo (accesible para los sensores) empotrado en el pilote. Estas longitudes comprenden pares de tubos que trabajan en paralelo a una misma altura. En los ensayos contenidos en el presente informe se utilizaron los siguientes sensores de Pile Dynamic Inc.:
- Transductor de  $\phi$  25 mm: Función Emisor.
  - Transductor de  $\phi$  25 mm: Función Receptor.

La fundamentación teórica de la velocidad de propagación de la onda en el medio depende de la densidad del mismo, según la fórmula:

$$V_c^2 = \frac{E}{\rho} \times \frac{(1-u)}{(1+u) \times (1-2u)}$$

Donde:

- E : Es el módulo de elasticidad del concreto.
- $\rho$  : Es la densidad
- u : Es el módulo de corte del concreto.

Una demora en el tiempo transcurrido, entre la onda emitida y recibida, así como una pérdida en la energía emitida implica un cambio en las propiedades del medio. Como se deduce en la fórmula, mayores tiempos de viaje implican menores densidades del medio, que en el caso del concreto se traducen en una mayor porosidad o inclusiones de suelo o bentonita dentro de la masa del pilote. La presencia de agua produce una disminución muy grande de la velocidad de propagación. La desaparición de la señal indicaría la presencia de aire o un medio que por su baja densidad conduzca a tiempos de arribo fuera del rango.

La relación entre resistencia y velocidad de onda del concreto se basa en información reportada por el American Concrete Institute ACI-228.1 (In-Place Methods to Estimate Concrete Strength) y otros códigos y especificaciones, la resistencia a compresión del concreto ( $f'c$ ) es aproximadamente proporcional a la velocidad de onda a compresión a la cuarta potencia. A continuación se muestra como referencia una correlación que puede variar por cambios en la mezcla y/o componentes del concreto utilizado:

| <b><math>f'c</math></b>  |            | <b>Velocidad de Onda</b> |
|--------------------------|------------|--------------------------|
| <b>Kg/cm<sup>2</sup></b> | <b>Mpa</b> | <b>m/s</b>               |
| 140.6662                 | 13.8000    | 2819.0000                |
| 210.9992                 | 20.7000    | 3120.0000                |
| 281.3323                 | 27.6000    | 3352.0000                |
| 351.6654                 | 34.5000    | 3545.0000                |
| 421.9985                 | 41.4000    | 3710.0000                |
| 492.3316                 | 48.3000    | 3856.0000                |
| 562.6646                 | 55.2000    | 3986.0000                |
| 632.9977                 | 62.1000    | 4106.0000                |
| 703.3308                 | 69.0000    | 4215.0000                |

TABLA N° 2.3 Correlaciones entre  $f'c$  y velocidad de onda.

Descripción del diagnóstico del ensayo: Para la lectura del diagnóstico basado en las señales procesadas de la

instrumentación según la metodología establecida se considera las siguientes definiciones (anomalía igual a disminución de la sección del pilote):

- **Sección buena o satisfactoria.**- El pilote tiene en la línea del plano horizontal evaluado entre tuberías una sección sin defectos. Las variaciones del FAT (First Arrival Time) se encuentran entre 0% a 10% y la reducción de la energía es menor a 6 db (decibelios con los que se mide el nivel de potencia o intensidad del sonido).
- **Sección con anomalías ligeras y/o menores.**- El pilote tiene anomalías entre ligeras y menores en la línea del plano horizontal evaluado. Las variaciones del FAT se encuentran entre 11% a 20% y la reducción de la energía es entre 6 db a menos de 9 db.
- **Sección con anomalías mayores o falla (defecto).**- El pilote tiene anomalías mayores o fallas en la línea del plano horizontal evaluado. Las variaciones del FAT se encuentran entre 21% a 30%, o la reducción de la energía es de 9 db a 12 db.
- **Sección con daño:** El pilote tiene daños, vacíos o concreto muy pobre en la línea del plano horizontal evaluado. Las variaciones del FAT se encuentran mayores a 31% o la reducción de la energía es mayor a 12 db.

Es recomendable que los pilotes que se consideren observados pasen por una segunda evaluación mediante otro método (a escala real o teórica) para determinar la validación final de utilización del pilote.

#### **2.2.12. ENSAYO DE CARGA DINÁMICA:**

En la obra del puente Comuneros se realizó el ensayo de carga dinámica, esta se realizó de acuerdo con la norma ASTM D4945-08 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing

of Deep Foundations). Y contó con el siguiente equipo de ensayo (PDA):

- a) Pile Driving Analyzer Model PAK or Model PAX.
- b) Transductor de celda de carga.
- c) Maza de 13 toneladas.
- d) Marco de izaje de maza y accesorios.

La maza debe ser guiada de manera que su superficie de impacto sea paralela a la parte superior del pilote. La superficie de impacto debe ser uniforme y cubrir al menos el 25% del área de la sección transversal de la cabeza del pilote.

La altura de caída debe alcanzar un máximo de dos metros. El marco del sistema de caída debe ser capaz de soportar con seguridad el peso de la maza antes del impacto y debe guiarla durante la caída. En el impacto se debe evitar el movimiento lateral de la maza.

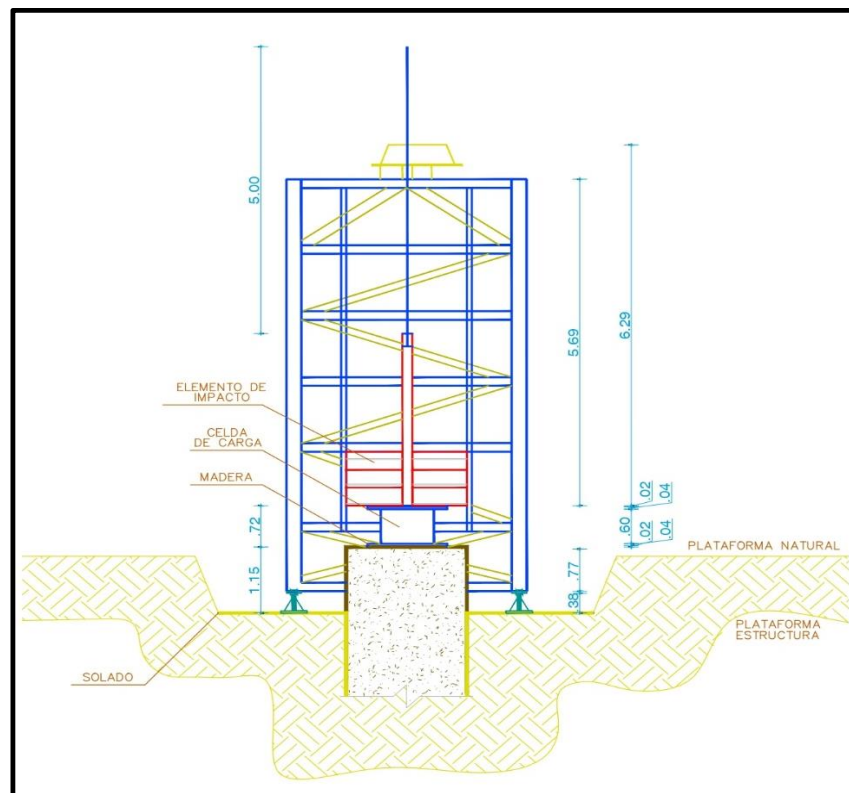


GRÁFICO N° 2.3 Elementos que intervienen en la prueba de carga dinámica.

La preparación de la cabeza del pilote debe ser suave y uniforme. Cuando se utiliza un transductor de celda de carga para medir la fuerza de impacto, los acelerómetros se colocan en el pilote aproximadamente de 20 a 30 cm por debajo de la cabeza del pilote. El pilote se puede extender aproximadamente 30 cm por encima de la plataforma o puede realizarse una excavación menor alrededor de la cabeza del pilote y continuar con el siguiente procedimiento:

- Los acelerómetros se colocan en el pilote mediante pernos, por lo general en agujeros perforados de 10 mm de diámetro.
- Un taco de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de madera nueva se coloca entre la célula de carga y el pilote. Tacos adicionales de madera nueva amortiguadora se insertan entre la maza de impacto y la parte superior de la célula de carga



FOTOGRAFÍA N° 2.1 Marco de izaje y prueba de carga dinámica realizado por personal de la empresa Terratest.



FOTOGRAFÍA N° 2.2 Instrumentación previa antes de la realización de la prueba de carga dinámica en pilotes.

Las medidas dinámicas de deformación se toman mediante una celda de carga. Cuatro deformímetros y dos acelerómetros piezo resistivos se colocan a 90 grados para registrar deformación y aceleración y así obtener resultados axiales promedios. Las señales de deformación y de aceleración, se condicionan y convierten a fuerza y velocidad respectivamente, y almacenan digitalmente por el PDA para su posterior proceso. Los registros de fuerza y velocidad son vistos continuamente (cada golpe) en la pantalla del PDA para evaluar la calidad de los datos así como también la integridad del pilote.

El objetivo del ensayo dinámico es determinar la capacidad de carga del pilote y la relación carga asentamiento correspondiente. La ejecución del ensayo, consiste en movilizar la resistencia del pilote a través de varios golpes de diferente energía, proporcionados por una maza. A través de sensores de aceleración y de deformación, se obtienen las ondas de fuerza y velocidad en el pilote generadas por el golpe.



Estas señales se procesan y analizan en un programa (PDA Capwap), para obtener la componente estática de la respuesta del suelo y determinar la capacidad de carga estática del pilote.

Luego que todos los sensores se colocan en el pilote y la maza se posiciona en su lugar, se toma una primera medida de ajuste que ayudará a obtener la medida cero en un lado del pilote. El PDA debe entonces ser inicializado, comprobarse los offsets, y verificarse las señales de calibración.

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:**

#### **- CONCRETO:**

En términos generales, el concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos y adiciones, que al endurecerse forman un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

#### **- CEMENTO:**

Es un conglomerante formado por caliza y arcilla calcinada que se somete a la molienda. El cemento que se utiliza comúnmente, como ya se mencionó es Portland Hidráulico, el cual tiene propiedades tanto adhesivas como cohesivas, que le dan capacidad de aglutinar los agregados áridos para conformar el concreto. Estas propiedades dependen de su composición química, el grado de hidratación, la fisura de las partículas, la velocidad de fraguado, el calor de hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar.

- **AGUA:**

Es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Al mezclarse el agua con el cemento se produce la pasta, la cual puede ser más o menos diluida, según la cantidad de agua que se agregue. Al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado, parte del agua queda fija (agua de hidratación) en la estructura rígida de la pasta y el resto queda como agua evaporable.

- **AGREGADOS:**

Son las partículas de distinta granulometría que se utilizan para la elaboración del concreto. Estos pueden ser de origen natural (hormigón) y artificial (piedra chancada). Los agregados, entre finos y gruesos, ocupan entre el 60% y 75% del volumen de la mezcla de concreto. Antes de ser utilizados los agregados son sometidos a la prueba de la abrasión Los Ángeles, y según la NTP 400.037 no deben contener componentes reactivos con los álcalis del cemento.

- **AIRE:**

Es la mezcla de gases que forman la atmósfera terrestre y está conformado por: 78.09% de nitrógeno, 20.95% de oxígeno, 0.93% de argón, 0.04% de dióxido de carbono, y escasas cantidades de otros gases. Cuando el concreto se encuentra en proceso de mezclado, es normal que quede aire incluido dentro de la masa (aire naturalmente atrapado), el cual posteriormente es liberado por los procesos de compactación al que es sometido el concreto una vez ha sido colocado. Sin embargo, como la compactación no es perfecta, queda siempre un aire residual dentro de la masa endurecida. Por otra parte, en algunas ocasiones se incluyen burbujas de aire, por medio de aditivos con fines específicos.

- **PUENTE:**

Estructura requerida para atravesar un accidente geográfico o un obstáculo natural o artificial. De acuerdo a su configuración estructural se clasifican en: Colgantes, atirantados, en arco, losa, viga losa, reticulado, modular, etc.

- **MICRO PILOTE:**

Elemento compuesto por una armadura metálica formada por tubos, barras o perfiles introducidos dentro de un taladro de pequeño diámetro, inyectados o no con lechada de mortero a presión más o menos elevada.

- **PILOTES:**

Son elementos en forma de columna que funcionan como una cimentación de pequeña sección transversal. Se caracterizan por soportar grandes esfuerzos de compresión y cargas horizontales. Además, su función principal es la de transferir la carga de una estructura a través de un estrato débil o agua a un suelo más resistente o roca. Otra utilidad de los pilotes es mejorar las condiciones físicas del terreno.

- **PILOTES DE MADERA:**

Son los pilotes más antiguos en el mundo debido a su simplicidad, relativa seguridad y bajo costo. Debido a este problema, la carga que soporta es limitada en 25 toneladas o menos.

- **PILOTES DE CONCRETO:**

Estos son los pilotes más comunes en el mundo. Existe una gran variedad de pilotes de concreto, y se pueden clasificar básicamente en dos: Vaciados in situ y pre fabricados; dependen del tipo de construcción y el espacio que se tenga dentro de ella. Los pilotes

vaciados in situ pueden utilizar camisas metálicas o fluidos para evitar el desmoronamiento del terreno. Para el primer caso, en el que se usan ademes (forro o tubo metálico delgado), estos se pueden dejar en el terreno o extraer mientras se coloca el concreto. Para el segundo, los fluidos cumplen la misma función de los revestimientos metálicos, y evitan el colapso del terreno, y pueden ser: Lodos bentoníticos, lechada de cemento u otros polímeros. Estos elementos requieren la extracción del suelo previa a su instalación, y se puede realizar con barreno u otros instrumentos mecánicos. De otro modo, los pilotes Franki también son colocados in situ; sin embargo, no requieren una excavación previa, pues la instalación de su camisa de protección se realiza por un proceso de hincado que compacta el terreno ya que esta tiene en su base un tapón que será expulsado una vez alcanzada la profundidad requerida.

- **PILOTES DE ACERO:**

Son elementos estructurales con forma de tubo o perfiles H tipo lámina. Los problemas que se pueden presentar generalmente son los de corrosión en el caso de rellenos en los que quede atrapado aire, para este caso los pilotes de acero son revestidos para evitar la oxidación. Estos son más vulnerables en la zona superior al nivel del suelo y al estrato inmediatamente inferior debido al ataque de sales en casos de mareas de agua de mar.

- **SOCAVACIÓN:**

Es la excavación que se produce a causa del agua. La socavación se da por el rompimiento del equilibrio de la corriente de un río. El estrechamiento incrementa la fuerza de arrastre de la corriente, el aumento de caudal en un río incrementa la pendiente hidráulica, y durante el periodo de recesión los sólidos transportados se depositan. La socavación se produce cuando en el cauce del río hay material suelto.

- **ACORAZAMIENTO:**

Según el especialista en puentes Ing. José Velásquez es el límite en el cual se detiene la socavación. Por ejemplo cuando las aguas llegan horizontal o verticalmente a un estrato duro o rocoso que detiene la socavación y se produce un límite lateral de la escorrentía.

- **ESTRATIGRAFÍA:**

Es la rama de la geología que estudia la distribución vertical de los distintos tipos de suelos. Los materiales que componen nuestro suelo, mayormente, son de origen rocoso y sedimentario.

- **ADITIVOS:**

Son materiales que modifican la composición y el comportamiento de la mezcla de concreto. Estos pueden agregarse a la mezcla antes, durante o después de su mezclado y colocación para que modifiquen procesos como: Hidratación, calor interior y tiempo de fraguado.

La experiencia y los ensayos demostraron que los súper plastificantes son reductores de agua de alto rango, llegando a disminuir hasta el 30% de agua demandado por la masa de concreto. Tienen mayores ventajas respecto a los plastificantes, que sólo reducen hasta el 10% de agua solicitada por la masa de concreto.

- **CIMENTACIÓN:**

Es el conjunto de elementos estructurales que sostienen la súper estructura de una obra ante el embate de las diversas fuerzas tales como: Axiales, torsionales, de viento, sismo, etc. Las cimentaciones se clasifican en superficiales, semi profundas y profundas.

- **ACUÍFEROS:**

Un acuífero es un volumen subterráneo de roca fracturada y arena que contiene agua a causa de la infiltración producida por las lluvias. El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos es una parte importante del ciclo hidrológico.

- **ACUÍFEROS LIBRES:**

Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros.

- **ACUÍFEROS CONFINADOS:**

Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden procede de la expansión y descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero. También se les denomina acuíferos cautivos.

- **ACUÍFEROS SEMI CONFINADOS:**

Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos en los que: Muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua.

- **PILOTERA:**

Es un equipo de trabajo utilizado para el hincado y/o excavación de pilotes fabricados in situ. En el mercado hay una gran variedad de modelos y marcas de acuerdo a las preferencias y necesidades del cliente. En el puente Comuneros se utilizó la pilotera HS 8100 LIEBHERR, que es una grúa sobre cadenas a la cual se puede acoplar: Un oscilador que introducirá la funda perdida por torsión, cucharas bivalva para muros pantalla, cucharas para extracción de arcillas, cuchara dentada para excavación en suelos limo gravosos con

presencia de canto rodado, y un trépano para roturar suelo muy duro y piedras que se encuentren en la dirección de la cimentación profunda. La pilotera HS 8100 LIEBHERR tiene una capacidad de carga de hasta 100 toneladas, potencia de motor de 390 Kw y la pluma principal tiene una longitud de 59 metros.

- **ASENTAMIENTO DE PILOTES:**

Desnivel generado entre las unidades de cimentación. Los asentamientos sufridos por la cimentación se han monitoreado mediante nivelaciones topográficas realizadas desde su construcción.

- **PILOTES PERFORADOS DE CAMISA RECUPERABLE:**

Es un tipo de pilote perforado y hormigonado “in situ” de entubación recuperable con extracción de tierras. Se recomienda su uso en terrenos que por su consistencia sufren desprendimientos y se desmoronan durante la excavación, ya sea por la baja consistencia del terreno o por la presencia del nivel freático. Son habituales los usos de camisas con diámetros de 450 mm a 2000 mm.

- **PILOTES PERFORADOS CON CAMISA PERDIDA:**

Son los pilotes excavados y/o perforados en los cuales se utiliza un tubo metálico que es introducido en el suelo a través de la torsión generada por el oscilador de la máquina pilotera. El propósito del tubo metálico hueco es sostener las paredes del suelo para evitar la caída de material y minimizar el ingreso del agua, especialmente en zonas con presencia de acuíferos y material granular como: Arenas, limos combinados con arcillas y canto rodado.

- **TUBERÍA TREMIE:**

Es un kit de tubos de diámetro uniforme y un embudo metálico que se ensamblan de acuerdo a la profundidad a la cual se va colocar el

concreto. Comúnmente, se utiliza en la colocación de concreto en cimentaciones profundas de pilotaje, o muros pantalla que se sostienen por lodos bentoníticos, camisas y/o fundas perdidas, y con presencia de aguas subterráneas. En labores de pilotaje, cuando se concluye la excavación hasta la cota pre establecido, se introduce la tubería Tremie hasta el nivel de punta del pilote o base del muro pantalla. Luego se comienza a verter el concreto y por diferencia de densidades el concreto se asienta en el fondo de cimentación y comienza a expulsar el lodo y agua. Por la dificultad de accesibilidad al fondo del pilote y el muro pantalla para el vibrado, el concreto debe de auto compactarse con la ayuda de los aditivos súper plastificantes.

- **TÉCNICA DE LA PELOTA:**

Concluido el proceso de excavación del pilote, e introducido el Tremie hasta el fondo de cimentación, a la altura del embudo se coloca una pelota de diámetro ligeramente superior al de la tubería para empujar hacia el fondo el lodo y agua que se introdujo en el ducto y evitar que se mezcle con la primera tanda de concreto vertido. Asimismo, la pelota dentro de la tubería Tremie amortigua la caída de la primera tanda de concreto que se colocará en la cimentación profunda. Ojo, luego de haber cumplido su cometido, la pelota ascenderá desde el fondo del pilote conjuntamente con el lodo y agua que se expulsa. De acuerdo a las especificaciones técnicas el Tremie debe estar sumergido cómo mínimo tres metros dentro del concreto.

- **DESCABEZADO DE PILOTES:**

Proceso a través del cual se demuele y retira la parte superior contaminado del pilote, consistente en concreto mezclado con lodo que es empujado, por diferencia de densidades, desde el fondo de excavación hacia la superficie. El descabezado debe hacerse sólo hasta el nivel de fondo de zapata y/o cabezal. Para esta labor se utilizan



martillos hidráulicos manuales o acoplados al brazo de una retroexcavadora o mini cargador.

- **CASTILLO DE ACERO:**

Es la armadura longitudinal con estribos y/o zunchado de sección circular que se introduce dentro de la camisa perdida que fue llenada con concreto auto compactante. Para el caso del puente Comuneros la estructura total de los pilotes se completó con tres secciones de acero de un metro de diámetro, con nueve metros de largo que fueron traslapadas. En la parte externa del armazón de acero se colocaron dados de concreto de 7.5 cm de espesor para asegurar el recubrimiento del acero.

- **DUCTOS DE SONDAJE:**

Son tuberías galvanizadas que se colocan en toda la longitud de la estructura del acero de refuerzo para realizar el ensayo de Crosshole Sonic Logging, a través de la cual se determinará la uniformidad e integridad del pilote o muro pantalla en toda su longitud y sección. La cantidad de ductos varía de acuerdo al diámetro del pilote. Para el caso del puente Comuneros, en pilotes de 1.2 m de diámetro se colocó 4 tuberías de acero de 2" Schedule 40 con diámetro exterior igual a 60.33 mm y espesor de 3.91 mm colocados ortogonalmente en los extremos interiores de la armadura de acero.

- **CROSSHOLE SONIC LOGGING:**

Es un ensayo con el cual se determina la integridad de los pilotes a través de dos sensores de emisión y recepción de señales de onda que son introducidos hasta el fondo del pilote, y luego extraídos de manera paralela para sacar un offset y una tomografía. La velocidad de onda es el parámetro a través del cual se determina la calidad del concreto que forma la sección del pilote. En el puente Comuneros los ensayos fueron ejecutados por un equipo de modelo CHAMP fabricado por Pile

Dynamic Inc. de Ohio, Estados Unidos. Según el Manual de Puentes, en su acápite 2.12.9.2, para el caso de pilotes perforados se deberá realizar pruebas de integridad, y lo mismo recomienda la ASTM D5882-07 (Método Estándar para Ensayo de Integridad de Pilotes a Bajas Deformaciones). Ojo, las pruebas de integridad se deberán hacer a todos los pilotes que conforman el 100% de la totalidad del proyecto.

- **CABEZAL DE PILOTE:**

En la literatura española referente a cimentaciones profundas se conoce como cabezal a la zapata que se asentará sobre el grupo de pilotes. El espesor, sus dimensiones y cuantía de acero se calculan para evitar la falla por punzonamiento, y soportar el peso de las pilas, estribos y de la superestructura en el caso de los puentes.

- **TAPÓN HIDRAULICO:**

Es un mecanismo a través del cual se estabiliza la presión hidráulica que se encuentra comprimida en los acuíferos confinados y semi confinados. Con la elevación del encamizado se logra un nivel piezométrico, y estabilizar la presión del flujo de agua que sale de los acuíferos. El volumen y el peso de agua depositado en el encamizado actúan como tapón hidráulico para iniciar con las labores de colocación del concreto en la construcción del pilote. Ojo, el flujo de agua tiene que estar estable para colocar el concreto.

- **NIVEL PIEZOMÉTRICO:**

En el caso de los acuíferos confinados, es el nivel que alcanzaría el agua, desde un punto del acuífero. Es un punto en el cual se equilibra y estabiliza el flujo de agua, gracias a su masa, peso y la presión atmosférica.

- **NIVEL FREÁTICO:**

Es el nivel en el cual el suelo se encuentra en permanente saturación. En la superficie, el nivel freático puede encontrarse formando lagos, manantiales, ríos y pantanos. El nivel freático variará en función a la intensidad y continuidad de las precipitaciones.

- **PROGRAMA CAPWAP:**

Es un programa de cómputo que utiliza los datos de fuerza y velocidad dinámica del pilote. El CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) permite:

- a) El cálculo de las fuerzas de resistencia del suelo y su distribución.
- b) Separa la resistencia por fricción y la resistencia por punta del sistema.
- c) Calcula la carga última y por lo tanto calibra los resultados obtenidos con el PDA.
- d) Simula la curva esfuerzo deformación al igual que una prueba estática de carga rápida.
- e) Calcula los esfuerzos a lo largo de todo el pilote.

## **2.4. HIPÓTESIS:**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL:**

El diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto auto compactante mejorará la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:**

- a) Los aditivos súper plastificantes influyen positivamente en la mezcla de concreto auto compactante para la construcción de pilotes sobre acuíferos.

- b) La técnica de colocación del concreto auto compactante tiene relación directa con la calidad de construcción de pilotes sobre acuíferos.

## **2.5. VARIABLES:**

### **a) Variable independiente (X):**

- Mezcla de concreto auto compactante.

### **b) Variable dependiente (Y):**

- Construcción de pilotes sobre acuíferos.

## **2.5.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE:**

### **a) VARIABLE INDEPENDIENTE:**

- **Mezcla de concreto auto compactante.-** Es la selección de la cantidad, características y calidad de los materiales integrantes de una unidad cúbica de concreto. Es un proceso a través del cual se determina las proporciones para obtener un diseño de mezcla auto compactante, con la utilización de súper plastificantes, que se adecue a las necesidades del cliente, peculiaridades y clima de la obra.

### **b) VARIABLE DEPENDIENTE:**

- **Construcción de pilotes sobre acuíferos.-** Es la construcción de elementos de sección variada que se construyen para trasladar el peso de la súper estructura de un estrato blando, granular y arcilloso saturado; a uno más competente.

## **2.5.2. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE:**

- a) Mezcla de concreto auto compactante.-** Es la determinación de la proporcionalidad de cada tipo de

material integrante del concreto auto compactante. Haciendo uso de la normatividad, y de acuerdo a los requerimientos de cada obra, se decide la dureza y granulometría del agregado, la relación agua cemento, el tipo de cemento, porcentaje de los aditivos súper plastificantes, las adiciones y finalmente su técnica de colocación.

- b) Construcción de pilotes sobre acuíferos.-** Consiste en la construcción de elementos verticales que trasladarán los esfuerzos de un estrato poco competente a uno más resistente. Obviamente la presencia de acuíferos obligan al constructor de pilotes la utilización de ademes o encamizados metálicos para sostener la pared estratigráfica, controlar la presión del flujo de agua, elegir un diseño de mezcla cuyos componentes no se disgreguen con el agua y que sea auto compactante.

$$y = f(x)$$

### 2.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE:

| VARIABLE                                 | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DIMENSIÓN                              | INDICADORES                      | UNIDAD             |
|--|--|--|----------------------------------|--------------------|
| V.I                                      | Es la selección de la cantidad, características y calidad de los materiales integrantes de una unidad cúbica de concreto. Es un proceso a través del cual se determina las proporciones para obtener un diseño de mezcla auto compactante, con la utilización de súper plastificantes, que se adecue a las necesidades del cliente, peculiaridades y clima de la obra. | Consistencia de la mezcla de concreto. | Slump                            | Pulgadas           |
| Mezcla de concreto auto compactante.     |  | Resistencia a la compresión.           | f'c                              | kg/cm <sup>2</sup> |
|  |  | Expansión de flujo.                    | T50 Y Tf                         | mm                 |
|  |  | Aditivo súper plastificante.           | %                                | kg o gr            |
| V.D                                      | Es la construcción de elementos de sección variada que se construyen para trasladar el peso de la súper estructura de un estrato blando, granular y arcilloso saturado; a uno más competente.  | Crosshole Sonic Logging.               | Velocidad de onda                | m/s                |
| Construcción de pilotes sobre acuíferos. |  | Prueba de carga dinámica.              | Resistencia por punta y fricción | Tn                 |

TABLA N° 2.4 Cuadro de operacionalización de variables.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:**

El método general de investigación para la presente tesis fue el método científico. Este comprende una serie de etapas en aras de obtener un conocimiento válido desde la perspectiva científica, utilizando instrumentos que discriminen, validen y procesen la información.

#### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

El tipo de investigación fue la aplicada, porque se propone a través de la aplicación de los conocimientos previos solucionar específicamente el problema de segregación del concreto cuando se coloca en pilotes con acuíferos.

#### **3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN:**

El nivel de investigación fue el descriptivo explicativo con un enfoque cuantitativo; puesto que se relacionan con datos obtenidos de la realidad y busca dar una explicación objetiva, real y científica a aquello que necesariamente supone la presencia de dos o más variables.

### **3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

El diseño de la investigación fue el experimental, ya que se está manipulando intencionalmente la variable independiente, realizando la medición.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA:**

#### **3.5.1. POBLACIÓN:**

La población correspondió a la zona intervenida en la colocación de pilotes en el puente Comuneros. Para el efecto se construyó 26 pilotes en ambas márgenes de la obra, a fin de ser sometidos a pruebas de ensayo.

#### **3.5.2. MUESTRA:**

El tipo de muestreo fue el no probabilístico dirigido o intencional, y de acuerdo a los intereses del investigador se tomó una muestra de 8 pilotes de la margen derecha del puente Comuneros.

### **3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

#### **3.6.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

- a) La entrevista personalizada.
- b) Observación.
- c) Observación participante.

#### **3.6.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

- a) Equipo de cómputo.
- b) Memorias USB.
- c) Cámara fotográfica.
- d) Cono de Abrams.
- e) Probetas.
- f) Plancha de metálica de 1 m<sup>2</sup> con 3 mm de espesor.

- g) Equipo de ensayo de probetas de concreto.
- h) Nivel de mano.
- i) Flexómetro.
- j) Wincha de 60 m.
- k) Estación total, trípode, prismas y nivel ojo de pez.
- l) Equipo modelo "CHAMP" para Crosshole Sonic Logging fabricado por Pile Dynamic Inc. de Ohio, Estados Unidos.
- m) El sistema PDA que se compone del Pile Driving Analyzer Model PAK or Model PAX.
- n) Transductor de celda de carga
- o) Maza de 13 toneladas.
- p) Marco de izaje de maza y accesorios.

### **3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:**

La información se procesó de la siguiente manera:

- a) En la redacción del informe de tesis se utilizó los softwares: Word, Excel y Power Point.
- b) En el ensayo de Crosshole Sonic Logging se utilizó el software CHAW v17.020, desarrollado por PILE DYNAMIC INC.
- c) Para el procesamiento de la información del ensayo de carga dinámica, se utilizó el programa CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program), que mide la fuerza y velocidad dinámica del pilote.

### **3.8. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS:**

En la investigación se ha considerado las etapas de: Pre campo, campo, laboratorio, gabinete y elaboración del informe final de tesis.

#### **3.8.1. PRE CAMPO:**

- a) En esta etapa de la investigación, con el apoyo de los expertos en investigación científica se definió el problema, los objetivos y se plantearon las hipótesis. La determinación del problema nos permitió discriminar información y bibliografía no relevante.



b) Asimismo, se realizó la identificación y reconocimiento de las fuentes y lugares de información relevante para cumplir con los objetivos de la investigación.

### **3.8.2. CAMPO:**

a) Se participó directamente en el proceso constructivo de los pilotes sobre los acuíferos en el puente Comuneros. Se hizo uso de la técnica de la observación participante, involucrándome en: La medición del revenimiento del concreto, expansión de flujo, toma de muestras para las probetas de ensayo, ensayo de Crosshole Sonic Logging, prueba de carga dinámica y registro de la estratigrafía durante las labores de excavación.

b) Asimismo, se acopió los informes de los ensayos de rotura de probetas, Crosshole Sonic Logging y prueba de carga dinámica.

### **3.8.3. LABORATORIO:**

En el laboratorio, a través de la observación participante se ensayaron las probetas de concreto elaboradas por la empresa constructora y monitoreada por la supervisión.

### **3.8.4. GABINETE:**

a) En gabinete se realizó la depuración de la información acopiada.

b) Asimismo, el procesamiento de la información se realizó a través de softwares como: Word, Excel (tablas dinámicas) y Power Point.

### **3.8.5. ELABORACIÓN DE INFORME:**

La redacción del informe final de tesis consistió en lo siguiente:

a) Elaboración del marco teórico.

b) Elaboración del marco metodológico.

**c)** Redacción de los resultados, discusiones, conclusiones, recomendaciones y anexos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROPORCIONES DEL CONCRETO:

| DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ - SLUMP DE 8" a 10" |                            |                             |  |   |                           |   |  |
|--|----------------------------|-----------------------------|--|---|---------------------------|---|--|
| CEMENTO<br>MARCA Y<br>TIPO   | ANDINO<br>TIPO I           |                             | AGREGADO                               | %                                       | M.F                       | % ABS.                                      | % HUM.                                     |
|  |                            |                             | ARENA 1                                | 70                                      | 2.86                      | 2.59  | 7.07                                       |
|  |                            |                             | ARENA 2                                |   |                           |   |  |
| A/C  | 0.53                       |                             | PIEDRA 1                               | 30                                      | 6.62                      | 1.31  | 0.2  |
| DOSIS DE<br>NEOPLAST<br>8500 HP  | 0.37%                      |                             | PIEDRA 2                               |   |                           |   |  |
| DOSIS DE<br>EUCO WR-75   | 0.30%                      |                             | GLOBAL                                 | 100                                     | 3.99                      |   |  |
|  |                            |                             |  |   |                           |   |  |
| MATERIALES   | P.E<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | VOLUMEN<br>( $\text{m}^3$ ) | DISEÑO<br>SECO PARA<br>$1 \text{ m}^3$ | DISEÑO<br>S.S.S PARA<br>$1 \text{ m}^3$ | CORREC.<br>POR<br>HUMEDAD | DISEÑO<br>CORREGIDO<br>PARA $1 \text{ m}^3$ | DISEÑO<br>CORREGIDO<br>PARA<br>LABORATORIO |
| CEMENTO  | 3150.00                    | 0.0952                      | 410.00 kg                              | 410.00 kg                               |                           | 410.00 kg                                   | 7.50 kg                                    |
| AGUA   | 1000.00                    | 0.1590                      | 258.00 l                               | 217.00 kg                               |                           | 167.00 l                                    | 2.71 kg                                    |
| ARENA 1  | 2575.00                    | 0.5073                      | 1273.00 kg                             | 1306.00 kg                              | 57.00                     | 1363.00 kg                                  | 32.65 kg                                   |
| ARENA 2  |                            |                             |  |   |                           |   |  |
| PIEDRA 1   | 2620.00                    | 0.2174                      | 562.00 kg                              | 570.00 kg                               | -6.00                     | 563.00 kg                                   | 14.24 kg                                   |
| PIEDRA 2   |                            |                             |  |   |                           |   |  |
| NEOPLAST<br>8500 HP  | 1040.00                    | 0.0011                      | 1.11 kg                                | 1.11 kg                                 |                           | 1.10 kg                                     | 27.75 gr                                   |
| EUCO WR-75   |                            | 0.0000                      | 1.00 kg                                | 1.00 kg                                 |                           | 0.90 kg                                     | 22.50 gr                                   |
| ADICIÓN  |                            | 0.0000                      | 0.00 kg                                | 0.00 kg                                 |                           | 0.00 kg                                     | 0.00 kg                                    |
| AIRE   | 100.00                     | 0.0200                      | 2-%                                    | 2 - %                                   |                           | 2 - %                                       | 2 - %                                      |
| <b>TOTAL</b>   |                            | <b>1.0000</b>               | <b>2505.00 kg</b>                      | <b>2505.00 kg</b>                       |                           | <b>2505.00 kg</b>                           |  |

TABLA N° 4.1 Diseño de mezcla auto compactante.

El concreto utilizado en la construcción de pilotes tiene de acuerdo a la especificación técnica un  $f'c$  de 245 kg/cm<sup>2</sup>. En el diseño de mezcla se utilizó un súper plastificante de alto rango conocido en el mercado como NEOPLAS 8500 HP. Además se adicionó el retardante y anti segregación EUCO WR-75 en una dosis de 0.37%.

En la obra se vio por conveniente usar el retardante EUCO WR-75 porque el concreto premezclado era provisto por la empresa GOVIL SAC cuya planta de producción se ubica en el distrito de San Jerónimo de Tunán, habiendo una distancia promedio hasta la obra de 21 kilómetros.

#### 4.2. CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO:

La consistencia del concreto utilizado en la partida de pilotes se determinó a través del ensayo de revenimiento con el cono de Abrams.

| RESULTADOS DEL ENSAYO DE REVENIMIENTO, CONO DE ABRAMS |                     |                        |            |                |                |  |
|---|---------------------|------------------------|------------|----------------|----------------|--|
| N°  | CÓDIGO<br>N° PILOTE | FECHA DE<br>CONCRETADO | HORA       | °C<br>AMBIENTE | °C<br>CONCRETO | ALTURA DE<br>REVENIMIENTO<br>EN PULGADAS |
| 1   | P1 - E2             | 05/07/2017             | 09:30 a.m. | 15 °C          | 19.1 °C        | 8.3"                                     |
| 2   | P2 - E2             | 04/07/2017             | 11:00 a.m. | 16.4 °C        | 19.7 °C        | 9"                                       |
| 3   | P3 - E2             | 03/07/2017             | 09:50 a.m. | 14.8 °C        | 18.2 °C        | 9.3"                                     |
| 4   | P1 - P3             | 24/06/2017             | 02:00 p.m. | 20.2 °c        | 21.7 °C        | 8.7"                                     |
| 5   | P2 - P3             | 30/06/2017             | 10:40 a.m. | 17.3 °C        | 20.2 °C        | 9.5"                                     |
| 6   | P3 - P3             | 22/06/2017             | 01:20 p.m. | 19.9 °C        | 21.8 °C        | 7.5"                                     |
| 7   | P4 - P3             | 27/06/2017             | 11:40 a.m. | 18.7 °C        | 20.6 °C        | 8.6"                                     |
| 8   | P4 - P5             | 28/06/2017             | 10:20 a.m. | 16.5 °C        | 18.4 °C        | 8.9                                      |

TABLA N° 4.2 Cuadro de revenimientos del concreto auto compactante.

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>COEF. DE CORRELACIÓN</b>                     | <b>-0.47171736</b>              |
| <b>COEF. DE DETERMINACIÓN<br/>R<sup>2</sup></b> | <b>0.2225</b>                   |
| <b>°C AMBIENTE</b>                              | <b>REVENIMIENTO EN PULGADAS</b> |
| 15.00   | 8.30                            |
| 16.40   | 9.00                            |
| 14.80   | 9.30                            |
| 20.20   | 8.70                            |
| 17.30   | 9.50                            |
| 19.90   | 7.50                            |
| 18.70   | 8.60                            |
| 16.50   | 8.90                            |

TABLA N° 4.3 Coeficiente de correlación y de determinación del revenimiento con la temperatura ambiente.



GRÁFICO N° 4.1 Correlación del revenimiento con la temperatura ambiente.

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>COEF. DE CORRELACIÓN</b>                     | <b>-0.52929105</b>              |
| <b>COEF. DE DETERMINACIÓN<br/>R<sup>2</sup></b> | <b>0.2801</b>                   |
| <b>°C CONCRETO</b>                              | <b>REVENIMIENTO EN PULGADAS</b> |
| 19.10   | 8.30                            |
| 19.70   | 9.00                            |
| 18.20   | 9.30                            |
| 21.70   | 8.70                            |
| 20.20   | 9.50                            |
| 21.80   | 7.50                            |
| 20.60   | 8.60                            |
| 18.40   | 8.90                            |

TABLA N° 4.4 Coeficiente de correlación y coeficiente de determinación de la temperatura del concreto y el revenimiento.

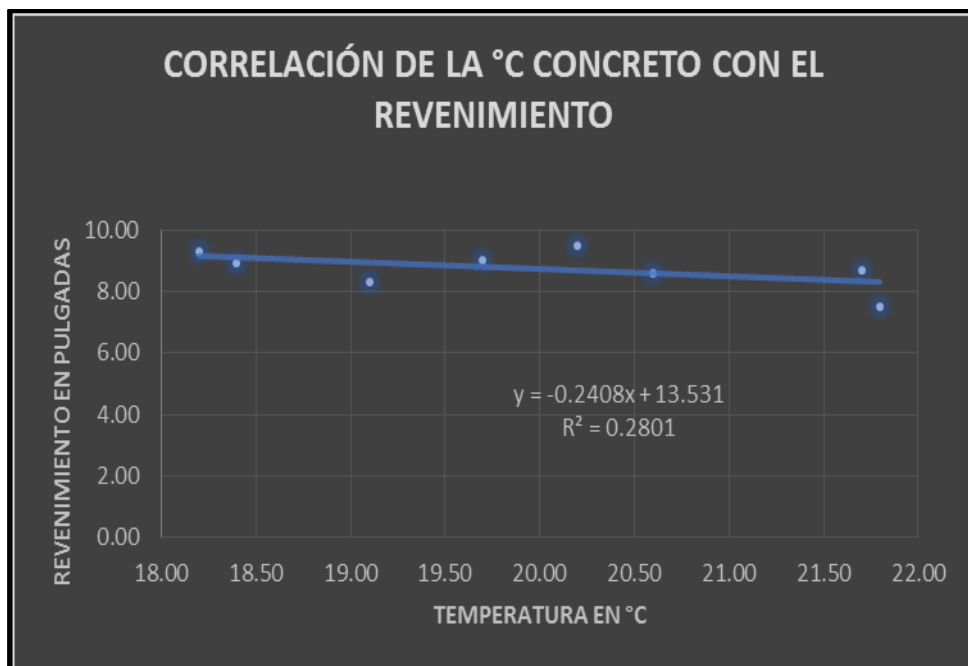


GRÁFICO N° 4.2 Correlación del revenimiento con la temperatura del concreto.



FOTOGRAFÍA N° 4.1 Prueba de revenimiento con cono de Abrams al concreto auto compactante.

### 4.3. EXPANSIÓN DE FLUJO:

Este ensayo para medir la capacidad de auto compactación se realizó minutos antes del vertido del concreto en los pilotes. Si el flujo no se expandía y revenía de acuerdo a las medidas establecidas en las especificaciones técnicas de la obra, se realizaba la corrección necesaria adicionando el súper plastificante y volviendo a realizar el ensayo.

| RESULTADOS DEL ENSAYO DE EXPANSIÓN DE FLUJO |                  |                     |            |             |             |                         |
|---|------------------|---------------------|------------|-------------|-------------|-------------------------|
| N°  | CÓDIGO N° PILOTE | FECHA DE CONCRETADO | HORA       | °C AMBIENTE | °C CONCRETO | EXPANSIÓN DE FLUJO (mm) |
| 1   | P1 - E2          | 05/07/2017          | 09:30 a.m. | 15 °C       | 19.1 °C     | 430                     |
| 2   | P2 - E2          | 04/07/2017          | 11:00 a.m. | 16.4 °C     | 19.7 °C     | 380                     |
| 3   | P3 - E2          | 03/07/2017          | 09:50 a.m. | 14.8 °C     | 18.2 °C     | 475                     |
| 4   | P1 - P3          | 24/06/2017          | 02:00 p.m. | 20.2 °c     | 21.7 °C     | 400                     |
| 5   | P2-P3            | 30/06/2017          | 10:40 a.m. | 17.3 °C     | 20.2 °C     | 405                     |
| 6   | P3-P3            | 22/06/2017          | 01:20 p.m. | 19.9 °C     | 21.8 °C     | 410                     |
| 7   | P4 - P3          | 27/06/2017          | 11:40 a.m. | 18.7 °C     | 20.6 °C     | 432                     |
| 8   | P4-P5            | 28/06/2017          | 10:20 a.m  | 16.5 °C     | 18.4 °C     | 455                     |

TABLA N° 4.5 Cuadro de expansión del flujo de concreto utilizado en los pilotes del puente Comuneros.

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>COEF. DE CORRELACIÓN</b>                     | <b>-0.49121126</b>              |
| <b>COEF. DE DETERMINACIÓN<br/>R<sup>2</sup></b> | <b>0.2413</b>                   |
| <b>°C AMBIENTE</b>                              | <b>EXPANSIÓN DE FLUJO EN mm</b> |
| 15.00   | 430.00                          |
| 16.40   | 380.00                          |
| 14.80   | 475.00                          |
| 20.20   | 400.00                          |
| 17.30   | 405.00                          |
| 19.90   | 410.00                          |
| 18.70   | 432.00                          |
| 16.50   | 455.00                          |

TABLA N° 4.6 Coeficiente de correlación y coeficiente de determinación de la temperatura ambiente y expansión de flujo.

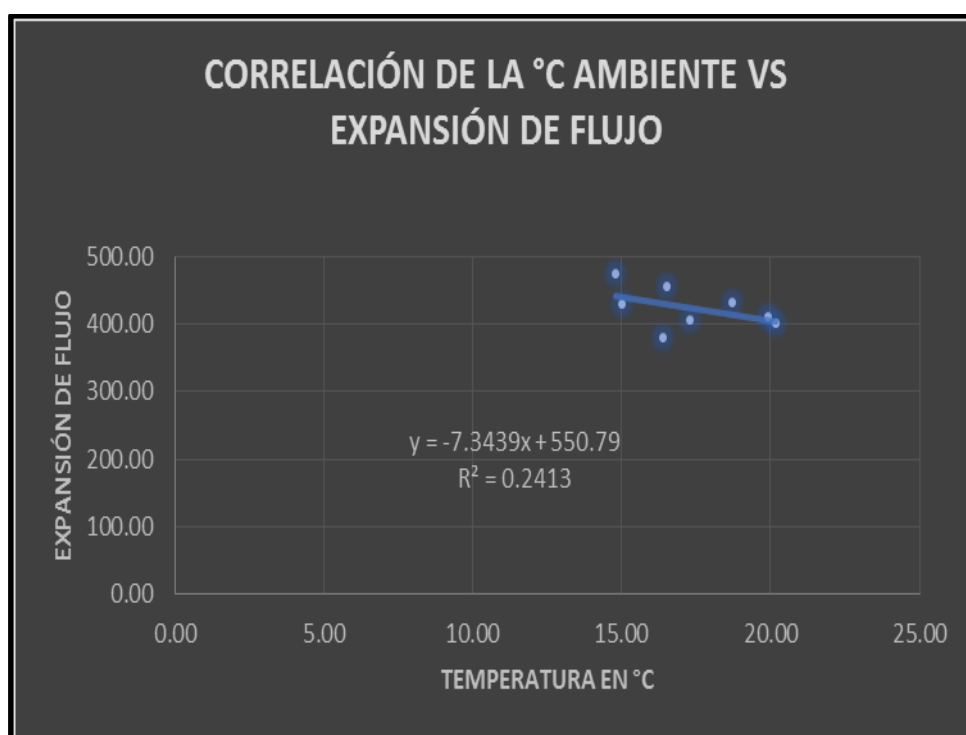


GRÁFICO N° 4.3 Correlación de la expansión de flujo con la temperatura ambiente.



|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>COEF. DE CORRELACIÓN</b>                     | <b>-0.66658405</b>              |
| <b>COEF. DE DETERMINACIÓN<br/>R<sup>2</sup></b> | <b>0.4443</b>                   |
| <b>°C CONCRETO</b>                              | <b>EXPANSIÓN DE FLUJO EN mm</b> |
| 19.10   | 430.00                          |
| 19.70   | 380.00                          |
| 18.20   | 475.00                          |
| 21.70   | 400.00                          |
| 20.20   | 405.00                          |
| 21.80   | 410.00                          |
| 20.60   | 432.00                          |
| 18.40   | 455.00                          |

TABLA N° 4.7 Coeficiente de correlación y coeficiente de determinación de la temperatura del concreto y expansión de flujo.

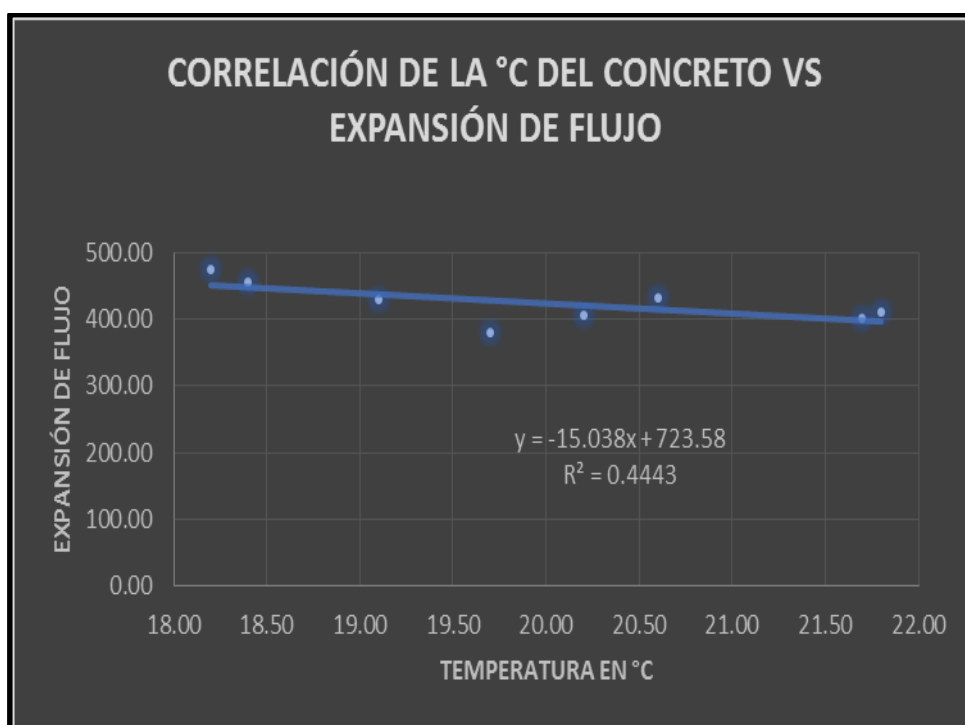


GRÁFICO N° 4.4 Correlación de la expansión de flujo con la temperatura del concreto.



FOTOGRAFÍA N° 4.2 Ensayo de expansión de flujo y medición del revenimiento.



FOTOGRAFÍA N° 4.3 Medición de la temperatura del concreto auto compactante.

#### 4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La especificación técnica de la obra establecía que el concreto de los pilotes debía alcanzar, como mínimo un  $f'c$  de  $245 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días. Para el ensayo de resistencia a la compresión se cogió la muestra del concreto de los camiones mixer indistintamente antes que se vierta el material en el pilote. Para demostrar la resistencia de los testigos de dimensiones 4" de diámetro por 8" de altura, el proveedor del concreto premezclado expidió su certificado de calidad. Por su parte el CONSORCIO MANTARO, constructora de la obra acudió a un laboratorio independiente (C3 INGENIERÍA) para contrastar la resistencia del concreto usado en los pilotes. Los resultados del proveedor del concreto premezclado y del laboratorio independiente resultaron ser similares, y rebasaron con creces el  $f'c$  de  $245 \text{ kg/cm}^2$ . La rotura de las probetas se realizó a los 3, 7, 14 y 28 días, como se detalla a continuación:

| RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS - PARTIDA PILOTES |                  |                   |                           |                                |                              |              |             |                 |           |
|---|------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|
| N°  | CÓDIGO N° PILOTE | FECHA DE MOLDEADO | f'c en kg/cm <sup>2</sup> | EDAD 3 DÍAS                    |                              |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | EMPRESA ENCARGADA DE LA ROTURA | RESULTADO kg/cm <sup>2</sup> | PROMEDIO f'c | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA | ESTADO    |
| 1   | P1 - E2          | 05/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 174.60                       | 179.29       | 73.18       | 08/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 189.93                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 173.33                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 168.40                       | 168.01       | 68.58       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 165.10                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 170.53                       |              |             |                 |           |
| 2   | P2 - E2          | 04/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 169.19                       | 177.19       | 72.32       | 07/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 172.81                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 189.58                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 163.20                       | 168.16       | 68.64       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 170.28                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 171.00                       |              |             |                 |           |
| 3   | P3 - E2          | 03/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 182.48                       | 182.52       | 74.50       | 06/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 185.27                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 179.80                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 175.00                       | 175.37       | 71.58       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 180.00                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 171.12                       |              |             |                 |           |
| 4   | P1 - P3          | 24/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 170.62                       | 173.28       | 70.73       | 27/06/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 180.47                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 168.74                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 167.41                       | 163.55       | 66.76       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 155.25                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 168.00                       |              |             |                 |           |
| 5   | P2-P3            | 30/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 154.09                       | 165.88       | 67.70       | 03/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 170.01                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 173.53                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 159.00                       | 161.57       | 65.95       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 160.13                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 165.59                       |              |             |                 |           |
| 6   | P3-P3            | 22/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 169.16                       | 173.55       | 70.84       | 25/06/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 181.70                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 169.79                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 170.00                       | 164.67       | 67.21       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 159.00                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 165.00                       |              |             |                 |           |
| 7   | P4 - P3          | 27/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 153.79                       | 163.65       | 66.79       | 30/06/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 168.61                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 168.54                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 162.13                       | 162.79       | 66.44       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 163.89                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 162.34                       |              |             |                 |           |
| 8   | P4-P5            | 28/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 208.07                       | 182.26       | 74.39       | 01/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 172.02                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 166.68                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 175.00                       | 173.93       | 70.99       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 169.00                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 177.78                       |              |             |                 |           |

TABLA N° 4.8 Resultado de las probetas de concreto a los 3 días.

| GOVIL SAC | C3 INGENIERÍA |
|-----------|---------------|
| 179.29    | 168.01        |
| 177.19    | 168.16        |
| 182.52    | 175.37        |
| 173.28    | 163.55        |
| 165.88    | 161.57        |
| 173.55    | 164.67        |
| 163.65    | 162.79        |
| 182.26    | 173.93        |

TABLA N° 4.9 Diferencia de la resistencia del concreto a los 3 días entre GOVIL SAC y C3 INGENIERÍA.

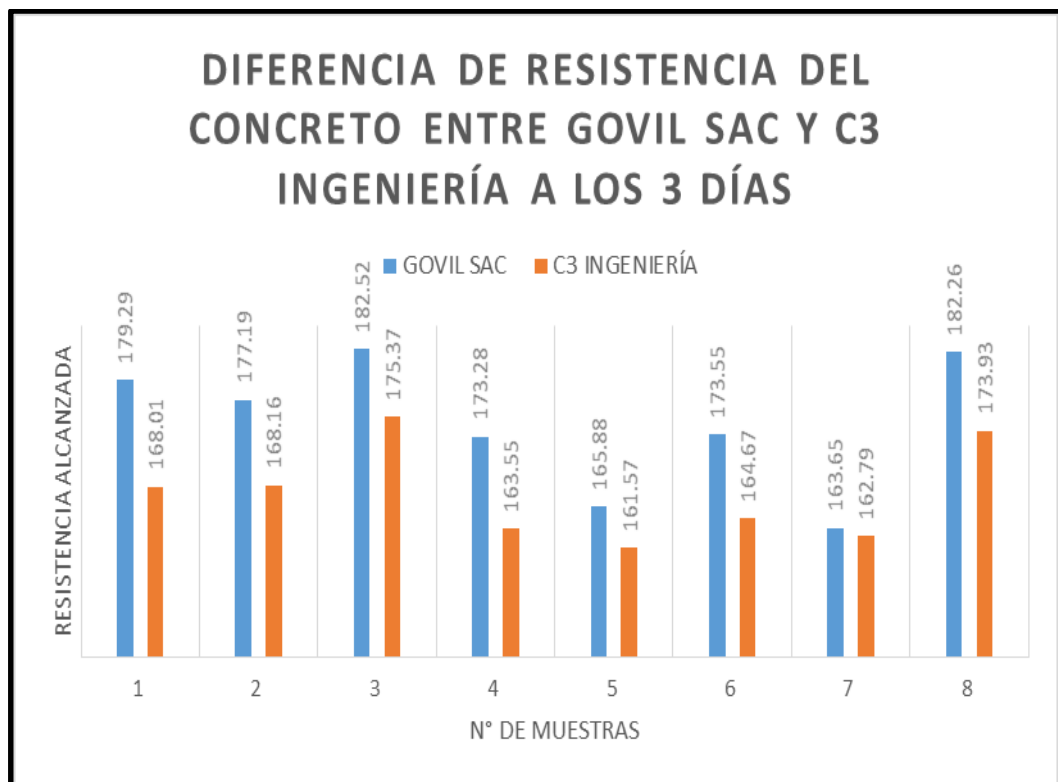


GRÁFICO N° 4.5 Resistencia del concreto a los 3 días.

| RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS - PARTIDA PILOTES |                  |                   |                           |                                |                              |              |             |                 |           |
|---|------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|
| N°  | CÓDIGO N° PILOTE | FECHA DE MOLDEADO | f'c en kg/cm <sup>2</sup> | EDAD 7 DÍAS                    |                              |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | EMPRESA ENCARGADA DE LA ROTURA | RESULTADO kg/cm <sup>2</sup> | PROMEDIO f'c | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA | ESTADO    |
| 1   | P1 - E2          | 05/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 297.36                       | 301.93       | 123.24      | 12/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 304.88                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 303.56                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 243.40                       | 243.93       | 99.56       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 248.70                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 239.70                       |              |             |                 |           |
| 2   | P2 - E2          | 04/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 270.41                       | 267.92       | 109.35      | 11/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 260.71                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 272.63                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 242.80                       | 247.57       | 101.05      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 249.50                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 250.40                       |              |             |                 |           |
| 3   | P3 - E2          | 03/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 249.94                       | 254.26       | 103.78      | 10/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 255.72                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 257.12                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 248.30                       | 241.70       | 98.65       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 239.50                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 237.30                       |              |             |                 |           |
| 4   | P1 -P3           | 24/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 293.04                       | 287.19       | 117.22      | 01/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 277.63                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 290.90                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 269.10                       | 262.70       | 107.22      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 264.90                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 254.10                       |              |             |                 |           |
| 5   | P2-P3            | 30/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 240.60                       | 239.28       | 97.66       | 07/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 235.03                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 242.20                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 230.40                       | 231.90       | 94.65       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 229.20                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 236.10                       |              |             |                 |           |
| 6   | P3-P3            | 22/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 252.88                       | 258.53       | 105.52      | 29/06/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 265.04                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 257.68                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 244.40                       | 242.13       | 98.83       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 246.50                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 235.50                       |              |             |                 |           |
| 7   | P4 - P3          | 27/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 219.04                       | 226.27       | 92.36       | 04/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 229.34                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 230.43                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 240.80                       | 236.93       | 96.71       |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 236.70                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 233.30                       |              |             |                 |           |
| 8   | P4-P5            | 28/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 269.73                       | 274.23       | 111.93      | 05/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 286.92                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 266.03                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 253.80                       | 257.57       | 105.13      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 256.90                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 262.00                       |              |             |                 |           |

TABLA N° 4.10 Resultado de las probetas de concreto a los 7 días.

| GOVIL SAC | C3 INGENIERÍA |
|-----------|---------------|
| 301.93    | 243.93        |
| 267.92    | 247.57        |
| 254.26    | 241.7         |
| 287.19    | 262.7         |
| 239.28    | 231.9         |
| 258.53    | 242.13        |
| 226.27    | 236.93        |
| 274.23    | 257.57        |

TABLA N° 4.11 Diferencia de la resistencia del concreto a los 7 días entre GOVIL SAC y C3 INGENIERÍA.

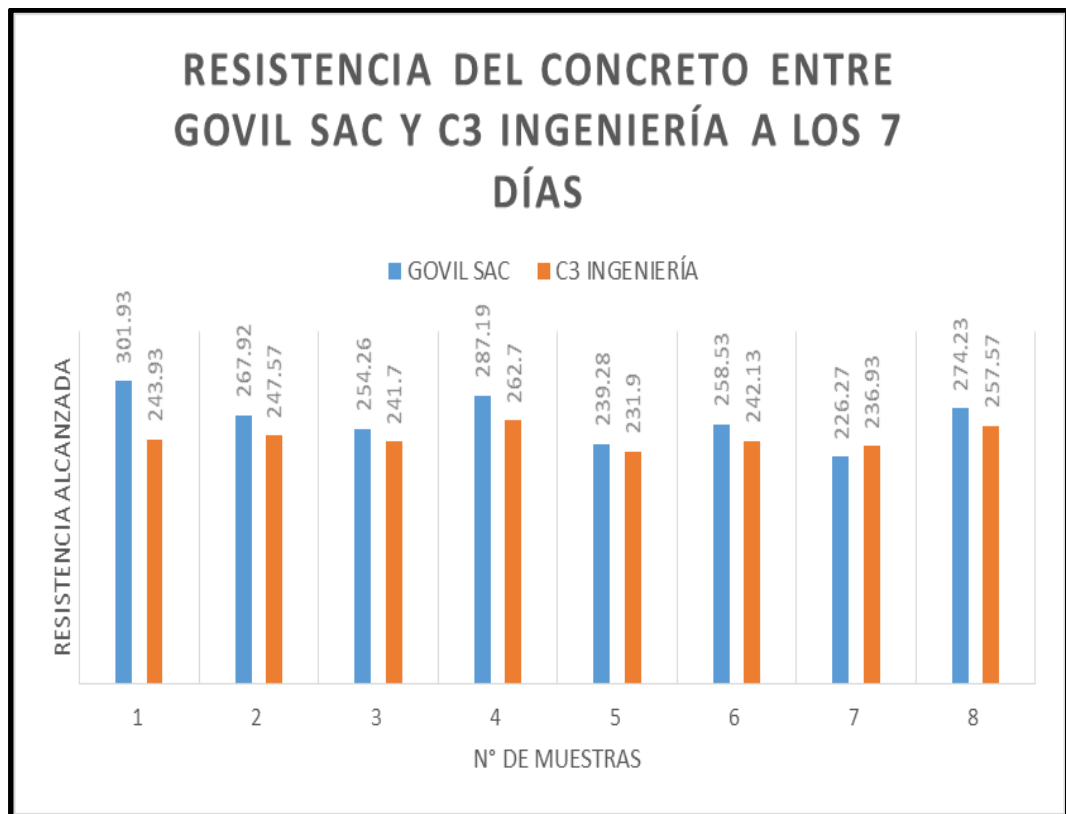


GRÁFICO N° 4.6 Resistencia del concreto a los 7 días.

| RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS - PARTIDA PILOTES |                  |                   |                           |                                |                              |              |             |                 |           |
|---|------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|
| N°  | CÓDIGO N° PILOTE | FECHA DE MOLDEADO | f'c en kg/cm <sup>2</sup> | EDAD 14 DÍAS                   |                              |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | EMPRESA ENCARGADA DE LA ROTURA | RESULTADO kg/cm <sup>2</sup> | PROMEDIO f'c | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA | ESTADO    |
| 1   | P1 - E2          | 05/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 343.48                       | 343.15       | 140.06      | 19/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 343.65                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 342.33                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 309.90                       | 311.77       | 127.25      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 306.10                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 319.30                       |              |             |                 |           |
| 2   | P2 - E2          | 04/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 309.77                       | 311.12       | 126.99      | 18/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 310.62                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 312.97                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 319.80                       | 314.97       | 128.56      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 315.90                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 309.20                       |              |             |                 |           |
| 3   | P3 - E2          | 03/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 297.58                       | 303.00       | 123.67      | 17/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 307.07                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 304.34                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 318.50                       | 312.57       | 127.58      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 307.00                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 312.20                       |              |             |                 |           |
| 4   | P1 - P3          | 24/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 301.58                       | 304.78       | 124.40      | 08/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 302.33                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 310.44                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 329.10                       | 324.90       | 132.61      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 317.20                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 328.40                       |              |             |                 |           |
| 5   | P2 - P3          | 30/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 295.25                       | 288.39       | 117.71      | 14/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 284.70                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 285.22                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 317.50                       | 320.90       | 130.98      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 327.10                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 318.10                       |              |             |                 |           |
| 6   | P3 - P3          | 22/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 310.01                       | 304.08       | 124.12      | 06/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 301.08                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 301.16                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 339.90                       | 340.20       | 138.86      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 330.90                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 349.80                       |              |             |                 |           |
| 7   | P4 - P3          | 27/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 276.82                       | 273.59       | 111.67      | 11/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 272.23                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 271.73                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 309.00                       | 305.33       | 124.63      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 305.20                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 301.80                       |              |             |                 |           |
| 8   | P4 - P5          | 28/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 270.66                       | 289.80       | 118.28      | 12/07/2017      | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 296.14                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 302.59                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 276.60                       | 281.63       | 114.95      |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 284.40                       |              |             |                 |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 283.90                       |              |             |                 |           |

TABLA N° 4.12 Resultado de las probetas de concreto a los 14 días.

| GOVIL SAC | C3 INGENIERÍA |
|-----------|---------------|
| 343.15    | 311.77        |
| 311.12    | 314.97        |
| 303.00    | 312.57        |
| 304.78    | 324.90        |
| 288.39    | 320.90        |
| 304.08    | 340.20        |
| 273.59    | 305.33        |
| 289.80    | 281.63        |

TABLA N° 4.13 Resistencia del concreto a los 14 días entre GOVIL SAC y C3 Ingeniería.

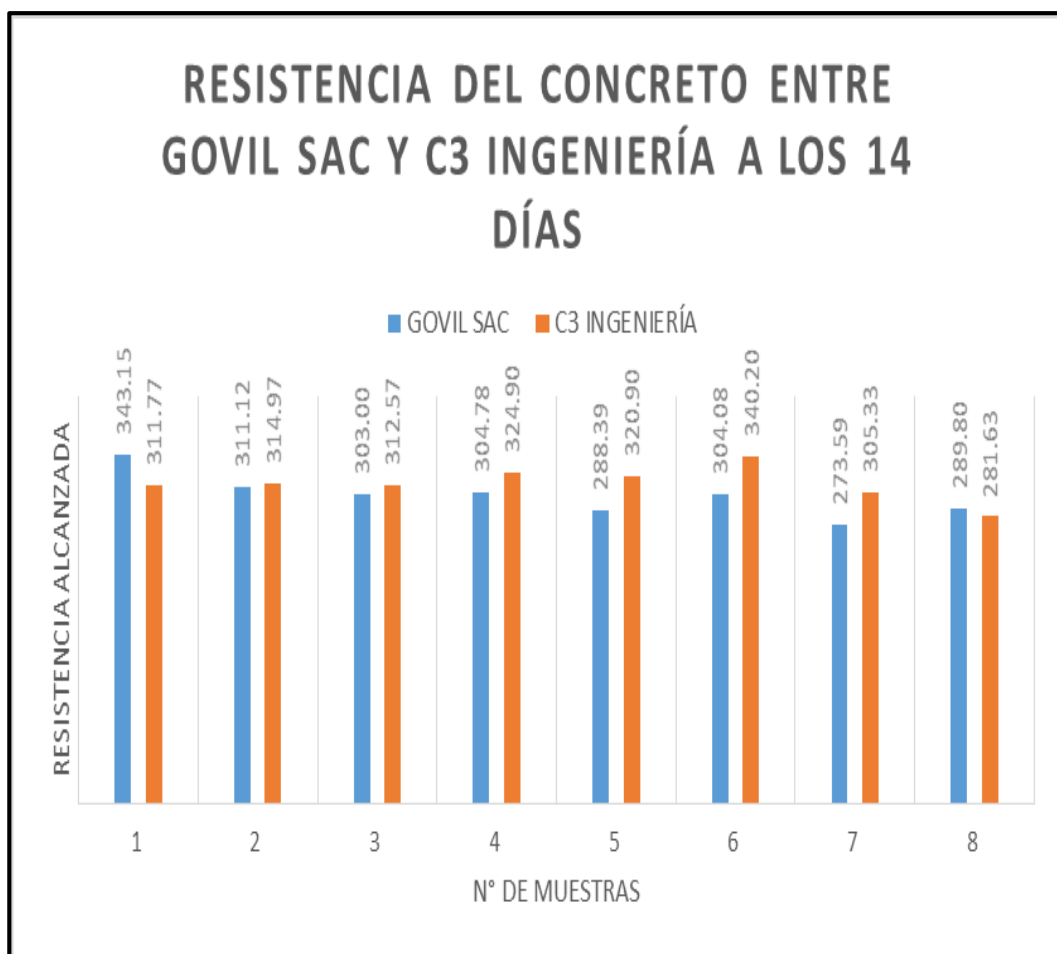


GRÁFICO N° 4.7 Resistencia del concreto a los 14 días.



| RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS - PARTIDA PILOTES |                  |                   |                           |                                |                              |              |             |                 |           |            |           |
|---|------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|------------|-----------|
| N°  | CÓDIGO N° PILOTE | FECHA DE MOLDEADO | f'c en kg/cm <sup>2</sup> | EDAD 28 DÍAS                   |                              |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | EMPRESA ENCARGADA DE LA ROTURA | RESULTADO kg/cm <sup>2</sup> | PROMEDIO f'c | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA | ESTADO    |            |           |
| 1   | P1 - E2          | 05/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 448.79                       | 438.80       | 179.10      | 02/08/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 424.09                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 443.52                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 381.60                       | 376.37       | 153.62      |                 |           | 02/08/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 372.90                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 374.60                       |              |             |                 |           |            |           |
| 2   | P2 - E2          | 04/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 405.23                       | 395.00       | 161.22      | 01/08/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 379.23                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 400.54                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 361.90                       | 368.27       | 150.31      |                 |           | 01/08/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 368.40                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 374.50                       |              |             |                 |           |            |           |
| 3   | P3 - E2          | 03/07/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 396.86                       | 390.49       | 159.39      | 31/07/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 401.48                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 373.14                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 383.60                       | 382.77       | 156.23      |                 |           | 31/07/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 379.10                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 385.60                       |              |             |                 |           |            |           |
| 4   | P1 - P3          | 24/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 386.31                       | 383.86       | 156.68      | 22/07/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 391.13                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 374.13                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 360.40                       | 361.70       | 147.63      |                 |           | 22/07/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 370.00                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 354.70                       |              |             |                 |           |            |           |
| 5   | P2 - P3          | 30/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 375.66                       | 375.08       | 153.10      | 28/07/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 370.20                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 379.39                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 363.80                       | 367.10       | 149.84      |                 |           | 28/07/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 372.10                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 365.40                       |              |             |                 |           |            |           |
| 6   | P3 - P3          | 22/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 373.22                       | 370.04       | 151.04      | 20/07/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 371.95                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 364.96                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 348.20                       | 354.53       | 144.71      |                 |           | 20/07/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 354.30                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 361.10                       |              |             |                 |           |            |           |
| 7   | P4 - P3          | 27/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 351.36                       | 353.31       | 144.21      | 25/07/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 360.52                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 348.04                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 336.20                       | 341.13       | 139.24      |                 |           | 25/07/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 348.80                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 338.40                       |              |             |                 |           |            |           |
| 8   | P4 - P5          | 28/06/2017        | 245                       | GOVIL SAC                      | 382.14                       | 376.54       | 153.69      | 26/07/2017      | MUY BUENO |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 376.83                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 370.65                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           | C3 INGENIERÍA                  | 374.90                       | 366.10       | 149.43      |                 |           | 26/07/2017 | MUY BUENO |
|   |                  |                   |                           |                                | 363.00                       |              |             |                 |           |            |           |
|   |                  |                   |                           |                                | 360.40                       |              |             |                 |           |            |           |

TABLA N° 4.14 Resultado de las probetas de concreto a los 28 días.

| GOVIL SAC | C3 INGENIERÍA |
|-----------|---------------|
| 438.80    | 376.37        |
| 395.00    | 368.27        |
| 390.49    | 382.77        |
| 383.86    | 361.70        |
| 375.08    | 367.10        |
| 370.04    | 354.53        |
| 353.31    | 341.13        |
| 376.54    | 366.10        |

TABLA N° 4.15 Resistencia del concreto a los 28 días entre GOVIL SAC y C3 INGENIERÍA.

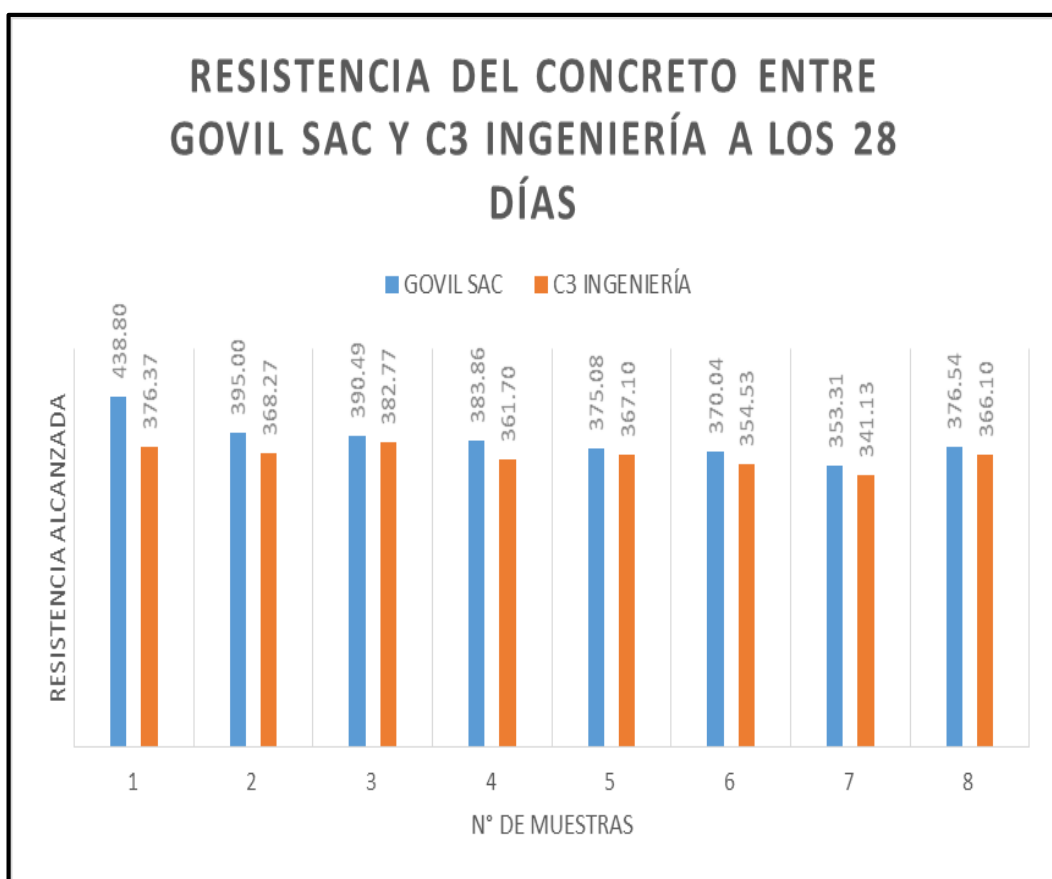


GRÁFICO N° 4.8 Resistencia del concreto a los 28 días.

#### **4.5. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INTEGRIDAD DE LOS PILOTES CON CROSSHOLE SONIC LOGGING:**

En esta parte de la tesis se presenta los resultados de la instrumentación dinámica de 8 de los pilotes, integrantes del estribo 2, pilar 3 y pilar 5 en la margen derecha del proyecto: “CONSTRUCCION DEL PUENTE SOBRE EL RÍO MANTARO, DISTRITOS DE CHILCA Y TRES DE DICIEMBRE, PROVINCIAS DE HUANCAYO Y CHUPACA - DEPARTAMENTO DE JUNIN” (Obra Complementaria: CONSTRUCCION DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA LAS RAMPAS DE ACCESO).

El objetivo del ensayo de integridad Crosshole Sonic Logging fue determinar la presencia de fallas o daños a lo largo del fuste de los pilotes en los ejes entre tuberías empotradas en el concreto armado. Los ensayos fueron ejecutados con un equipo modelo “CHAMP” fabricado por Pile Dynamic Inc. de Ohio, Estados Unidos. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

##### **4.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES ENSAYADOS:**

- a) Los pilotes ensayados fueron fundidos in situ con concreto armado de un  $f'c$  de 245 kg/cm<sup>2</sup>, diámetro de 1.20 m, y recubrimiento del acero de 7.5 cm. Los pilotes fueron instalados verticalmente.
- b) Los pilotes se ensayaron a más del 75% del  $f'c$  estipulado en la especificación técnica.
- c) Los pilotes instrumentados contaron con 4 tuberías de acero de 2” Schedule 40 con diámetro exterior igual a 60.33 mm y espesor 3.91 mm colocados ortogonalmente en los extremos interiores de la armadura de acero.

A continuación, se muestra las características del pilote y las longitudes totales respecto a los niveles indicados en el proyecto, tener como referencia que el ensayo se ejecutó al nivel de la plataforma de trabajo para cada pilote. En la siguiente tabla se

consideran como profundidad instrumentada a la longitud desde el nivel de plataforma de trabajo de cada pilote al nivel inferior de la tubería instalada en su interior.

| Pilote n°     | Longitud mínima proyectada del pilote (m) | Nivel de ensayo (msnm) | Profundidad instrumentada (m) | Tubería expuesta (m) DUCTO N° 01 | Tubería expuesta (m) DUCTO N° 02 | Tubería expuesta (m) DUCTO N° 03 | Tubería expuesta (m) DUCTO N° 04 |
|---------------|---|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 01 ESTRIBO 02 | 22  | 3178.02                | 23.73                         | 0.95                             | 0.97                             | 0.93                             | 0.91                             |
| 02 ESTRIBO 02 | 22  | 3177.57                | 22.45                         | 0.91                             | 0.78                             | 0.89                             | 0.87                             |
| 03 ESTRIBO 02 | 22  | 3177.39                | 22.25                         | 0.73                             | 0.74                             | 0.71                             | 0.79                             |
| 01 PILA 03    | 27  | 3176.6                 | 28.94                         | 0.09                             | 0.05                             | 0.06                             | 0.05                             |
| 02 PILA 03    | 27  | 3176.01                | 28.36                         | 0.2                              | 0.26                             | 0.21                             | 0.1                              |
| 03 PILA 03    | 27  | 3175.95                | 28.28                         | 0.4                              | 0.37                             | 0.43                             | 0.4                              |
| 04 PILA 03    | 27  | 3175.95                | 28.28                         | 0.98                             | 0.6                              | 0.44                             | 0.33                             |
| 04 PILA 05    | 22  | 3176.74                | 24.29                         | 0.18                             | 0.12                             | 0.18                             | 0.33                             |

TABLA N° 4.16 Profundidad de instrumentación de los pilotes ensayados con Crosshole Sonic Logging.

Cabe mencionar que durante el ensayo se mantuvieron limpios y rellenos con agua todas las columnas de tuberías empotradas en los pilotes. A continuación, se muestra el esquema general de distribución en planta de los pilotes ensayados, cuyos resultados se presentan en la tesis:

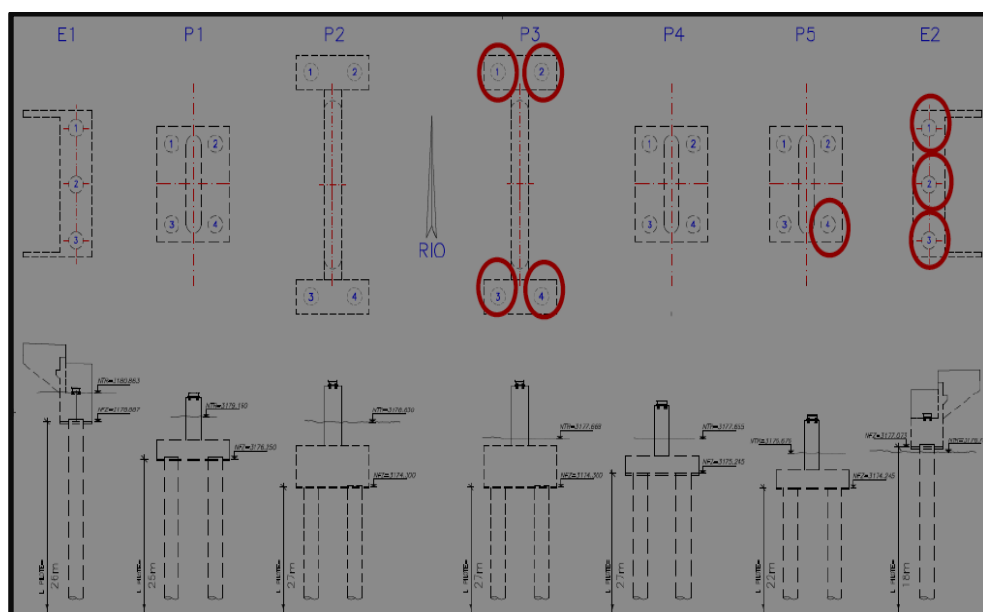


GRÁFICO N° 4.9 Ubicación de los pilotes ensayados con la prueba de Crosshole Sonic Logging.

#### 4.5.2. RESULTADOS OBTENIDOS:

Los resultados del análisis del presente ensayo se muestran en la siguiente tabla:

| <b>DIAGNÓSTICO BASADO EN SEÑALES PROCESADAS EN EL PROGRAMA CHA-W</b> |                     |                          |
|--|---------------------|--------------------------|
| <b>PILOTE N°</b>   | <b>VEL. DE ONDA</b> | <b>DIAGNÓSTICO FINAL</b> |
| 1 ESTRIBO 2  | 3836 m/s            | Bueno o satisfactorio    |
| 2 ESTRIBO 2  | 3962 m/s            | Bueno o satisfactorio    |
| 3 ESTRIBO 2  | 3923 m/s            | Bueno o satisfactorio    |
| 1 PILA 3   | 3663 m/s            | Bueno o satisfactorio    |
| 2 PILA 3   | 3699 m/s            | Bueno o satisfactorio    |
| 3 PILA 3   | 3830 m/s            | Bueno o satisfactorio    |
| 4 PILA 3   | 3777 m/s            | Bueno o satisfactorio    |
| 4 PILA 5   | 3724 m/s            | Bueno o satisfactorio    |

TABLA N° 4.17 Velocidades de onda con Cross Hole Sonic Logging en los pilotes ensayados.

#### 4.6. PRUEBA DE CARGA DINÁMICA:

En esta parte de la tesis se presenta los resultados del ensayo de carga axial dinámica de pilotes de gran diámetro realizado para el proyecto puente Comuneros, ubicado sobre el río Mantaro, localizado en el departamento de Junín, provincia y distrito de Huancayo. En la siguiente tabla se exhiben las características de sólo dos de los elementos ensayados.

| <b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ENSAYADOS</b> |                      |               |               |                                 |                               |                            |                            |
|---|----------------------|---------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Código</b>                                     | <b>Diámetro (cm)</b> | <b>CSP EL</b> | <b>NFP EL</b> | <b>Cota de cabeza de pilote</b> | <b>Carga de servicio (Tn)</b> | <b>Maza de ensayo (Tn)</b> | <b>Altura de caída (m)</b> |
| P4 - P03  | 120                  | 3176.45 m     | 3148.30 m     | 3176.40 m                       | 700 ton                       | 10 ton                     | 0.50 a 1.30                |
| E02 - P02   | 120                  | 3180.03 m     | 3152.88 m     | 3179.98 m                       | 700 ton                       | 13 ton                     | 0.50 a 2.00                |

TABLA N° 4.18 Alturas de caída de la masa de ensayo en la prueba de carga dinámica.

Donde:

- a) CSP EL: Cota superior de pilote, elevación absoluta.
- b) NFP EL: Nivel de fondo de pilote, elevación absoluta.
- c) Carga última definida de 700 tn.

Para el pilote P4-P03, el primer impacto se realizó a 0.50 m de altura de caída, y luego se incrementó a 1.00 m y 1.30 m, mientras que para el pilote E1-P02 el primer impacto se realizó a 0.50 m de altura de caída, y luego se incrementó a 1.00, 1.50 y 2.00 m monitoreando las tensiones dinámicas del pilote y su integridad en cada escalón. Se contó con topografía para tener un segundo control de las deformaciones permanentes del pilote luego de cada impacto.

#### **4.6.1. SECUENCIA DE LAS PRUEBAS:**

Dos pilotes fueron probados dinámicamente en este proyecto. El pilote P4-P03 fue probado el 24 de agosto, mientras que el pilote E2-P02 fue probado el 25 de agosto. Para el pilote P4-P03 se utilizó un masa de caída de 10 toneladas y una altura máxima de caída de 1.3 m, mientras que para el E2-P02 se utilizó una masa de 13 toneladas y una altura de caída máxima de 2 m. En el funcionamiento del sistema se utilizó un gato hidráulico para dejar caer la maza en caída libre.

#### **4.6.2. DETALLES DE LOS PILOTES:**

Los pilotes vaciados en sitio son de 1.20 m de diámetro. El pilote P4-P03 se reportó con una longitud de penetración por debajo del nivel del terreno de 27 m mientras que el E2-P02 se reportó con una longitud de penetración de 26 m.

#### **4.6.3. DETALLES DEL SUELO:**

La estratigrafía hallada en los puntos de excavación de los pilotes ensayados es como sigue:

| <b>ESTRATIGRAFÍA DE LOS ELEMENTOS ENSAYADOS</b> |               |                    |                  |                       |
|---|---------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| <b>PROF. (m)</b>                                | <b>PILA 4</b> |                    | <b>ESTRIBO 2</b> |                       |
|   |               | <b>Pila 4 - P3</b> |                  | <b>Estribo 2 - P2</b> |
| 0.00 a 1.00                                     |               | Grava              |                  | Grava                 |
| 1.00 a 2.00                                     |               | Grava              |                  | Grava                 |
| 2.00 a 3.00                                     |               | Grava              |                  | Grava                 |
| 3.00 a 4.00                                     |               | Grava              |                  | Arcilla               |
| 4.00 a 5.00                                     |               | Grava              |                  | Arcilla               |
| 5.00 a 6.00                                     |               | Grava              |                  | Arcilla               |
| 6.00 a 7.00                                     |               | Grava              |                  | Grava                 |
| 7.00 a 8.00                                     |               | Arcilla            |                  | Grava                 |
| 8.00 a 9.00                                     |               | Arcilla            |                  | Grava                 |
| 9.00 a 10.00                                    | 9.50          | Arcilla            |                  | Grava                 |
| 10.00 a 11.00                                   |               | Grava              |                  | Grava                 |
| 11.00 a 12.00                                   |               | Grava              |                  | Grava                 |
| 12.00 a 13.00                                   |               | Grava              |                  | Grava                 |
| 13.00 a 14.00                                   |               | Arcilla            |                  | Arcilla               |
| 14.00 a 15.00                                   |               | Arcilla            |                  | Arcilla               |
| 15.00 a 16.00                                   |               | Arcilla            |                  | Arcilla               |
| 16.00 a 17.00                                   |               | Arcilla            |                  | Arcilla               |
| 17.00 a 18.00                                   |               | Arcilla            |                  | Arcilla               |
| 18.00 a 19.00                                   |               | Arcilla            |                  | Arcilla               |
| 19.00 a 20.00                                   |               | Arcilla            |                  | Arcilla               |
| 20.00 a 21.00                                   |               | Arcilla            | 22.00            | Arcilla               |
| 21.00 a 22.00                                   |               | Arcilla            | 22.50            | Grava                 |
| 22.00 a 23.00                                   |               | Grava              |                  |                       |
| 23.00 a 24.00                                   |               | Grava              |                  |                       |
| 24.00 a 25.00                                   |               | Grava              |                  |                       |
| 25.00 a 26.00                                   |               | Grava              |                  |                       |
| 26.00 a 27.00                                   |               | Grava              |                  |                       |
| 27.00 a 28.00                                   |               | Grava              |                  |                       |
| 28.00 a 29.00                                   |               | Grava              |                  |                       |
| 29.00 a 30.00                                   | 29.70         | Grava              |                  |                       |
| 30.00 a 31.00                                   |               |                    |                  |                       |

TABLA N° 4.19 Estratigrafía de los pilotes que se ensayaron con la prueba de carga dinámica.



FOTOGRAFÍA N° 4.4 Material extraído durante la excavación de los pilotes.

#### 4.6.4. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA:

| RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CAMPO - PRUEBA DE CARGA DINÁMICA |  |                      |   |                                 |                                     |                    |
|---|--|----------------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Código  | Energía transferida (1)<br>Kn-m                                    | Altura de caída (cm) | Esfuerzos promedios en la cabeza a compresión (CSX) (2) Mpa | Tensión máxima (TSX) (3)<br>Mpa | Resistencia método CAPWAP (4)<br>Kn | Notas              |
| E02 - 02  | 159  | 200                  | 17  | 4                               | 14800                               | Capacidad activada |
| P4 - 03   | 61   | 130                  | 12  | 4.7                             | 13700                               | Capacidad activada |
| NOTAS:  |  |                      |   |                                 |                                     |                    |
|   | 1. Energía transferida a la cabeza del pilote.                     |                      |   |                                 |                                     |                    |
|   | 2. Esfuerzos máximos a compresión promedios a lo largo del pilote. |                      |   |                                 |                                     |                    |
|   | 3. Esfuerzos a tensión máximos a lo largo del pilote.              |                      |   |                                 |                                     |                    |
|   | 4. Capacidad CAPWAP.   |                      |   |                                 |                                     |                    |

TABLA N° 4.20 Resistencia de los pilotes, obtenida a través del programa CAPWAP





FOTOGRAFÍA N° 4.5 Realización de la prueba de carga dinámica a los pilotes del puente Comuneros.

| RESULTADOS CAPWAP - PUENTE COMUNEROS |                   |                   |                  |            |            |  |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------|------------|--|
| Código                               | Asentamiento (mm) | Carga de servicio | Capacidad última |            |            | Resistencia adicional a la carga de servicio de 700 tn |
|                                      |                   |                   | Total (Tn)       | Fuste (Tn) | Punta (Tn) |  |
| P4 - P03                             | 0                 | 700 tn            | 1370             | 620        | 750        | 1.9 veces  |
| E02 - P02                            | 1.5               | 701 tn            | 1480             | 460        | 1020       | 2.1 veces  |

TABLA N° 4.21 Capacidad última por punta y fuste de los pilotes ensayados en la prueba de carga dinámica.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. PROPORCIONES DEL CONCRETO:**

El diseño de mezcla presentado en el capítulo de los resultados tuvo un muy buen desempeño, porque superó con creces el  $f'c$  de  $245 \text{ kg/cm}^2$  establecido en el proyecto. De acuerdo a los reportes de la prueba de ensayo de probetas se logró resultados que oscilan entre  $364 \text{ kg/cm}^2$  y  $385 \text{ kg/cm}^2$ . Se asume que los resultados auspiciosos y altos se deben:

- a)** Granulometría adecuada del concreto.
- b)** Dureza de los agregados, que corresponden a la cantera Apata.
- c)** Una adecuada relación agua cemento de 0.50.
- d)** Adición del súper plastificante NEOPLAST 8500 HP y EUCO WR-75.
- e)** Colocación del concreto en obra a temperaturas que fluctuaban entre los  $15^\circ\text{C}$  y  $21^\circ\text{C}$ , a media mañana y al medio día, lo cual permitió que el fraguado inicial y final se produzca sin ningún contratiempo.

Autores como el Ing. Enrique Rivva López recomiendan seguir los pasos establecidos en el método del Comité 211 de ACI (Práctica Estándar Para Seleccionar el Proporcionamiento del Concreto de Peso Normal, Pesado y Masivo), de acuerdo a la siguiente secuencia:

- a)** Selección de la resistencia promedio, a partir de la resistencia especificada, y la desviación estándar.
- b)** Selección del tamaño máximo nominal del agregado.

- c) Selección del asentamiento.
- d) Selección del volumen unitario de agua.
- e) Selección del contenido de aire.
- f) Selección de la relación agua cemento, por resistencia y durabilidad.
- g) Determinación del factor cemento.
- h) Determinación del contenido de agregado grueso.
- i) Determinación de la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.
- j) Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- k) Determinación del peso del agregado fino.
- l) Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.
- m) Corrección de los valores de diseño por humedad de los agregados.
- n) Determinación de la proporción en peso de diseño de la mezcla.
- o) Determinación de los pesos por tanda de un saco.

## **5.2. CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO:**

Los ensayos de revenimiento realizados, bajo condiciones de obra, al concreto de los ocho pilotes ensayados se mantuvieron dentro de los parámetros de las especificaciones técnicas establecidas en el expediente técnico de la obra. El revenimiento se mantuvo en el rango de 8" a 10". Sólo el concreto del pilote 03 de la pila 04 obtuvo un valor de 7.5" de revenimiento, teniendo que corregirse con la adición de una mínima cantidad de súper plastificante.

El Portland Cement Association y la ASTM C 143 (Método de Ensayo Normalizado Para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico) manifiestan que un valor más elevado de revenimiento indican un concreto más fluido. Igualmente recomiendan que el cono de Abrams se debe llenar en tres volúmenes iguales, aplicando 25 golpes en cada capa con una varilla metálica de 5/8" de diámetro y 24" de longitud. Además agrega que todo el ensayo, hasta el retiro del cono de Abrams debe durar dos minutos y medio.

### 5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La resistencia mínima del concreto de acuerdo a la especificación técnica del expediente, en la partida de pilotes era de  $245 \text{ kg/cm}^2$ . Las muestras se moldearon en cilindros de 4" de diámetro por 8" de altura:

- a) A los tres días de ensayado las probetas de concreto colocado en los ocho pilotes estudiados, había logrado una resistencia promedio de  $f'c$  igual a  $174.66 \text{ kg/cm}^2$ .
- b) A los siete días de ensayado las probetas, la proveedora del concreto, GOVIL SAC, reportó una resistencia promedio de  $263.69 \text{ kg/cm}^2$ . Mientras que el resultado obtenido en el laboratorio C3 INGENIERÍA fue de  $245.53 \text{ kg/cm}^2$ . Se presentó un desarrollo auspicioso de la resistencia.
- c) A los 14 días las probetas de GOVIL SAC reportaron una resistencia promedio de  $302.23 \text{ kg/cm}^2$ . Y C3 INGENIERÍA presentó la resistencia de  $314.03 \text{ kg/cm}^2$ .
- d) En el ensayo a los 28 días GOVIL SAC presentó una resistencia promedio de  $385.39 \text{ kg/cm}^2$ . C3 INGENIERÍA presentó un resultado de  $f'c$  igual a  $364.74 \text{ kg/cm}^2$ .

La diferencia entre los resultados de GOVIL SAC y C3 INGENIERÍA se debe a que las probetas del proveedor de concreto fueron curadas bajo condiciones de laboratorio, mientras que las probetas ensayadas por C3 INGENIERÍA se curaron bajo condiciones de obra. El código ACI 318 (Reglamento Para Concreto Estructural) refiere que la resistencia del concreto puede considerarse satisfactorio logrando las siguientes condiciones:

- a) Si la resistencia de tres especímenes es superior a lo especificado a los 28 días.
- b) Si ningún espécimen de las tres probetas ensayadas está por debajo de la resistencia promedio.

En caso que no se cumpla lo establecido en el ACI 318 se recomienda al constructor extraer núcleos, cuya resistencia se certificará en el laboratorio.

#### **5.4. EXPANSIÓN DE FLUJO:**

En el concreto ensayado de los ocho pilotes, no se obtuvieron los valores que tienen como parámetro el T50 (expansión del flujo de 500 mm de diámetro). La expansión de flujo del concreto se mantuvo en el rango de 380 mm a 450 mm. Pero el temor que se generó con este resultado, quedó disipado con los resultados obtenidos en la prueba de integridad con el Crosshole Sonic Logging. Para lograr mayor expansión de flujo se debió adicionar mayor cantidad de súper plastificante, pero, la mezcla se tornaba muy pegajosa y poco trabajable. Además, la adición de mayores proporciones de aditivo demanda mayor costo.

La EFNARC (European Federation Dedicated to Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (2002): Specifications and Guidelines for Self Compacting Concrete) sugiere que para obras de ingeniería el concreto auto compactable debe alcanzar el diámetro T50 y Tf de 500 mm en un tiempo de tres a siete segundos.

#### **5.5. INTEGRIDAD DE LOS PILOTES CON CROSSHOLE; DIAGNÓSTICO Y TOMOGRAFÍAS BASADOS EN LAS SEÑALES PROCESADAS CON CHA-W:**

##### **5.5.1. PILOTE 01, ESTRIBO 02:**

- a) La cota de la plataforma de trabajo es de 3178.017 msnm y la cota superior del pilote es de 3177.073 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto dañado y contaminado de 0.944 m.
- b) El ensayo ha podido instrumentar 23.73 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3154.287 msnm.
- c) El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3177.073 msnm) a 22.00 m (3155.073 msnm).

d) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3836 m/s.

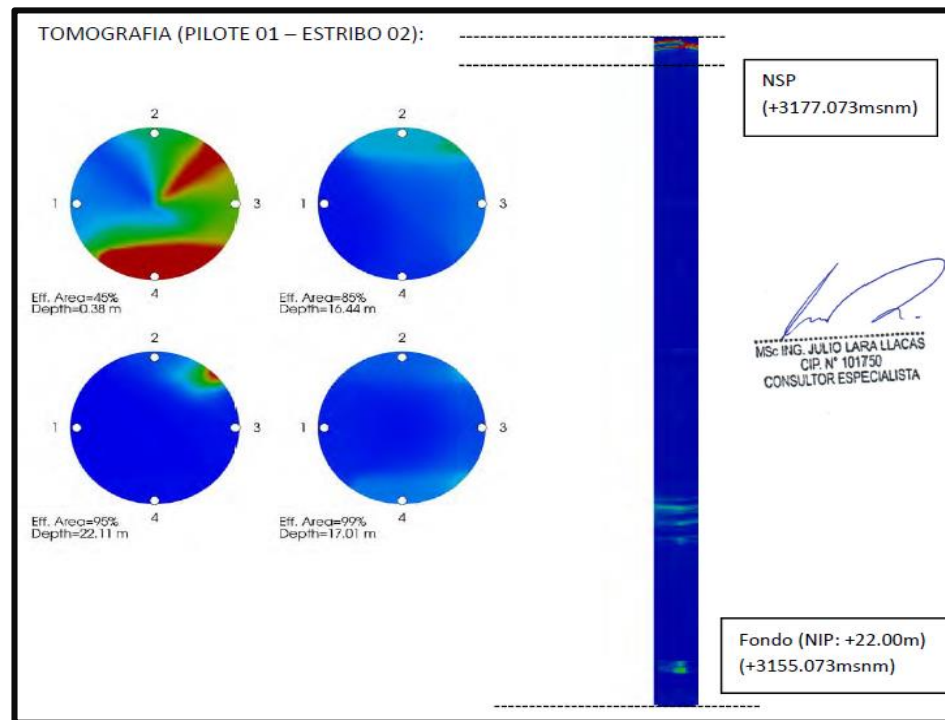


GRÁFICO N° 5.1 Tomografía en toda la sección del pilote 01 - estribo 02.

### 5.5.2. PILOTE 02, ESTRIBO 02:

- La cota de la plataforma de trabajo es de 3177.565 msnm y la cota superior del pilote es de 3177.073 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto contaminado de 0.492 m.
- El ensayo ha podido instrumentar 22.45 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3155.115 msnm.
- El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3177.073 msnm) a 21.14m (3155.935 msnm).
- Anomalía ligera del nivel 3173.325 msnm a 3171.115 msnm representa una reducción de 5% hasta 15% del  $f'c$  entre 12% y 35% del área transversal respectivamente en las diagráfias perimetrales 1-2 y 2-3 y la interior 2-4.

- e) Defecto por debajo del nivel de fondo de pilote efectivo (desde 3155.935 msnm al fondo del tubo) representa una reducción de 15% del  $f'c$  en toda la sección transversal, 50% del  $f'c$  en toda la sección transversal y de esto un 65% del  $f'c$  en 14% del área transversal.
- f) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3962 m/s.

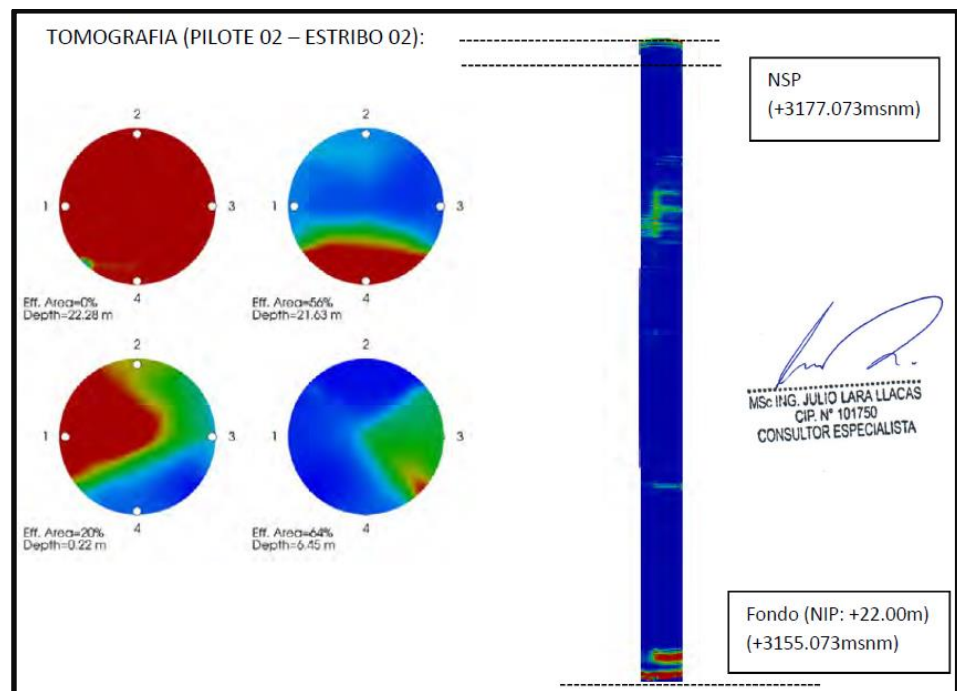


GRÁFICO N° 5.2 Tomografía en toda la sección del pilote 02 - estribo 02.

### 5.5.3. PILOTE 03, ESTRIBO 02:

- a) La cota de la plataforma de trabajo es de 3177.391 msnm y la cota superior del pilote es de 3177.073 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto contaminado de 0.318 m.
- b) El ensayo ha podido instrumentar 22.25 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3155.141msnm.
- c) El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3177.073 msnm) a 18.00 m (3155.073 msnm).

- d) Anomalía ligera al nivel de 3177.073 msnm a 3175.591 msnm representa una reducción de 0% hasta 5% del  $f'c$  en un 10% del área transversal en la diagrafía perimetral 3-4.
- e) Anomalía ligera desde 3155.691 msnm al fondo del tubo, representa una reducción de 5% hasta 15% del  $f'c$  en 50% de la sección transversal al fondo del tubo (3155.141 msnm).
- f) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3923 m/s.

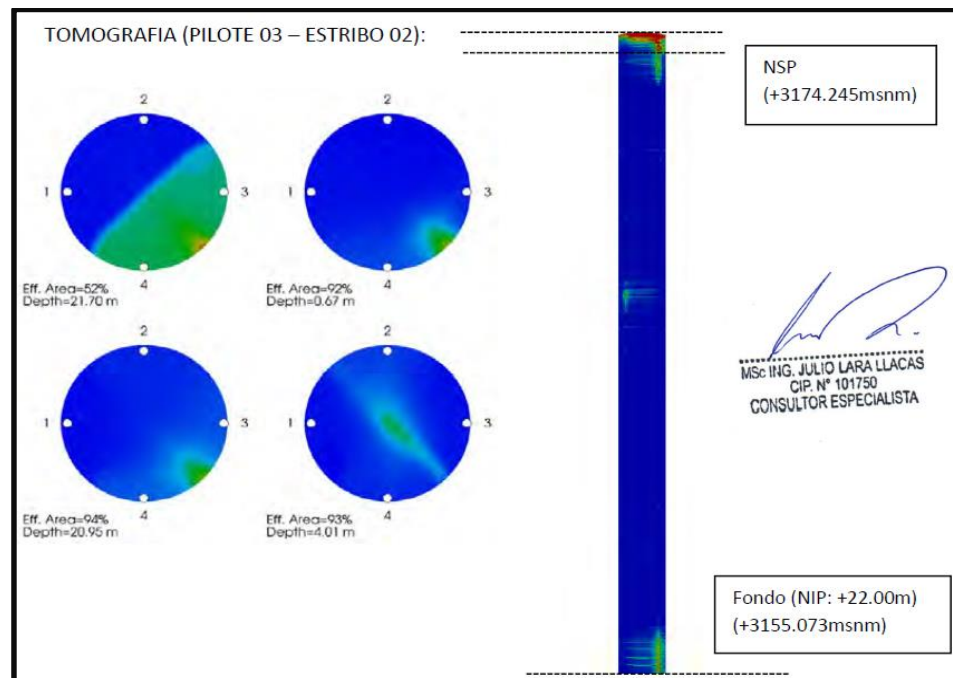


GRÁFICO N° 5.3 Tomografía en toda la sección del pilote 03 - estribo 02.

#### 5.5.4. PILOTE 01, PILA 03:

- a) La cota de la plataforma de trabajo es de 3176.60 msnm y la cota superior del pilote es de 3174.30 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto contaminado de 2.30 m.
- b) El ensayo ha podido instrumentar 28.94 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3147.66 msnm.



- c) El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3174.30 msnm) a 27.00 m (3147.30 msnm).
- d) Anomalía ligera al nivel de 3170.71 msnm representa una reducción de 5% del  $f'c$  en un 30% de la sección transversal y hasta 15% del  $f'c$  en un 5% del área transversal para las diagrfías perimetral 1-2 y 1-4 y la interior 1-3.
- e) Defecto desde 3148.10 msnm al fondo del pilote, representa una reducción de 20% del  $f'c$  en un 95% de la sección transversal.
- f) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3663 m/s.

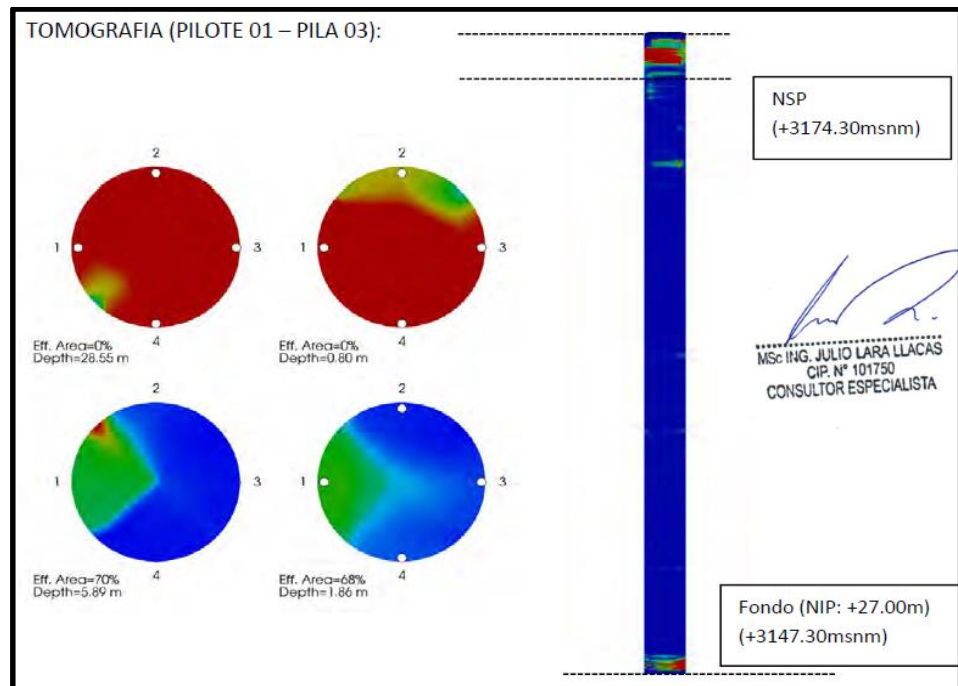


GRÁFICO N° 5.4 Tomografía en toda la sección del pilote 01 - pila 03.

### 5.5.5. PILOTE 02, PILA 03:

- a) La cota de la plataforma de trabajo es de 3176.01 msnm y la cota superior del pilote es de 3174.30 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto contaminado de 2.30 m.

- b) El ensayo ha podido instrumentar 28.36 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3147.65 msnm.
- c) El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3174.30 msnm) a 27.00 m (3147.30 msnm).
- d) Defecto desde 3148.64 msnm al fondo del pilote (1.30 m) representa una reducción de 20% del  $f'c$  en un 65% de la sección transversal, y 70% del  $f'c$  en 22% de la sección transversal.
- e) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3699 m/s.

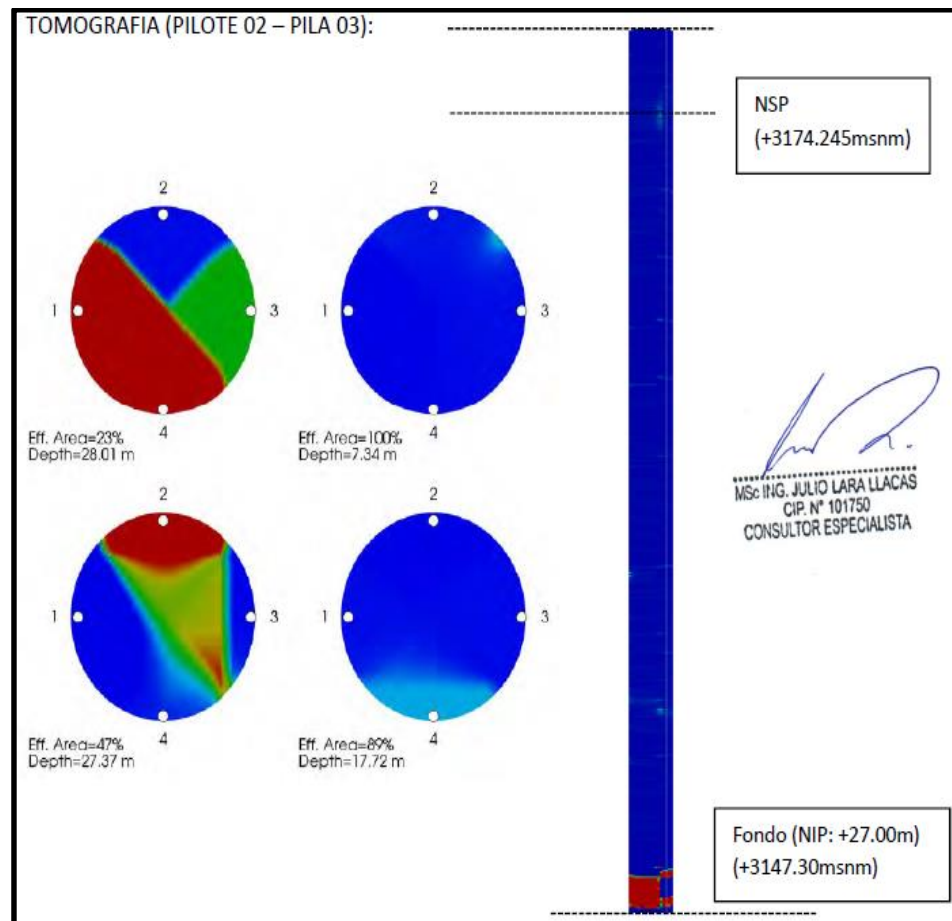


GRÁFICO N° 5.5 Tomografía en toda la sección del pilote 02 - pila 03.

### 5.5.6. PILOTE 03, PILA 03:

- a) La cota de la plataforma de trabajo es de 3175.95 msnm y la cota superior del pilote es de 3174.30 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto contaminado de 1.65 m.
- b) El ensayo ha podido instrumentar 28.28 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3147.67 msnm.
- c) El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3174.30 msnm) a 27.00m (3147.30 msnm).
- d) Anomalía ligera al nivel de 3165.43 msnm representa una reducción de 5% del  $f'c$  en un 30% de la sección transversal, hasta 20% del  $f'c$  en un 15% del área transversal para las diagráfias perimetral 1-2 y 2-3 y la interior 2-4.
- e) Defecto desde 3148.25 msnm al fondo del pilote (0.95m) representa una reducción desde 5% del  $f'c$  en toda la sección transversal, 20% del  $f'c$  en un 85% de la sección transversal y 50% del  $f'c$  en 25% de la sección transversal.
- f) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3830 m/s.

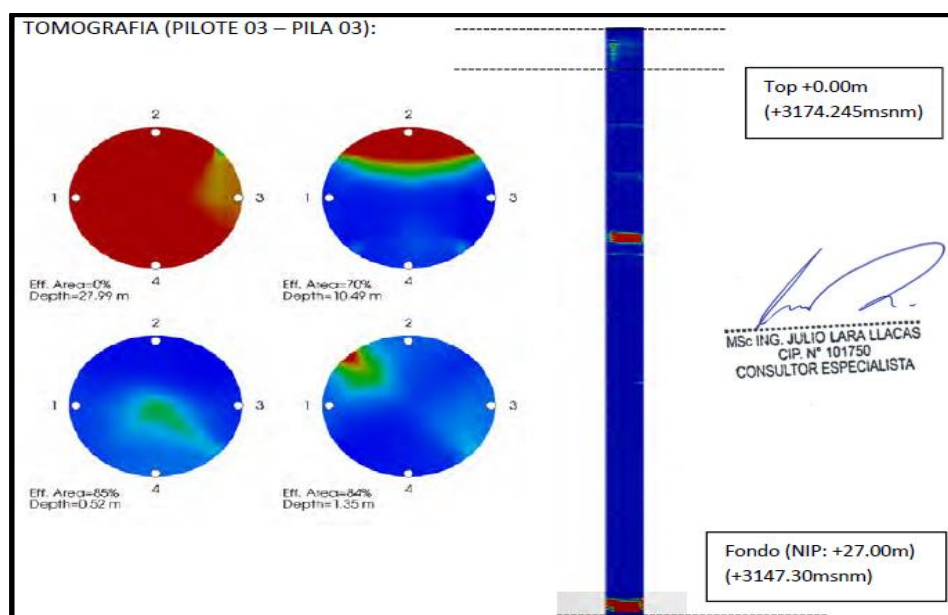


GRÁFICO N° 5.6 Tomografía en toda la sección del pilote 03 -pila 03.

### 5.5.7. PILOTE 04, PILA 03:

- a) La cota de la plataforma de trabajo es de 3175.95 msnm y la cota superior del pilote es de 3174.30 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto dañado de 1.65 m.
- b) El ensayo ha podido instrumentar 28.28 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3147.67 msnm.
- c) El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3174.30 msnm) a 27.00 m (3147.30 msnm). Anomalía ligera al nivel de 3173.09 msnm representa una reducción del 10% del  $f'c$  en un 55% de la sección transversal para las diagráfias perimetrales y la interior 2-4.
- d) Defecto desde 3148.04 msnm al fondo del pilote, representa una reducción de 20% del  $f'c$  entre 25% a 80% de la sección transversal y hasta 65% del  $f'c$  en 34% de la sección transversal.
- e) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3777 m/s.

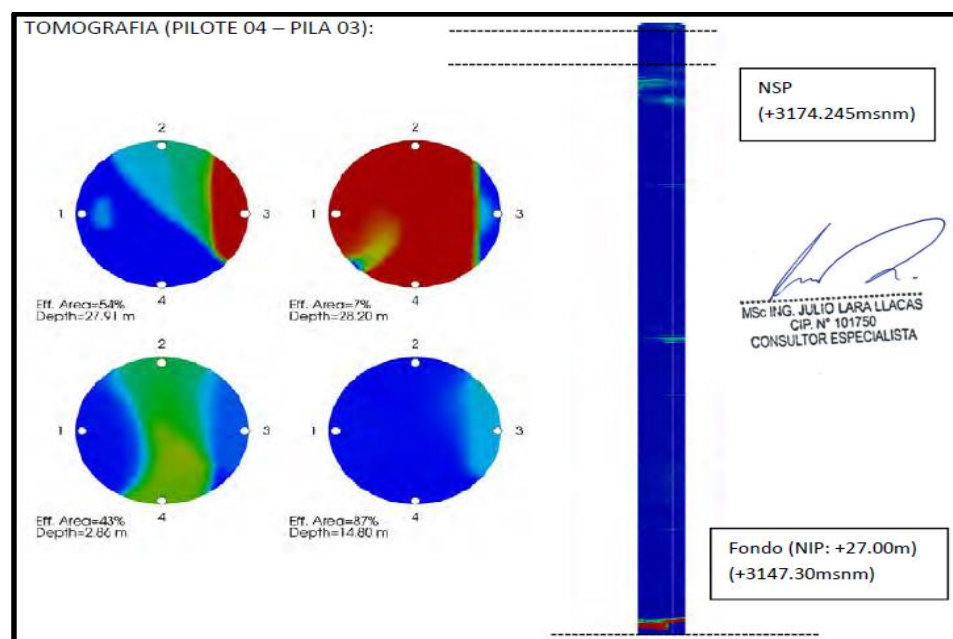


GRÁFICO N° 5.7 Tomografía en toda la sección del pilote 04 - pila 03.

### 5.5.8. PILOTE 04, PILAR 05:

- a) La cota de la plataforma de trabajo es de 3176.74 msnm y la cota superior del pilote es de 3174.245 msnm. Esto considera un posible espacio vacío o concreto dañado de 2.495 m.
- b) El ensayo ha podido instrumentar 24.20 m desde la cota de plataforma de trabajo. Lo que establece que ha podido llegar hasta el fondo del tubo cercano a la cota 3152.245 msnm.
- c) El pilote comprende una sección buena o satisfactoria en toda la longitud efectiva instrumentada desde 0.00 m (3174.245 msnm) a 21.70 m (3152.545 msnm).
- d) Se estima una velocidad de onda promedio del pilote de 3724 m/s.

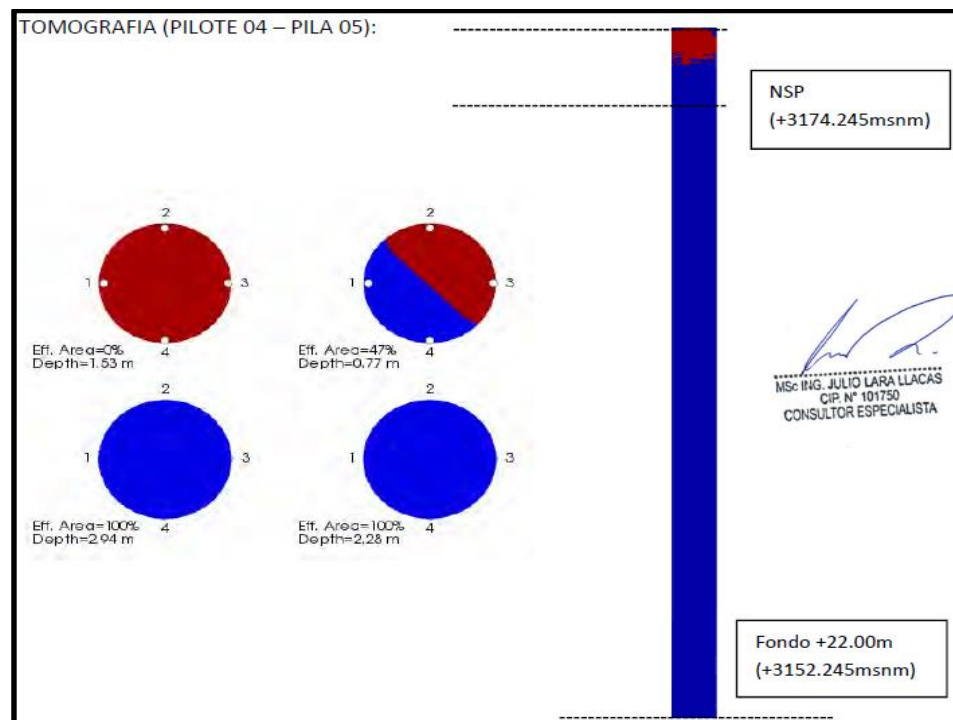


GRÁFICO N° 5.8 Tomografía en toda la sección del pilote 04 - pila 05.

### 5.6. PRUEBA DE CARGA DINÁMICA:

La interpretación de los resultados se hizo en arreglo a la norma ASTM D4945 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations). El mismo concluye que se ha podido activar una carga de 1370 toneladas, lo cual es 1.9 veces la carga última (700 tn) para el pilote

P4-P03, de la misma forma se pudo activar una carga de 1480 toneladas, lo cual es 2.1 veces la carga última (700 tn) para el pilote E2-P02.

Podemos concluir que el ensayo dinámico realizado ha permitido verificar la aptitud de los pilotes para las sollicitaciones de diseño.

### **5.6.1. DISCUSION DE RESULTADOS:**

**a) Sobre el martillo.-** El pilote P4-P03 fue probado dinámicamente.

Durante las pruebas, la energía máxima transferida (EMX) fue de 61 kN-m para la caída de 1.3 metros. La energía máxima transferida para el pilote E1-P02 fue de 159 kN-m para una altura de caída de 2 metros.

**b) Esfuerzos e integridad del pilote.-** Los esfuerzos máximos en la parte superior del pilote (CSX) medidos por el PDA alcanzaron valores máximos de 12 y 17 MPa, para los pilotes P4-P03 y E2-P02, respectivamente. Los valores máximos a tensión alcanzados durante las pruebas de carga dinámica fueron de 4.7 y 4 MPa para los pilotes P4-P03 y E2-P02, respectivamente. No se evidenciaron indicios de daños estructurales en los pilotes al momento de hacer la prueba de carga dinámica.

**c)** La capacidad portante, una vez obtenida la información en campo por el PDA se analizó en el programa CAPWAP. Dicho análisis indica la resistencia estática total del suelo ( $R_u$ ), y la divide por la carga de fricción a lo largo del pilote ( $R_s$ ) y la carga en la punta del pilote ( $R_b$ ). La capacidad última para los P4-P03 y E1-P02 fue de 13700kN y 14800 kN, respectivamente.

**d)** Se evidenciaron asentamientos permanentes durante las pruebas de carga máximos de 1.5 mm (inferiores a 3 mm). Al ser estos asentamientos permanentes residuales relativamente bajos, la carga presentada para este pilote se reporta como una carga activada (especialmente cerca de la punta de los pilotes). Una carga activada o movilizada es una carga inferior a la

resistencia última del pilote. Un mayor marco de carga o un mayor impacto (mayor altura de caída) pudo activar más carga.

## CONCLUSIONES

- 1) El diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto autocompactante mejoró la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo 2017. Se logró resistencias a la compresión hasta de 364.74 kg/cm<sup>2</sup>, superando en 48.87% la resistencia de 245 kg/cm<sup>2</sup> estipulada en las especificaciones del proyecto.
  
- 2) Los aditivos súper plastificantes y retardantes influyeron positivamente en la mezcla de concreto auto compactante para la construcción de pilotes sobre acuíferos. Con el aditivo NEOPLAST 8500 HP empleado en una dosificación del 0.37% del peso del cemento se logró: Concretos con revenimientos de 8" a 10" al ser ensayados con el cono de Abrams, expansiones de flujo con un T50 que fluctúa entre 400 mm y 500 mm de diámetro, resistencias a la compresión de 364.74 kg/cm<sup>2</sup>, velocidades de onda en integridad de pilotes de 3962 m/s, y cargas últimas de 1370 Tn y 1480 Tn respectivamente.
  
- 3) La técnica de colocación del concreto auto compactante tuvo relación directa con la calidad de construcción de pilotes sobre acuíferos. La utilización de la tubería Tremie tipo tolva embudo de 200 mm de diámetro interior, y la técnica de la pelota como instrumento de colocación de concreto amortiguó la caída del concreto en la base del pilote, evitó la segregación del concreto y minimizó su contaminación con lodos, especialmente en la cota nivel de punta del pilote, obteniéndose un concreto íntegro con velocidades de onda de 3962 m/s al ser ensayado con el Crosshole Sonic Logging.



## RECOMENDACIONES

- 1) Usar un diseño de mezcla de concreto auto compactable con relaciones agua cemento menores o iguales a 0.53, en cimentaciones profundas con presencia de acuíferos para lograr resistencias a la compresión que superen la resistencia especificada, se auto compacten en espacios confinados y presenten una sección uniforme en toda la longitud del pilote.
  
- 2) Utilizar el aditivo súper plastificante NEOPLAST 8500 HP en una dosificación del 0.37% del peso del cemento para obtener diseños de mezcla de concretos con: Revenimientos de 8" a 10" al ser ensayados con el cono de Abrams, expansiones de flujo con un T50 que fluctúa entre 400 mm y 500 mm de diámetro, resistencias a la compresión de 364.74 kg/cm<sup>2</sup>, velocidades de onda en integridad de pilotes de 3962 m/s, y cargas últimas de 1370 Tn y 1480 Tn respectivamente.
  
- 3) Utilizar la tubería Tremie tipo tolva embudo de 200 mm de diámetro interior y la técnica de la pelota para colocar concreto en pilotes con presencia de acuíferos porque permite: Amortiguar la caída del concreto en la base del pilote, evita la segregación y minimiza su contaminación con lodos, especialmente en la cota nivel de punta del pilote. Ojo, sólo se debe utilizar el Tremie tipo tornillo en la colocación de concreto cuando el estrato donde se funde el pilote es: Arcilloso, limo arcilloso y no hay presencia de acuíferos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ACI 237R, (2007). "Self Consolidating Concrete". EE.UU.
- 2) ACI 318S-08. "Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural y Comentario". EE.UU.
- 3) Alva Hurtado, Jorge E. (2015). "Diseño de Cimentaciones". Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima Perú.
- 4) Alva Hurtado, Jorge E. (2010). "Cimentaciones Profundas". Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú.
- 5) Alva Hurtado, Jorge E. (2010). "Diseño y Construcción de Cimentaciones Profundas Para Puentes". Universidad Nacional de Ingeniería. Selección de Post Grado. Lima Perú.
- 6) ASTM D 6760, "Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing". EE.UU.
- 7) ASTM D 4945-08, "Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations". EE.UU.
- 8) Cartilla Técnica (2011). "Contribuyendo al Desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico". Lima, Perú.
- 9) De Jesús Nij Patzan, Jesxer Ejau, (2009). "Guia Práctica Para el Cálculo de Capacidad de Carga en Cimentaciones Superficiales, Losas de Cimentación, Pilotes y Pilas Perforadas". El Salvador.
- 10) Gonzales de Vallejo, Luis (2002). "Ingeniería Geológica". Universidad Complutense de Madrid. España.
- 11) Harmsen E. Teodoro (2005). "Diseño de Estructuras de Concreto Armado", cuarta edición. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- 12) <https://upcommons.upc.edu/bitstream>, (2015). "Métodos de Caracterización del Hormigón Autocompactable".
- 13) Huanca Borda, Angel (2012). "Mecánica de Suelos y Cimentaciones". Instituto de Ingeniería Para la Investigación y Desarrollo. Lima Perú.
- 14) Martínez Alfaro, Pedro (2006). "Fundamentos de Hidrogeología". Ediciones Prensa. Barcelona España.
- 15) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). "Manual de Diseño de Puentes". Lima Perú.

- 16)** Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006). “Guía Para Inspección de Puentes”. Lima Perú.
- 17)** NTP 339.218 (2006). “Ensayo de la Columna de Segregación”. Lima Perú.
- 18)** NTP 339.219 (2005). “Ensayo de la Fluidez de Asentamiento”. Lima Perú.
- 19)** NTP 339.220 (2006). “Ensayo de la Fluidez con el Anillo”. Lima Perú.
- 20)** Pineda Vallejo, Hugo Esteban (2003). “Diseño de Mezcla de Concreto Autocompactante”. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú.
- 21)** Reglamento Nacional de Edificaciones. “Norma Técnica E-050 de Suelos y Cimentaciones”. Lima Perú.
- 22)** Reglamento Nacional de Edificaciones. “Norma Técnica E-060 de Concreto Armado”. Lima Perú.
- 23)** Rivva López, Enrique, (2013). “Diseño de Mezclas”. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú.
- 24)** Rivva López, Enrique, (2014). “Concreto de Alta Resistencia”. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima Perú.
- 25)** Rivva López, Enrique, (2010). “Supervisión del Concreto en Obra”. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima Perú.
- 26)** Rodríguez Villegas, Mayra Alejandra; Torpoco Huayllani, Freddy Adrián (2015). “Manual de Construcción e Instalación de Pilotes Según la Práctica de Empresas Especializadas en el Perú”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- 27)** Steven H. Kosmatka y Jussara Tanesi, 2010. “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”. Portland Cement Association, Illinois, EE.UU.
- 28)** Yarasca Cipriano, Rusbel Alberto (2013). “Diseño y Proceso Constructivo de Pilotes en el Puente Comuneros”. Universidad Peruana Los Andes. Huancayo, Perú.
- 29)** WWW.imcyc.com (2006). El ABC del Concreto Auto Compactable.

## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**



MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO DE MEZCLA Y TÉCNICA DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES SOBRE ACUÍFEROS, PUENTE  
COMUNEROS – HUANCAYO 2017

| Problema  | Objetivos   | Hipótesis   | Variables  | Dimensiones   | Indicador   | Metodología   |
|---|---|---|--|---|---|---|
| <p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es el diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto para mejorar la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo?</p>  | <p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Describir cuál es el diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto para mejorar la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo.</p>   | <p><b>Hipótesis general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El diseño de mezcla y técnica de colocación del concreto autocompactante mejorará la construcción de pilotes sobre acuíferos, puente Comuneros - Huancayo.</li> </ul>   | <p><b>Variable Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mezcla de concreto auto compactante.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consistencia de la mezcla de concreto.</li> <li>- Resistencia a la compresión.</li> <li>- Expansión de flujo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulgadas.</li> <li>- f'c en kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- T50 y Tf en mm</li> </ul> | <p><b>Método de investigación:</b><br/>Científico.</p> <p><b>Tipo de investigación:</b><br/>Aplicada.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b><br/>Descriptivo cuantitativo.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b><br/>Experimental</p> <p><b>Población:</b><br/>La población para la presente investigación corresponde a la zona intervenida en la colocación de pilotes en el puente Comuneros, Huancayo Junín. Para el efecto se construyó 26 pilotes en ambas márgenes de la obra, a fin de ser sometidos a pruebas de ensayo.</p> <p><b>Muestra:</b><br/>El tipo de muestreo es no probabilístico dirigido o intencional, y que de acuerdo a los intereses del investigador se tomó una muestra de 8 pilotes de la margen derecha, que corresponden a cada pila y estribo del puente Comuneros, Huancayo Junín.</p> <p><b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</b></p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La entrevista personalizada</li> <li>- Observación.</li> <li>- Observación participante.</li> </ul> <p><b>Procesamiento de la información:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la redacción del informe de tesis se utilizó los softwares: Word, Excel y Power Point.</li> <li>- En el ensayo de Cross Hole Sonic Logging se utilizó el software CHAW v17.020, desarrollado por PILE DYNAMIC INC.</li> <li>- Para el procesamiento de la información del ensayo de carga dinámica, se utilizó el programa CAPWAP (Case</li> </ul> |
| <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿De qué manera influye el aditivo súper plastificante en el concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos?</li> <li>- ¿Cómo es la técnica de colocación del concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos?</li> </ul> | <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicar de qué manera influye el aditivo súper plastificante en el concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos.</li> <li>- Detallar cómo es la técnica de colocación del concreto auto compactante en la construcción de pilotes sobre acuíferos.</li> </ul> | <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los aditivos súper plastificantes influyen positivamente en la mezcla de concreto auto compactante para la construcción de pilotes sobre acuíferos.</li> <li>- La técnica de colocación del concreto auto compactante tiene relación directa con la calidad de construcción de pilotes sobre acuíferos.</li> </ul> | <p><b>Variable dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción de pilotes sobre acuíferos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cross Hole Sonic Logging.</li> <li>- Prueba de carga dinámica.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad de onda en m/s.</li> <li>- Toneladas.</li> </ul>                         | <p><b>Muestra:</b><br/>El tipo de muestreo es no probabilístico dirigido o intencional, y que de acuerdo a los intereses del investigador se tomó una muestra de 8 pilotes de la margen derecha, que corresponden a cada pila y estribo del puente Comuneros, Huancayo Junín.</p> <p><b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</b></p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La entrevista personalizada</li> <li>- Observación.</li> <li>- Observación participante.</li> </ul> <p><b>Procesamiento de la información:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la redacción del informe de tesis se utilizó los softwares: Word, Excel y Power Point.</li> <li>- En el ensayo de Cross Hole Sonic Logging se utilizó el software CHAW v17.020, desarrollado por PILE DYNAMIC INC.</li> <li>- Para el procesamiento de la información del ensayo de carga dinámica, se utilizó el programa CAPWAP (Case</li> </ul>   |



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

|  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  | <p>Pile Wave Analysis Program, se mide la fuerza y velocidad dinámica del pilote).</p> <p><b>Técnicas y análisis de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- En la investigación se ha considerado las etapas de: Pre campo, campo, laboratorio, gabinete y elaboración del informe final de tesis.</li></ul> <p><b>Instrumentos de recolección de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Equipo de cómputo.</li><li>- Memorias USB.</li><li>- Cámara fotográfica.</li><li>- Cono de Abrams.</li><li>- Probetas.</li><li>- Plancha de metálica de 1 m<sup>2</sup> con 3 mm de espesor.</li><li>- Equipo de ensayo de probetas de concreto.</li><li>- Nivel de mano.</li><li>- Flexómetro.</li><li>- Wincha de 60 m.</li><li>- Estación total, trípode, prismas y nivel ojo de pez.</li><li>- Equipo modelo "CHAMP" para Cross Hole Sonic Logging fabricado por Pile Dynamic Inc. de Ohio, Estados Unidos.</li><li>- El sistema PDA: Se compone del Pile Driving Analyzer® Model PAK or Model PAX.</li><li>- Transductor de celda de carga.</li><li>- Maza de 13 toneladas.</li><li>- Marco de izaje de maza y accesorios.</li></ul> |
|--|--|--|--|--|--|---|

**ANEXO B**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**





FOTOGRAFÍA N° 1 Vista general del puente Comunerós inconcluso.



FOTOGRAFÍA N° 2 Vista general del puente Comunerós con los accesos inconclusos.



FOTOGRAFÍA N° 3 Charla de seguridad y motivación antes de iniciar las labores diarias.



FOTOGRAFÍA N° 4 Charla interactiva de primeros auxilios dirigida a todo el personal.





FOTOGRAFÍA N° 5 Labores de trazo y replanteo para la construcción de la obra.



FOTOGRAFÍA N° 6 Apoyo en las labores de trazo y replanteo antes del inicio de la obra.





FOTOGRAFÍA N° 7 Habilitación de las estructuras de acero de refuerzo de los pilotes.



FOTOGRAFÍA N° 8 Colocación de fundas de polietileno en la parte superior del acero para evitar adherencia del concreto durante las labores de descabezado.





FOTOGRAFÍA N° 9 Ductos para la realización del ensayo de Cross Hole Sonic Logging.



FOTOGRAFÍA N° 10 Emboquillado para la unión de los tubos para el ensayo de Cross Hole Sonic Logging.





FOTOGRAFÍA N° 11 Encamizados o ademes de acero que se utilizan en la excavación de los pilotes.



FOTOGRAFÍA N° 12 Detalle del dentado del encamizado que se fundirá conjuntamente con el pilote.





FOTOGRAFÍA N° 13 Fijación del punto de excavación del pilote con el oscilador adherido a la pilotera.



FOTOGRAFÍA N° 14 Izado del ademe o encamizado con apoyo de la grúa de la pilotera.





FOTOGRAFÍA N° 15 Ajuste de la verticalidad del encamizado con el uso de nivel de mano.



FOTOGRAFÍA N° 16 Cuchara de valba semi circular llana y dentada, y trépano.





FOTOGRAFÍA N° 17 Inicio de la excavación del pilote con el uso de cuchara de valba dentada.



FOTOGRAFÍA N° 18 Elevación del nivel piezométrico del agua para estabilizar el flujo e iniciar las labores de colocación del concreto.





FOTOGRAFÍA N° 19 Encamizado fundido en el terreno listo para la colocación del refuerzo de acero y concreto.



FOTOGRAFÍA N° 20 Colocación del refuerzo de acero de los pilotes con apoyo de la grúa de la pilotera.





FOTOGRAFÍA N° 21 Colocación del acero de refuerzo y unión de los ductos para el ensayo de Cross Hole Sonic Logging.



FOTOGRAFÍA N° 22 Encamizado fundido con refuerzo de acero listo para la colocación del concreto.





FOTOGRAFÍA N° 23 Kit de la tubería Tremie.



FOTOGRAFÍA N° 24 Embudo de la tubería Tremie siendo ensamblado para la colocación del concreto.





FOTOGRAFÍA N° 25 Llegada del concreto pre mezclado a la obra.



FOTOGRAFÍA N° 26 Adecuación de un sistema de alta meza para la colocación del concreto.





FOTOGRAFÍA N° 27 Ensayo de revenimiento con el cono de Abrams.



FOTOGRAFÍA N° 28 Determinación de la temperatura del concreto antes de ser colocado en el pilote.





FOTOGRAFÍA N° 29 Toma de muestras del concreto para la realización del ensayo a compresión.

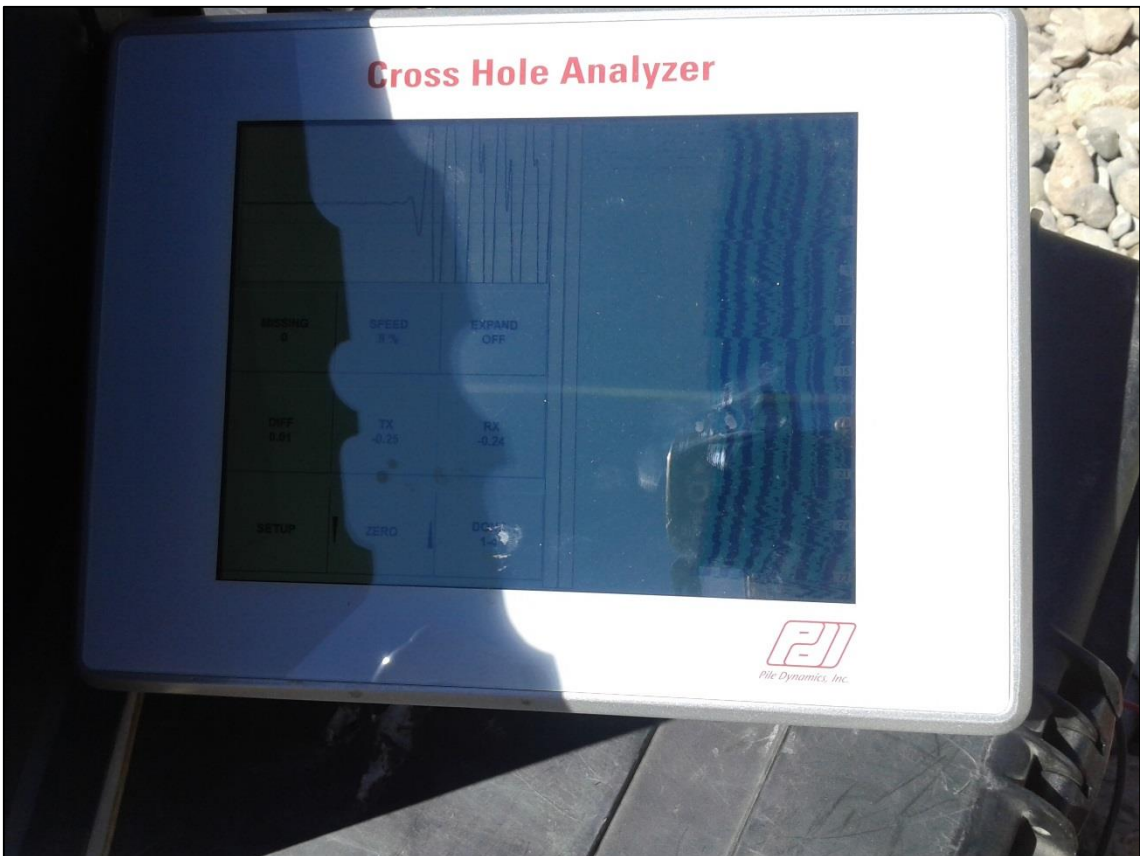


FOTOGRAFÍA N° 30 Colocación del concreto con la tubería Tremie.





FOTOGRAFÍA N° 11 Realización del ensayo de Cross Hole Sonic Logging.



FOTOGRAFÍA N° 32 Graficación tomográfica de los pilotes en toda su sección.





FOTOGRAFÍA N° 33 Extracción del agua expulsada de los acuíferos, para realizar el solado de la zapata de la pila y estribo.



FOTOGRAFÍA N° 34 Extracción del encamizado metálico desde el nivel de base de la zapata.





FOTOGRAFÍA N° 35 Descabezado de los pilotes para proseguir con la construcción de la zapata de la súper estructura.



FOTOGRAFÍA N° 36 Armazón de acero para la realización de la prueba de carga dinámica.





FOTOGRAFÍA N° 37 Realización de la prueba de carga dinámica.



FOTOGRAFÍA N° 38 Colocación de concreto en la zapata de la súper estructura.





FOTOGRAFÍA N° 39 Colocación del concreto en el estribo 2 de la súper estructura.



FOTOGRAFÍA N° 40 Fijación de la base para el aislador sísmico.





FOTOGRAFÍA N° 41 Base fijada del aislador sísmico.



FOTOGRAFÍA N° 42 Colocación de grouting en la base del aislador sísmico.





FOTOGRAFÍA N° 43 Colocación de placa colaborante.



FOTOGRAFÍA N° 44 Aislador sísmico colocado entre el estribo y las vigas de acero que soportan la súper estructura.





FOTOGRAFÍA N° 45 Vista general de las vigas longitudinales y arriostres transversales



FOTOGRAFÍA N° 46 Colocación de la armadura de acero sobre la placa colaborante.





FOTOGRAFÍA N° 47 Colocación del concreto en la construcción de la losa de rodadura.



FOTOGRAFÍA N° 48 Acabado de la losa de rodadura del puente.





FOTOGRAFÍA N° 49 Fijación de los ejes de unión móvil entre el estribo y la losa de rodadura.



FOTOGRAFÍA N° 50 Colocación de la banda de caucho, entre la estructura atirantada y el acceso 1.





FOTOGRAFÍA N° 51 Prueba de carga con camiones de diseño.



FOTOGRAFÍA N° 52 Toma de datos topográficos de la prueba de carga.



FOTOGRAFÍA N° 53 Puente concluido.

## **ANEXO C**

### **REPORTE DE RESISTENCIAS DEL CONCRETO**

OBRA: "CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO MANTARO, DISTRITOS DE CHILCA Y TRES DE DICIEMBRE, PROVINCIAS DE HUANCAYO Y CHUPACA - DEPARTAMENTO DE JUNIN", (Obra Complementaria: CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA LAS RAMPAS DE ACCESO)

ENTIDAD : GOBIERNO REGIONAL DE JUNIN

| N° DE PROBETAS | CODIGO        | DESCRIPCION | FECHA MOLDEADO      | CANTIDAD (M3) | FC Kg/cm2 | COLOCACION | EMPRESA | EDAD 1 DIAS      |          |             |                 | EDAD 3 DIAS      |          |             |                 | EDAD 7 DIAS   |                  |          |             | EDAD 14 DIAS    |               |                  |          | EDAD 28 DIAS |                 |               |                  | ESTADO  |            |             |                 |
|----------------|---------------|-------------|---------------------|---------------|-----------|------------|---------|------------------|----------|-------------|-----------------|------------------|----------|-------------|-----------------|---------------|------------------|----------|-------------|-----------------|---------------|------------------|----------|--------------|-----------------|---------------|------------------|---------|------------|-------------|-----------------|
|                |               |             |                     |               |           |            |         | RESULTADO kg/cm2 | PROMEDIO | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA | RESULTADO kg/cm2 | PROMEDIO | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA | ROTURAS DE C3 | RESULTADO kg/cm2 | PROMEDIO | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA | ROTURAS DE C3 | RESULTADO kg/cm2 | PROMEDIO | % ALCANZADO  | FECHA DE ROTURA | ROTURAS DE C3 | RESULTADO kg/cm2 |         | PROMEDIO   | % ALCANZADO | FECHA DE ROTURA |
| 1              | 12            | PILA 3 P3   | Pila 3 Pílate 3     | 22/06/2017    | 32.00     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 169.16   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 23/06/2017       | 173.55   | 70.84%      | 25/06/2017      | 3.00          | 252.88           | 258.53   | 105.52%     | 29/06/2017      | 3.00          | 310.01           | 304.08   | 124.12%      | 06/07/2017      | 3.00          | 373.22           | 370.04  | 151.04%    | 20/07/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 181.70           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 23/06/2017      | 173.55           | 70.84%   | 25/06/2017  | 3.00            | 265.04        | 242.13           | 98.83%   | 29/06/2017  | 3.00            | 301.08        | 304.08           | 124.12%  | 06/07/2017   | 3.00            | 349.80        | 340.20           | 138.86% | 06/07/2017 | 3.00        | 371.95          |
| 2              | 12            | PILA 3 P1   | Pila 3 Pílate 1     | 24/06/2017    | 31.50     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 170.62   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 25/06/2017       | 173.28   | 70.73%      | 27/06/2017      | 3.00          | 244.40           | 287.19   | 117.22%     | 01/07/2017      | 3.00          | 293.04           | 304.78   | 124.40%      | 08/07/2017      | 3.00          | 386.31           | 383.86  | 156.68%    | 22/07/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 180.47           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 25/06/2017      | 173.28           | 70.73%   | 27/06/2017  | 3.00            | 277.63        | 262.70           | 107.22%  | 01/07/2017  | 3.00            | 302.33        | 324.90           | 132.61%  | 08/07/2017   | 3.00            | 328.80        | 324.90           | 132.61% | 08/07/2017 | 3.00        | 391.13          |
| 3              | 12            | PILA 3 P4   | Pila 3 Pílate 4     | 27/06/2017    | 31.50     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 153.79   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 28/06/2017       | 163.65   | 66.79%      | 30/06/2017      | 3.00          | 240.80           | 226.27   | 92.36%      | 04/07/2017      | 3.00          | 279.04           | 273.59   | 111.67%      | 11/07/2017      | 3.00          | 354.30           | 353.31  | 144.21%    | 25/07/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 168.61           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 28/06/2017      | 163.65           | 66.79%   | 30/06/2017  | 3.00            | 229.34        | 236.93           | 96.71%   | 04/07/2017  | 3.00            | 272.23        | 305.33           | 124.63%  | 11/07/2017   | 3.00            | 328.80        | 341.13           | 139.24% | 25/07/2017 | C           |                 |
| 4              | 12            | PILA 5 P4   | Pila 5 Pílate 4     | 28/06/2017    | 30.00     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 208.07   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 29/06/2017       | 182.26   | 74.39%      | 01/07/2017      | 3.00          | 269.73           | 274.23   | 111.93%     | 05/07/2017      | 3.00          | 296.14           | 289.80   | 118.28%      | 12/07/2017      | 3.00          | 382.14           | 376.54  | 153.69%    | 26/07/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 172.02           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 29/06/2017      | 182.26           | 74.39%   | 01/07/2017  | 3.00            | 253.30        | 257.57           | 105.13%  | 05/07/2017  | 3.00            | 276.60        | 281.63           | 114.95%  | 12/07/2017   | 3.00            | 302.59        | 306.10           | 124.63% | 12/07/2017 | 3.00        | 374.50          |
| 5              | 12            | PILA 3 P2   | Pila 3 Pílate 2     | 30/06/2017    | 31.00     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 154.09   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 01/07/2017       | 165.88   | 67.70%      | 03/07/2017      | 3.00          | 240.60           | 239.28   | 97.66%      | 07/07/2017      | 3.00          | 295.25           | 288.39   | 117.71%      | 14/07/2017      | 3.00          | 375.66           | 375.08  | 153.10%    | 28/07/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 170.01           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 01/07/2017      | 165.88           | 67.70%   | 03/07/2017  | 3.00            | 242.20        | 231.90           | 94.65%   | 07/07/2017  | 3.00            | 272.10        | 320.90           | 130.98%  | 14/07/2017   | 3.00            | 317.50        | 307.10           | 124.63% | 14/07/2017 | 3.00        | 363.00          |
| 6              | 12            | E2 P3       | Estribo E2 Pílate 3 | 03/07/2017    | 26.00     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 182.48   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 04/07/2017       | 182.52   | 74.50%      | 06/07/2017      | 3.00          | 249.94           | 254.26   | 103.78%     | 10/07/2017      | 3.00          | 297.58           | 303.00   | 123.67%      | 17/07/2017      | 3.00          | 396.86           | 390.49  | 159.39%    | 31/07/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 185.27           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 04/07/2017      | 182.52           | 74.50%   | 06/07/2017  | 3.00            | 257.12        | 241.70           | 96.65%   | 10/07/2017  | 3.00            | 307.07        | 312.57           | 127.58%  | 17/07/2017   | 3.00            | 343.65        | 382.77           | 156.23% | 31/07/2017 | C           |                 |
| 7              | 12            | E2 P2       | Estribo E2 Pílate 2 | 04/07/2017    | 26.00     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 169.19   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 05/07/2017       | 177.19   | 72.32%      | 07/07/2017      | 3.00          | 270.41           | 267.92   | 109.35%     | 11/07/2017      | 3.00          | 306.77           | 311.12   | 126.99%      | 18/07/2017      | 3.00          | 405.23           | 395.00  | 161.22%    | 01/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 172.81           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 05/07/2017      | 177.19           | 72.32%   | 07/07/2017  | 3.00            | 272.63        | 247.57           | 101.05%  | 11/07/2017  | 3.00            | 312.97        | 314.97           | 128.56%  | 18/07/2017   | 3.00            | 349.80        | 368.27           | 150.31% | 01/08/2017 | C           |                 |
| 8              | 12            | E2 P1       | Estribo E2 Pílate 1 | 05/07/2017    | 26.50     | 245        | DIRECTO | GOVIL SAC        | 174.60   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 06/07/2017       | 179.29   | 73.18%      | 08/07/2017      | 3.00          | 297.36           | 301.93   | 123.24%     | 12/07/2017      | 3.00          | 343.48           | 343.15   | 140.06%      | 19/07/2017      | 3.00          | 448.79           | 438.80  | 179.10%    | 02/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 189.93           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 06/07/2017      | 179.29           | 73.18%   | 08/07/2017  | 3.00            | 243.40        | 243.93           | 99.56%   | 12/07/2017  | 3.00            | 306.10        | 311.77           | 127.25%  | 19/07/2017   | 3.00            | 372.90        | 376.37           | 153.62% | 02/08/2017 | C           |                 |
| 9              | 12            | PILA 4 P3   | Pila 4 Pílate 3     | 11/07/2017    | 32.00     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 155.16   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 12/07/2017       | 157.37   | 64.23%      | 14/07/2017      | 3.00          | 224.80           | 232.71   | 94.98%      | 18/07/2017      | 3.00          | 278.15           | 295.08   | 120.44%      | 25/07/2017      | 3.00          | 369.45           | 365.74  | 149.28%    | 08/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 161.00           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 12/07/2017      | 157.37           | 64.23%   | 14/07/2017  | 3.00            | 227.70        | 229.10           | 93.51%   | 18/07/2017  | 3.00            | 299.95        | 296.37           | 120.97%  | 25/07/2017   | 3.00            | 353.41        | 376.57           | 153.70% | 08/08/2017 | C           |                 |
| 10             | 12            | PILA 5 P3   | Pila 5 Pílate 3     | 14/07/2017    | 26.00     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 165.91   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 15/07/2017       | 168.47   | 68.76%      | 17/07/2017      | 3.00          | 225.02           | 233.47   | 95.29%      | 21/07/2017      | 3.00          | 284.81           | 296.38   | 120.97%      | 28/07/2017      | 3.00          | 362.17           | 361.43  | 147.52%    | 11/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 174.23           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 15/07/2017      | 168.47           | 68.76%   | 17/07/2017  | 3.00            | 246.80        | 252.33           | 102.99%  | 21/07/2017  | 3.00            | 299.60        | 295.17           | 120.48%  | 28/07/2017   | 3.00            | 391.90        | 382.83           | 156.26% | 11/08/2017 | C           |                 |
| 11             | 12            | PILA 4 P1   | Pila 4 Pílate 1     | 17/07/2017    | 32.00     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 173.36   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 18/07/2017       | 171.74   | 70.10%      | 20/07/2017      | 3.00          | 240.46           | 236.96   | 96.72%      | 24/07/2017      | 3.00          | 304.53           | 293.14   | 120.46%      | 31/07/2017      | 3.00          | 375.94           | 366.26  | 149.49%    | 14/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 180.78           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 18/07/2017      | 171.74           | 70.10%   | 20/07/2017  | 3.00            | 232.07        | 233.83           | 95.44%   | 24/07/2017  | 3.00            | 293.50        | 297.33           | 121.36%  | 31/07/2017   | 3.00            | 359.59        | 377.90           | 154.34% | 14/08/2017 | C           |                 |
| 12             | 12            | PILA 5 P2   | Pila 5 Pílate 2     | 20/07/2017    | 30.00     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 168.57   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 21/07/2017       | 169.00   | 68.98%      | 23/07/2017      | 3.00          | 219.48           | 232.21   | 94.78%      | 27/07/2017      | 3.00          | 305.97           | 305.70   | 124.78%      | 03/08/2017      | 3.00          | 382.43           | 366.92  | 149.76%    | 17/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 169.81           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 21/07/2017      | 169.00           | 68.98%   | 23/07/2017  | 3.00            | 236.74        | 255.50           | 104.29%  | 27/07/2017  | 3.00            | 304.59        | 305.03           | 124.50%  | 03/08/2017   | 3.00            | 366.96        | 355.87           | 145.25% | 17/08/2017 | C           |                 |
| 13             | 12            | PILA 5 P1   | Pila 5 Pílate 1     | 22/07/2017    | 26.00     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 153.64   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 23/07/2017       | 158.84   | 64.83%      | 25/07/2017      | 3.00          | 252.29           | 249.44   | 101.81%     | 29/07/2017      | 3.00          | 304.60           | 303.39   | 123.83%      | 05/08/2017      | 3.00          | 369.45           | 363.39  | 148.32%    | 19/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 164.62           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 23/07/2017      | 158.84           | 64.83%   | 25/07/2017  | 3.00            | 247.00        | 252.27           | 102.97%  | 29/07/2017  | 3.00            | 305.40        | 314.93           | 128.54%  | 05/08/2017   | 3.00            | 377.10        | 375.73           | 153.36% | 19/08/2017 | C           |                 |
| 14             | 12            | PILA 4 P4   | Pila 4 Pílate 4     | 26/07/2017    | 31.50     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 161.72   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 27/07/2017       | 165.63   | 67.61%      | 29/07/2017      | 3.00          | 246.57           | 246.45   | 100.59%     | 02/08/2017      | 3.00          | 310.42           | 305.63   | 124.75%      | 09/08/2017      | 3.00          | 374.86           | 368.99  | 150.61%    | 23/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 169.35           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 27/07/2017      | 165.63           | 67.61%   | 29/07/2017  | 3.00            | 247.50        | 248.67           | 101.50%  | 02/08/2017  | 3.00            | 309.80        | 319.23           | 130.30%  | 09/08/2017   | 3.00            | 338.00        | 340.33           | 138.91% | 23/08/2017 | C           |                 |
| 15             | 12            | PILA 4 P2   | Pila 4 Pílate 2     | 02/08/2017    | 31.50     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 161.86   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 03/08/2017       | 164.94   | 67.32%      | 05/08/2017      | 3.00          | 248.42           | 247.61   | 101.07%     | 09/08/2017      | 3.00          | 306.57           | 309.26   | 126.23%      | 16/08/2017      | 3.00          | 375.23           | 376.94  | 153.85%    | 30/08/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 167.56           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | 03/08/2017      | 164.94           | 67.32%   | 05/08/2017  | 3.00            | 237.00        | 248.93           | 101.61%  | 09/08/2017  | 3.00            | 304.42        | 300.20           | 122.53%  | 16/08/2017   | 3.00            | 374.50        | 329.47           | 134.48% | 30/08/2017 | C           |                 |
| 16             | 12            | E1 P1       | Estribo 1 P1        | 11/08/2017    | 30.50     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 174.70   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | #REF!            | 177.96   | #REF!       | 14/08/2017      | 3.00          | 252.27           | 256.25   | #REF!       | 18/08/2017      | 3.00          | 318.96           | 321.13   | #REF!        | 25/08/2017      | 3.00          | 387.89           | 374.96  | #REF!      | 08/09/2017  | C               |
|                | C3 INGENIERIA |             |                     |               |           |            |         | 179.43           | #DIV/0!  | #DIV/0!     | #REF!           | 177.96           | #REF!    | 14/08/2017  | 3.00            | 245.90        | 247.20           | #REF!    | 18/08/2017  | 3.00            | 300.00        | 299.60           | #REF!    | 25/08/2017   | 3.00            | 325.70        | 330.80           | #REF!   | 08/09/2017 | C           |                 |
| 17             | 12            | E1 P3       | Estribo 1 P3        | 12/08/2017    | 30.50     | 245        | BOMBEO  | GOVIL SAC        | 158.98   | #DIV/0!     | #DIV/0!         | 13/08/2017       | 156.04   | 63.69%      | 15/08/2017      | 3.00          | 268.00           | 263.80   | 107.67%     | 19/08/2017      | 3.00          | 336.16           | 3        |              |                 |               |                  |         |            |             |                 |



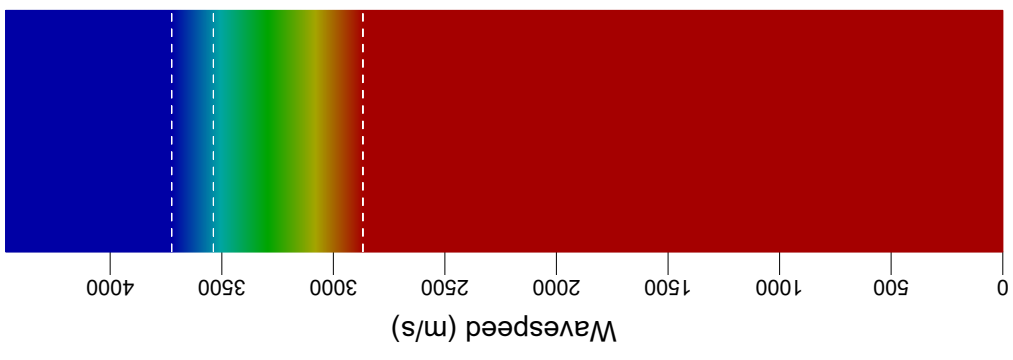
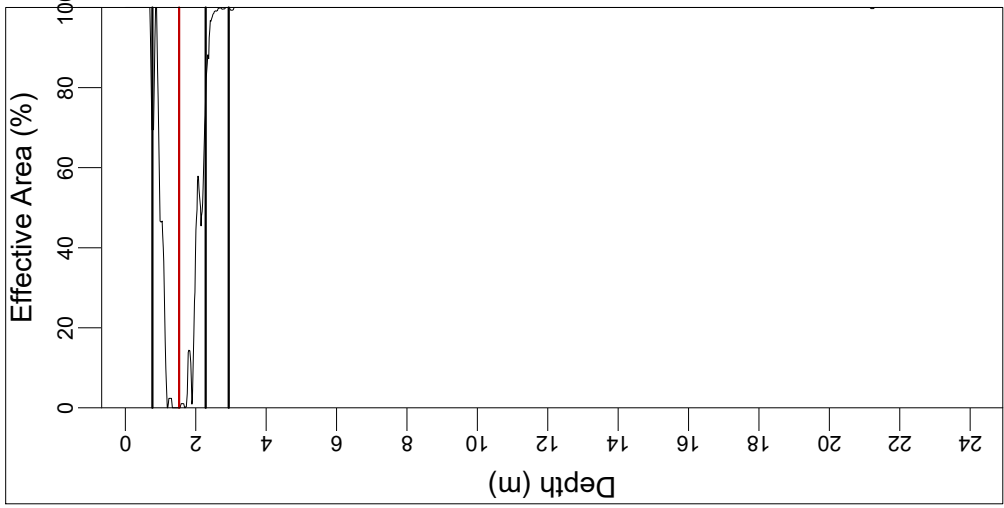
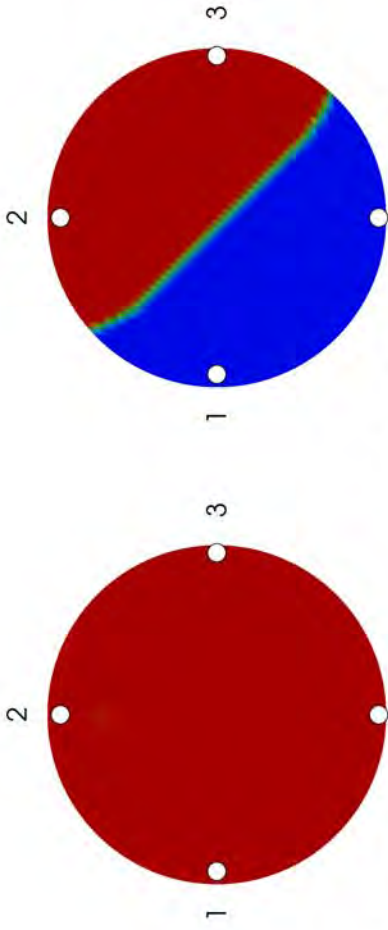
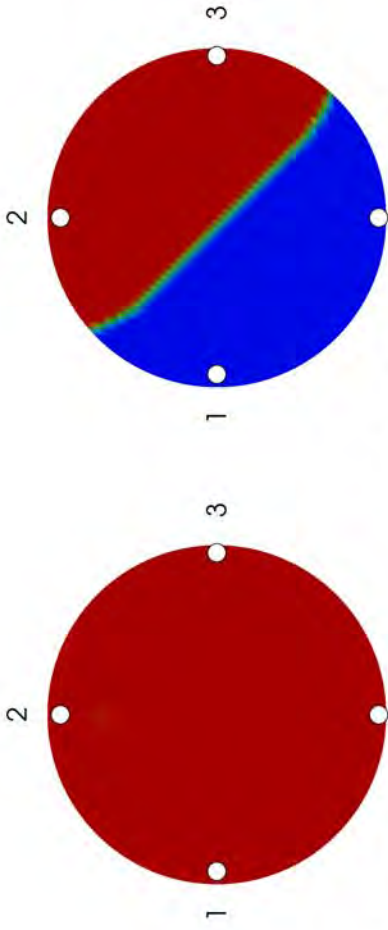
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
|----|----|--------|-------------|------------|-------|-----|-----------|---------------|---------|---------|------------|--------|---------|---------|------------|--------|--------|---------|------------|--------|--------|---------|------------|--------|--------|---------|------------|---|
| 19 | 9  | E1 P2  | Escrbo 1 P2 | 19/08/2017 | 31.50 | 245 | BOMBREADO | C3 INGENIERIA | #DIV/0! | #DIV/0! | 20/08/2017 | 173.85 | #DIV/0! | #DIV/0! | 22/08/2017 | 230.82 | 235.67 | 96.19%  | 26/08/2017 | 323.01 | 307.83 | 125.65% | 02/09/2017 | 389.77 |        |         |            |   |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
| 20 | 12 | PILA 1 | Pila 1 P4   | 22/08/2017 | 30.00 | 245 | directo   | GOVIL SAC     | #DIV/0! | #DIV/0! | 23/08/2017 | 174.99 | 165.94  | 67.73%  | 25/08/2017 | 238.29 | 235.90 | 96.29%  | 29/08/2017 | 290.08 | 291.56 | 119.01% | 05/09/2017 | 362.17 | 360.05 | 146.96% | 19/09/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
| 21 | 9  | PILA 1 | PILA 1 P1   | 24/08/2017 | 30.00 | 245 | directo   | C3 INGENIERIA | #DIV/0! | #DIV/0! | 25/08/2017 | 170.00 | 170.95  | 69.77%  | 27/08/2017 | 232.67 | 239.10 | 97.59%  | 29/08/2017 | 291.61 | 306.70 | 125.18% | 05/09/2017 | 367.15 | 368.00 | 150.20% | 19/09/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
| 22 | 12 | PILA 1 | PILA 1 P2   | 28/08/2017 | 30.00 | 245 | directo   | GOVIL SAC     | #DIV/0! | #DIV/0! | 29/08/2017 | 174.70 | 169.88  | 69.34%  | 31/08/2017 | 240.10 | 248.94 | 101.61% | 04/09/2017 | 312.67 | 317.79 | 129.71% | 11/09/2017 | 352.07 | 372.66 | 152.11% | 25/09/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
| 23 | 9  | PILA 2 | PILA 2 P4   | 31/08/2017 | 32.00 | 245 | DIRECTO   | C3 INGENIERIA | #DIV/0! | #DIV/0! | 01/09/2017 | 168.14 | 171.67  | 70.07%  | 03/09/2017 | 242.70 | 238.75 | 97.45%  | 07/09/2017 | 309.90 | 322.79 | 131.75% | 14/09/2017 | 356.90 | 381.35 | 155.65% | 28/09/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
| 24 | 12 | PILA 2 | PILA 2 P3   | 06/09/2017 | 32.00 | 245 | DIRECTO   | GOVIL SAC     | #DIV/0! | #DIV/0! | 07/09/2017 | 179.44 | 170.81  | 69.72%  | 09/09/2017 | 242.80 | 250.18 | 102.11% | 13/09/2017 | 323.15 | 333.03 | 135.93% | 20/09/2017 | 369.18 | 401.12 | 163.72% | 04/10/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
| 25 | 9  | PILA 2 | PILA 2 P2   | 11/09/2017 | 31.00 | 245 | DIRECTO   | C3 INGENIERIA | #DIV/0! | #DIV/0! | 07/09/2017 | 164.60 | 167.82  | 68.58%  | 14/09/2017 | 219.00 | 222.00 | 90.61%  | 13/09/2017 | 298.20 | 296.63 | 121.07% | 20/09/2017 | 383.30 | 375.70 | 153.35% | 04/10/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
| 26 | 12 | PILA 2 | PILA 2 P1   | 14/09/2017 | 29.40 | 245 | DIRECTO   | GOVIL SAC     | #DIV/0! | #DIV/0! | 12/09/2017 | 171.35 | 177.32  | 72.38%  | 17/09/2017 | 236.23 | 243.86 | 99.53%  | 21/09/2017 | 320.44 | 312.37 | 127.50% | 28/09/2017 | 374.36 | 364.21 | 148.66% | 12/10/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |
|    | 9  |        |             |            |       |     |           | C3 INGENIERIA | #DIV/0! | #DIV/0! | 15/09/2017 | 180.36 | 177.32  | 72.38%  | 17/09/2017 | 237.10 | 236.30 | 96.45%  | 21/09/2017 | 323.10 | 323.60 | 132.08% | 28/09/2017 | 373.00 | 373.67 | 152.52% | 12/10/2017 | C |
|    |    |        |             |            |       |     |           |               |         |         |            |        |         |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |        |        |         |            |   |

CANTIDAD DE CONCRETO 780.40 245

**ANEXO D**

**INFORME DE CROSS HOLE SONIC LOGGING**

Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: P4 PILA 05 - LADO DERECHO  
 Pile Name: P4 PILA5  
 Pile Length=21 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUN 6, 2017

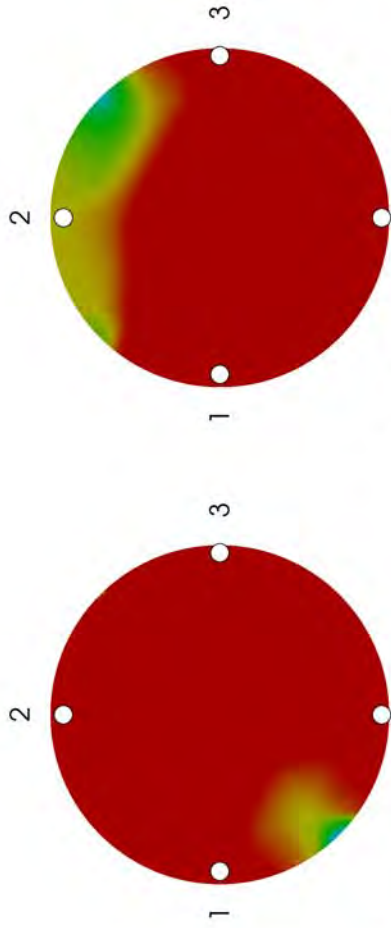


Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user by the user, 3538 m/s



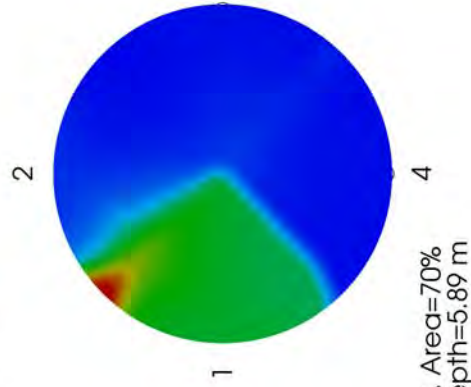


Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: RAMPAS PARA EL PUENTE SOBRE EL RIO MANTARO - HUANCAYO  
 Pile Name: PILA 3 - PILOTE 01  
 Pile Length=27 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUN 29, 2017



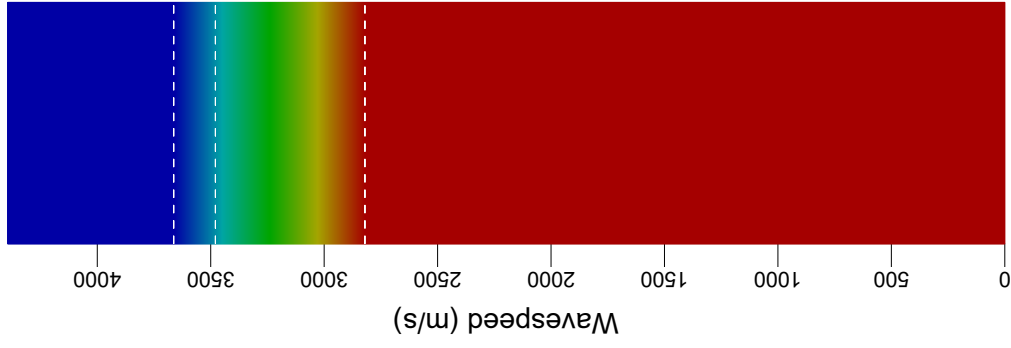
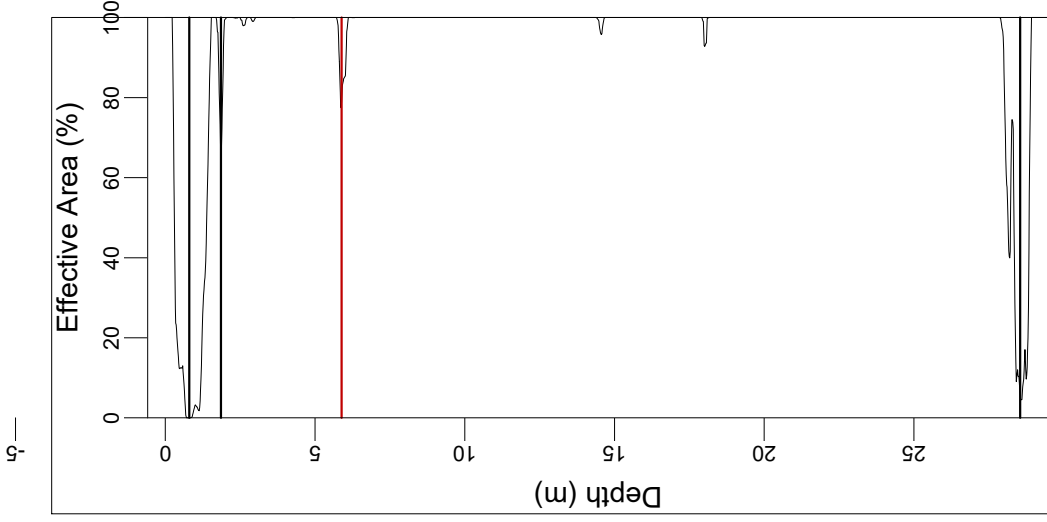
Eff. Area=0%  
 Depth=28.55 m

Eff. Area=0%  
 Depth=0.80 m



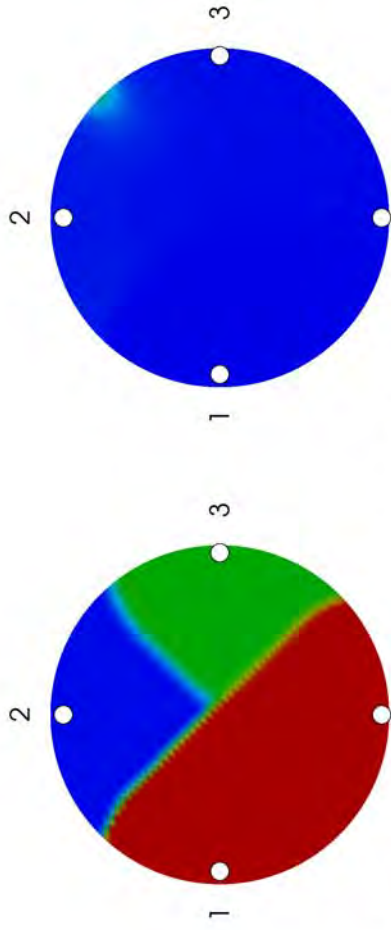
Eff. Area=70%  
 Depth=5.89 m

Eff. Area=68%  
 Depth=1.86 m

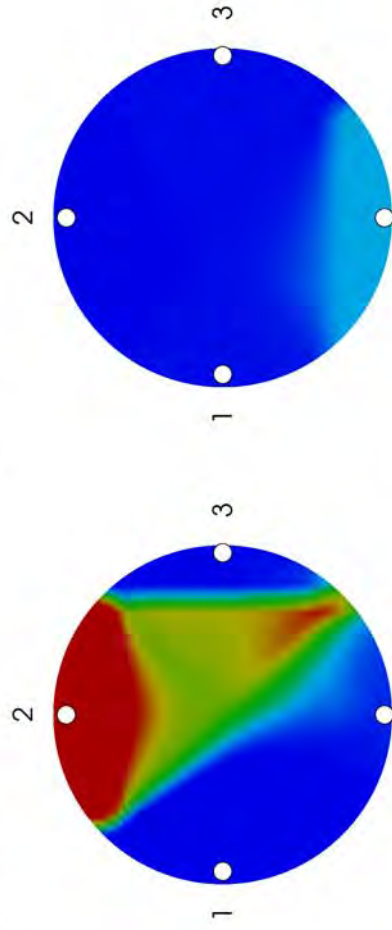


Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user, 3480 m/s

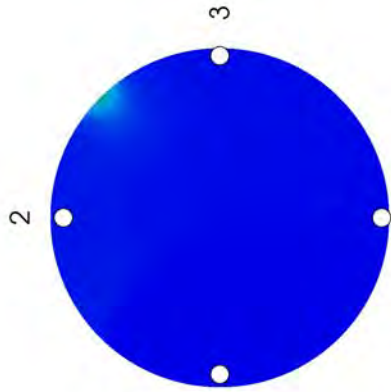
Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: RAMPAS PARA PUENTE SOBRE RIO MANTARO - HUANCAYO  
 Pile Name: PILA 3 - PILOTE O2  
 Pile Length=27 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUN 30, 2017



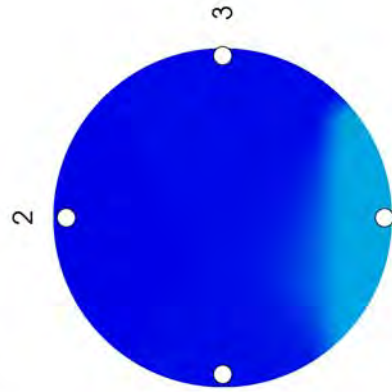
Eff. Area=23%  
 Depth=28.01 m



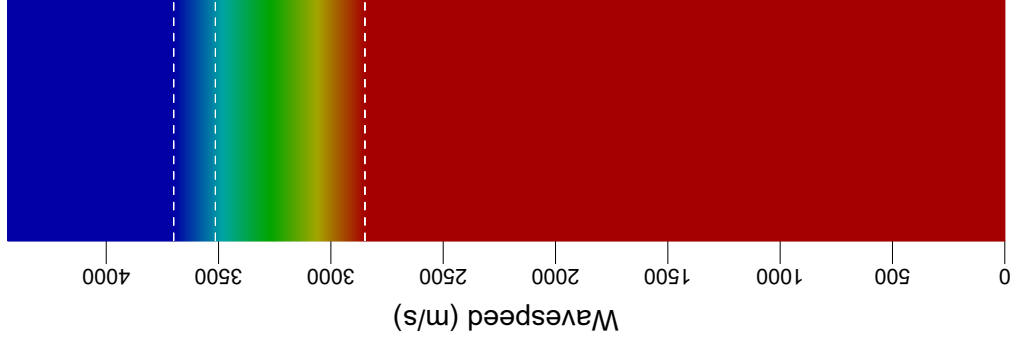
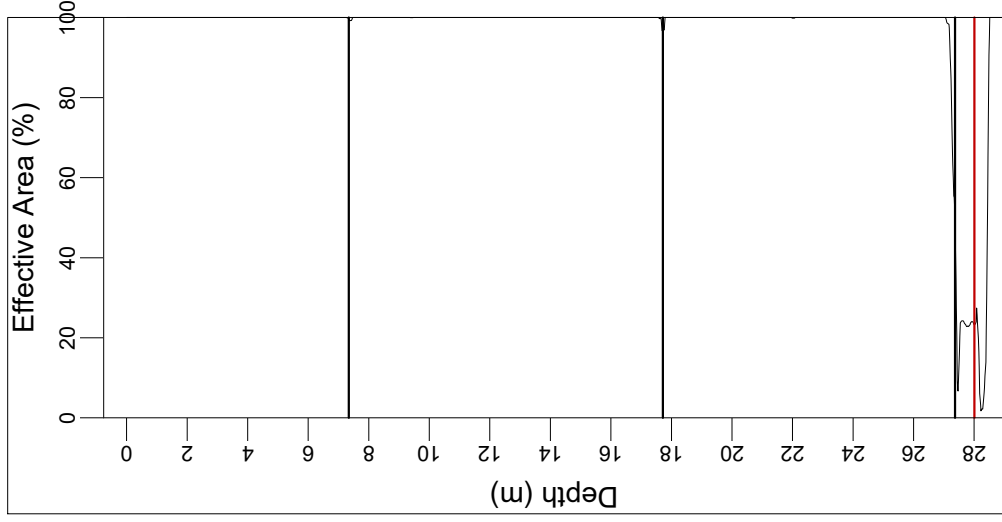
Eff. Area=47%  
 Depth=27.37 m



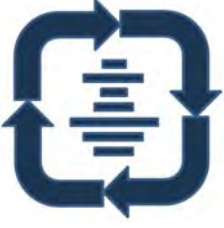
Eff. Area=100%  
 Depth=7.34 m



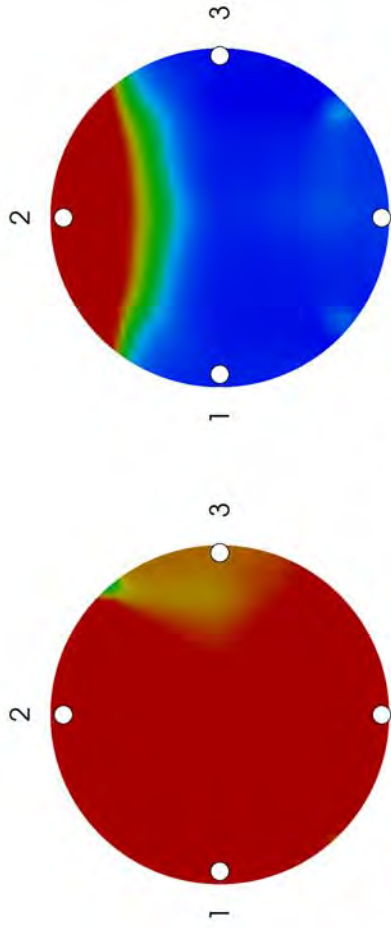
Eff. Area=89%  
 Depth=17.72 m



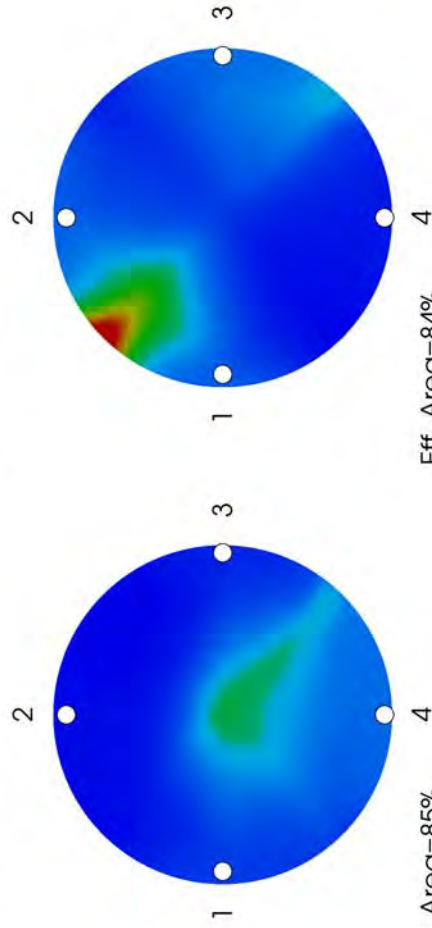
Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user by the user, 3514 m/s



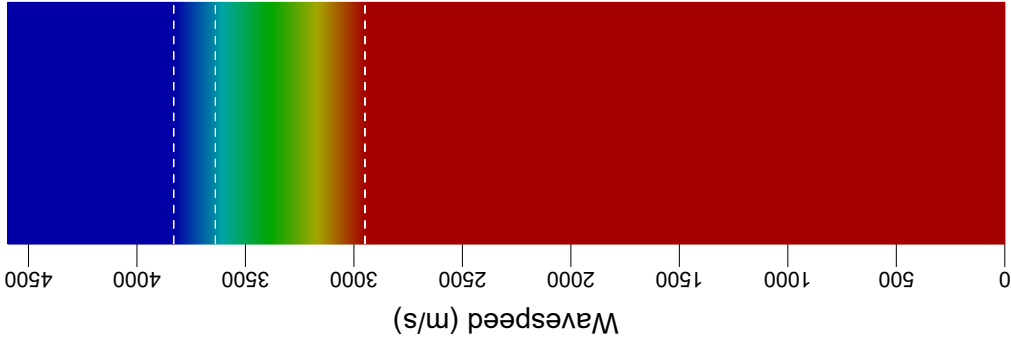
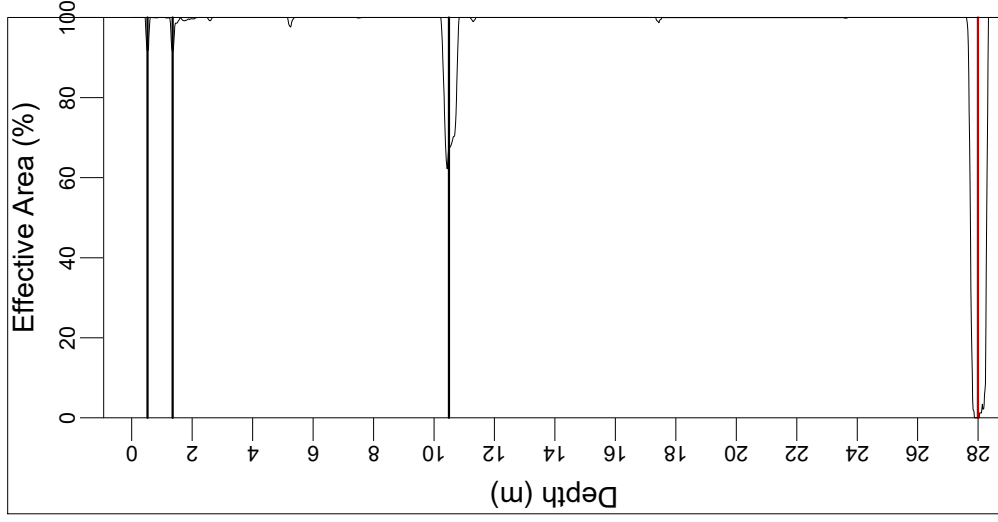
Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: RAMPAS PARA PUENTE SOBRE RIO MANTARO - HUANCAYO  
 Pile Name: PILA 3 - PILOTE O3  
 Pile Length=27 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUN 22, 2017



Eff. Area=0%  
 Depth=27.99 m



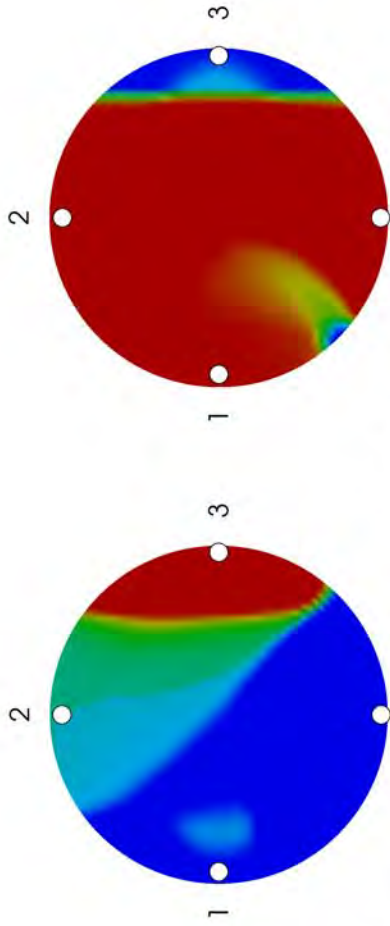
Eff. Area=85%  
 Depth=0.52 m



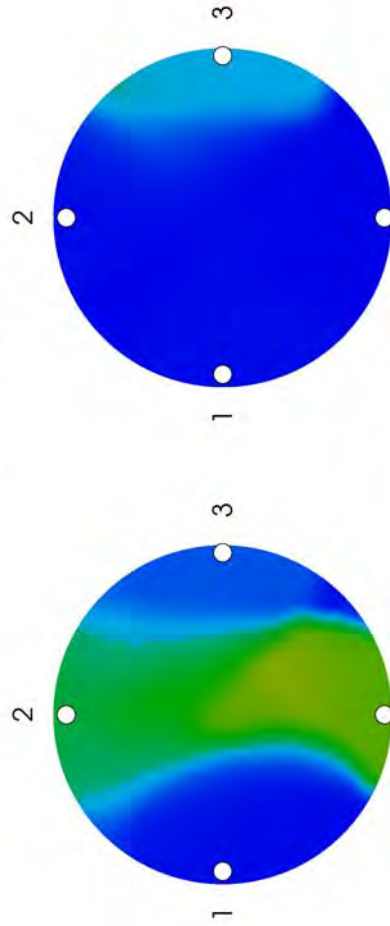
Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user by the user, 3639 m/s



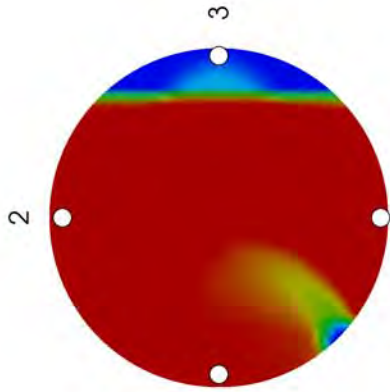
Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: RAMPAS PARA PUENTE SOBRE RIO MANTARO - HUANCAYO  
 Pile Name: PILA 3 - PILOTE 04  
 Pile Length=27 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUN 27, 2017



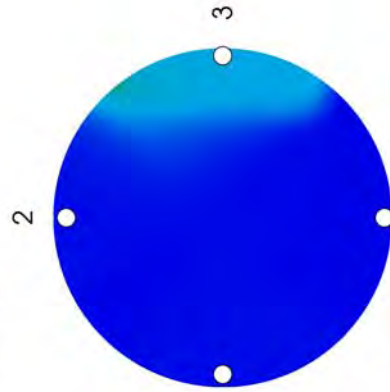
Eff. Area=54%  
 Depth=27.91 m



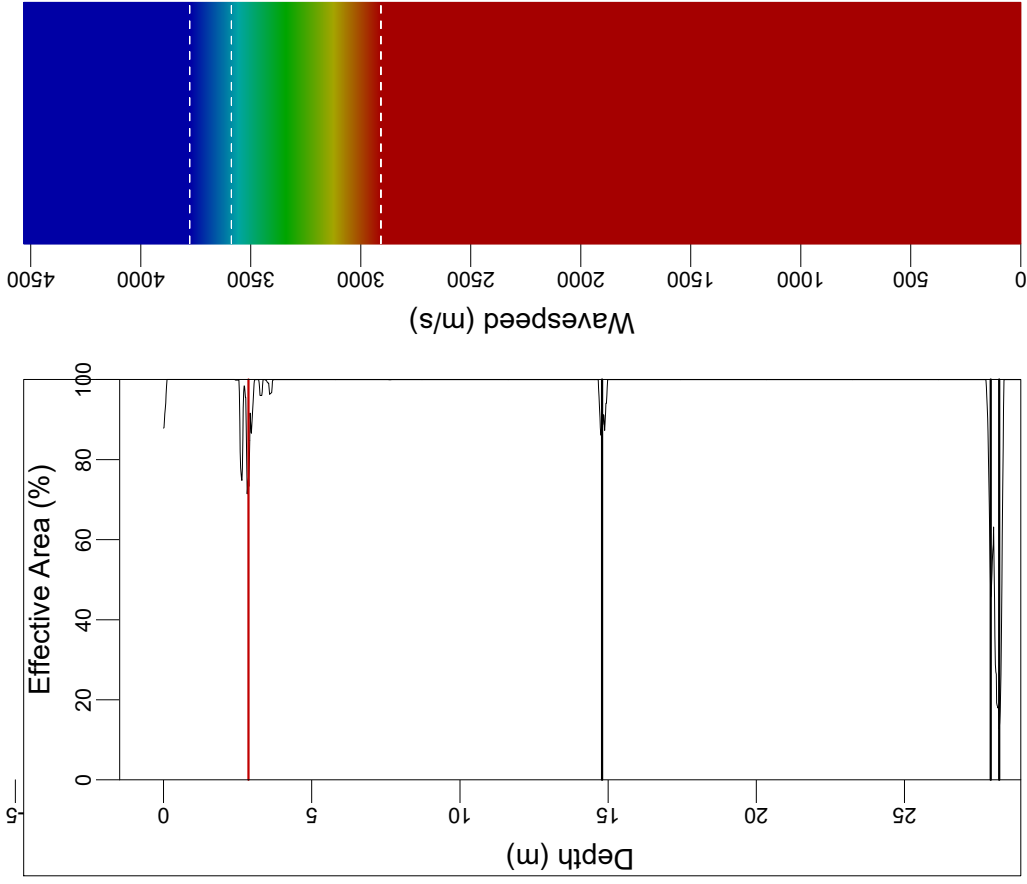
Eff. Area=43%  
 Depth=2.86 m



Eff. Area=7%  
 Depth=28.20 m



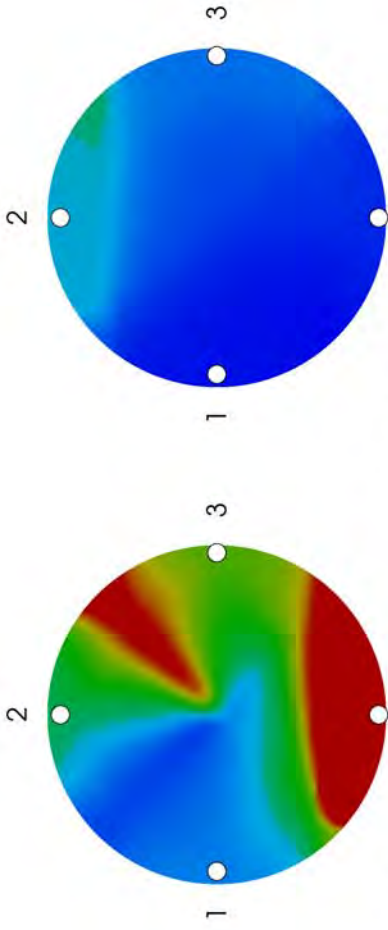
Eff. Area=87%  
 Depth=14.80 m



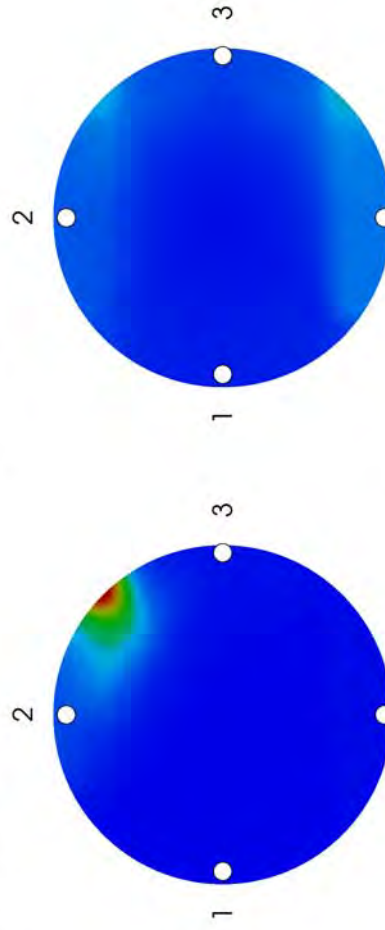
Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user, 3588 m/s



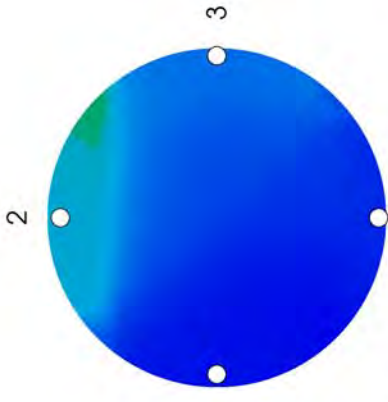
Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: RAMPAS DEL PUENTE SOBRE RIO MANTARO - HUANCAYO  
 Pile Name: ESTRIBO 02 - PILOTE 01  
 Pile Length=22 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUL 5, 2017



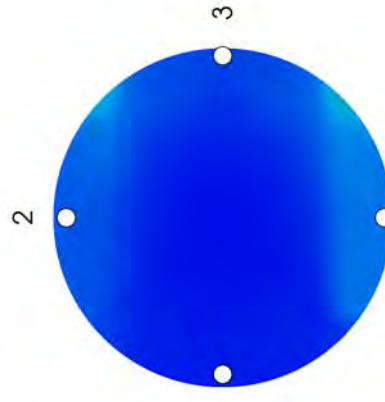
Eff. Area=45%  
 Depth=0.38 m



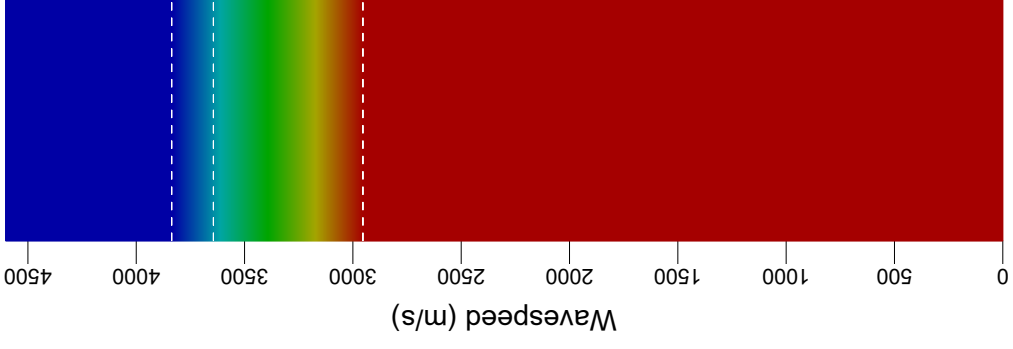
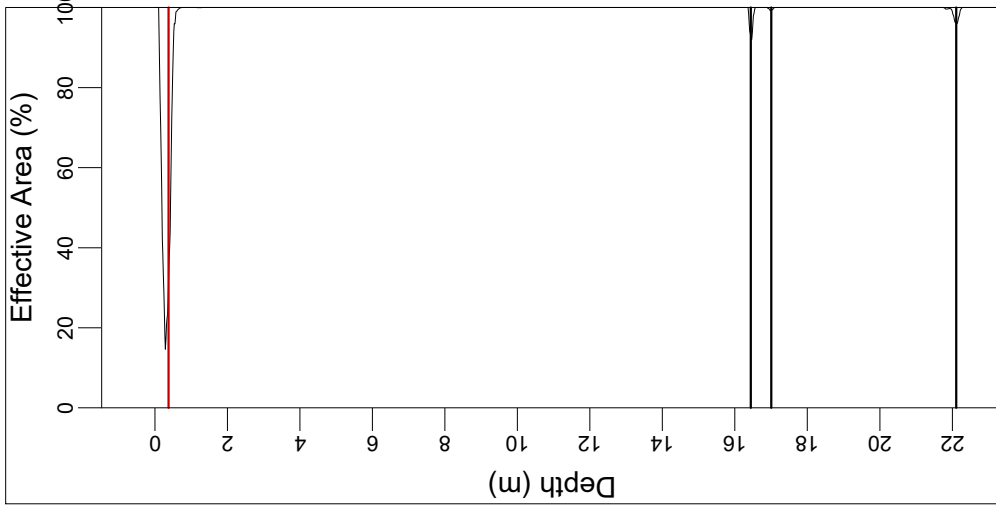
Eff. Area=95%  
 Depth=22.11 m



Eff. Area=85%  
 Depth=16.44 m



Eff. Area=99%  
 Depth=17.01 m



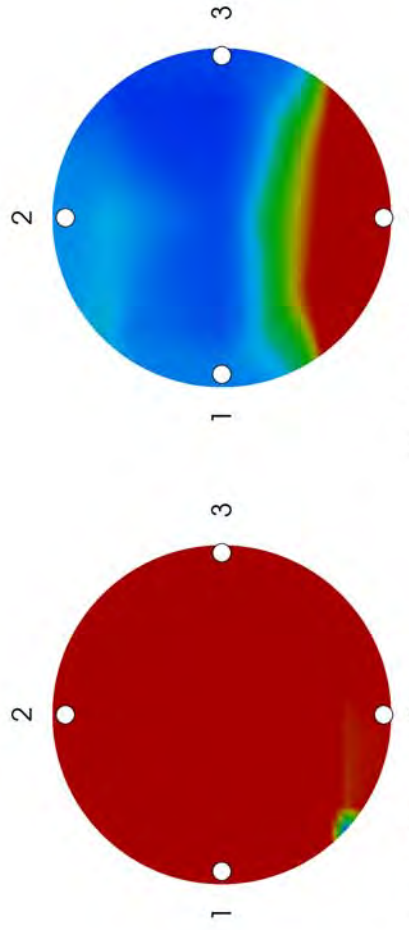
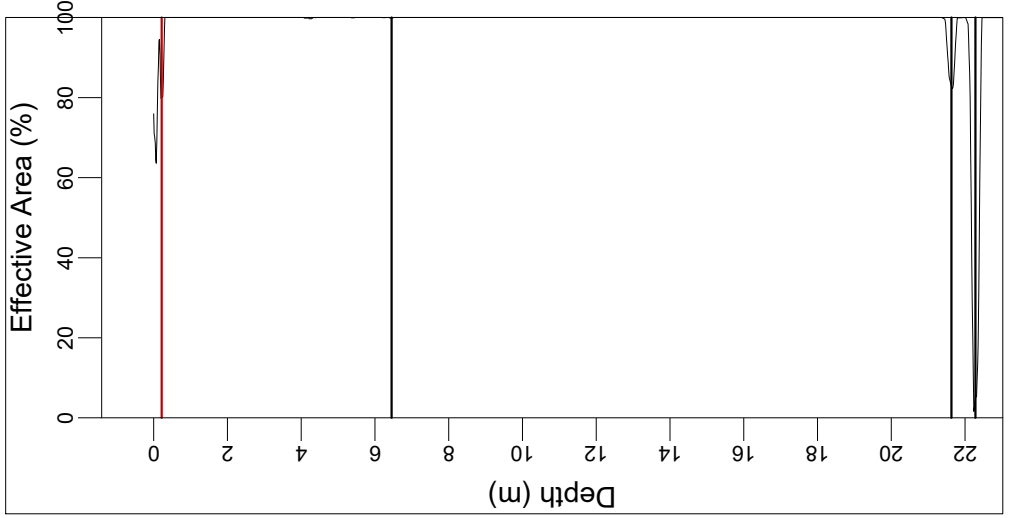
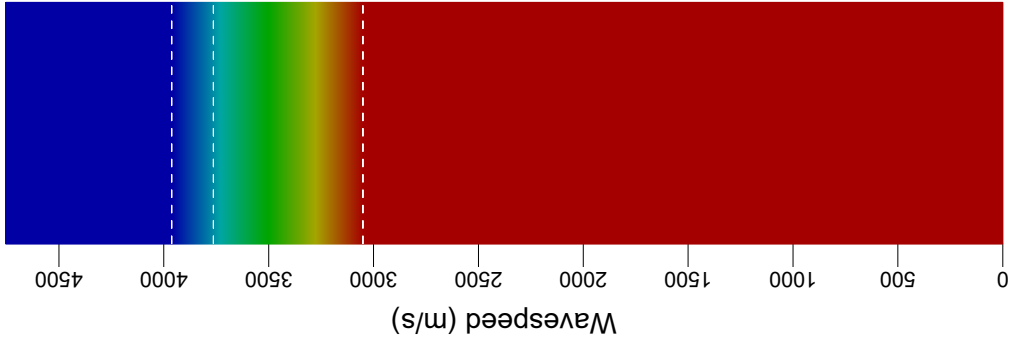
Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user, 3644 m/s



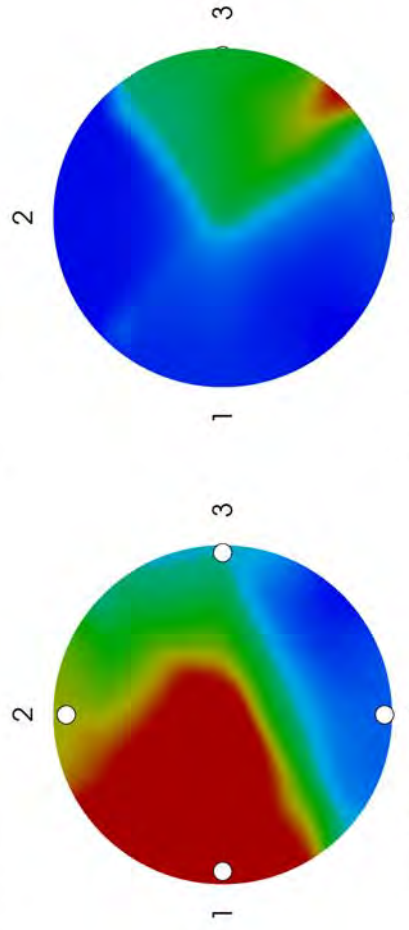




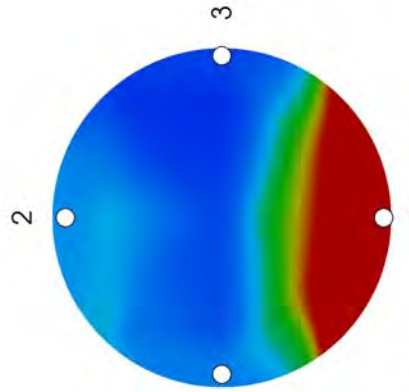
Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: RAMPAS DEL PUENTE SOBRE RIO MANTARO - HUANCAYO  
 Pile Name: ESTRIBO 2 - PILOTE 02  
 Pile Length=22 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUL 4, 2017



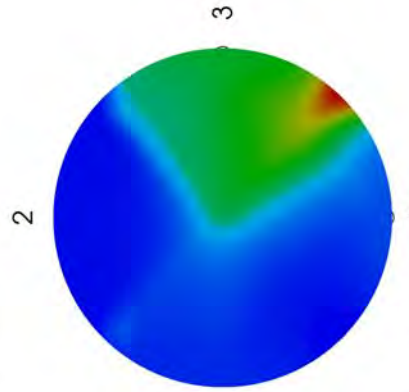
Eff. Area=0%  
 Depth=22.28 m



Eff. Area=20%  
 Depth=0.22 m



Eff. Area=56%  
 Depth=21.63 m

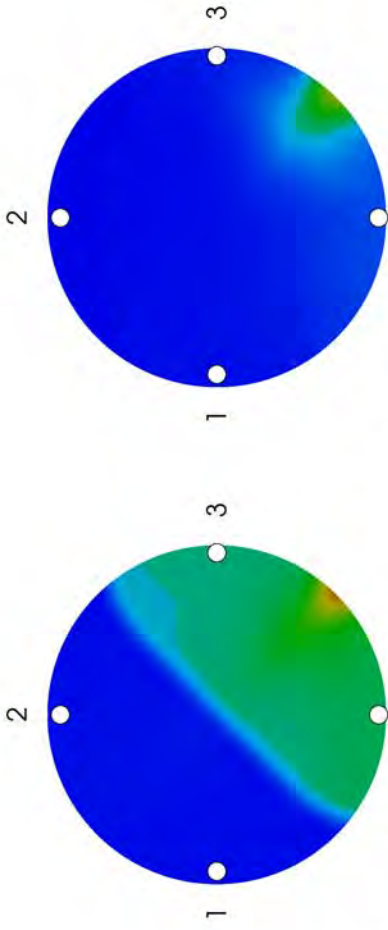


Eff. Area=64%  
 Depth=6.45 m

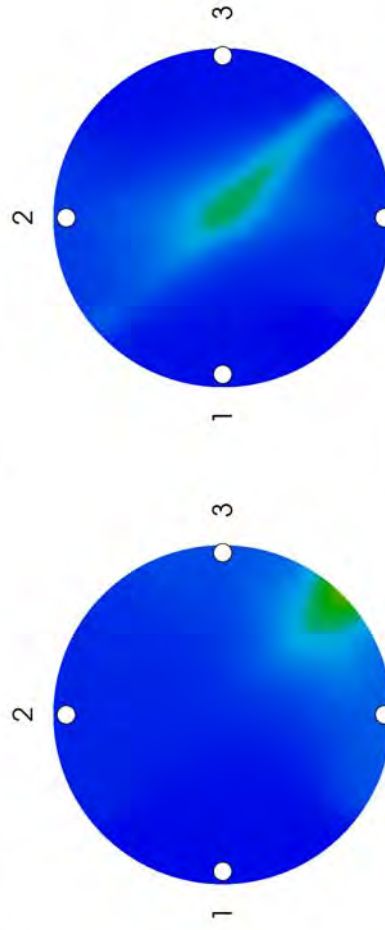
Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user by the user, 3764 m/s



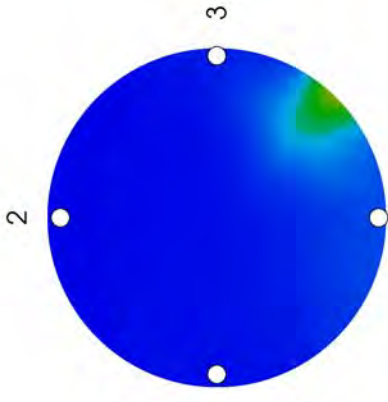
Company Name: Dynamic Control Peru SAC  
 Project Name: RAMPAS DEL PUENTE SOBRE RIO MANTARO - HUANCAYO  
 Pile Name: ESTRIBO 2 - PILOTE 3  
 Pile Length=22 m / Pile Diameter=1.2 m / Cage Diameter=1.05 m  
 JUL 3, 2017



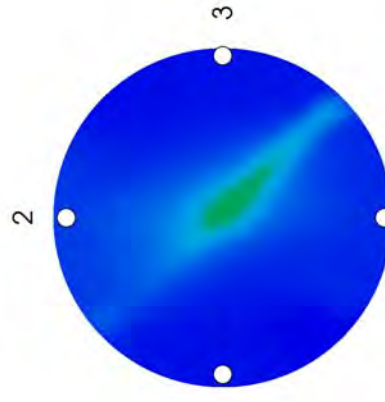
Eff. Area=52%  
 Depth=21.70 m



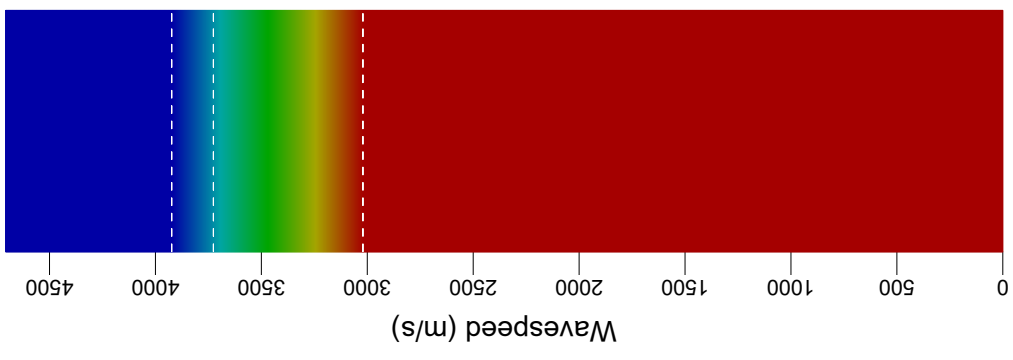
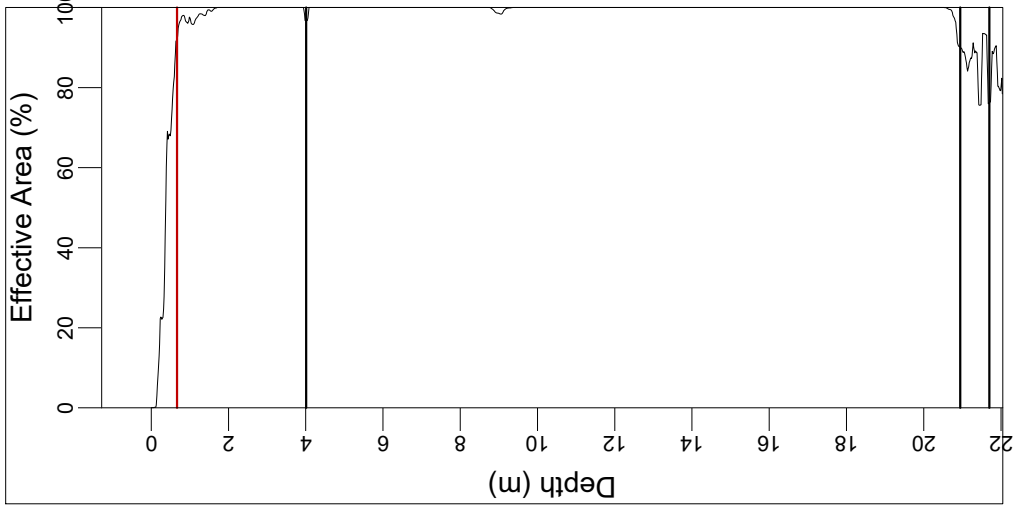
Eff. Area=94%  
 Depth=20.95 m



Eff. Area=92%  
 Depth=0.67 m



Eff. Area=93%  
 Depth=4.01 m



Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user by the user, 3727 m/s



## **ANEXO E**

### **INFORME DEL ENSAYO DE CARGA DINÁMICA**



Septiembre 1, 2017

Jose F. Rubio Garcia  
Gerente de Producción-Pilotes Terratest  
Av. Manuel Olguín N. 373 Oficina 505, Surco  
Lima, Perú

Re: Pruebas dinamicas de alta deformacion  
Proyecto Puente Comuneros  
GRL Job No. 178104-1

Apreciado Sr. Rubio García:

Este reporte presenta los resultados de las pruebas dinámicas, y análisis relacionados, ejecutados el 24 y 25 de agosto del 2017 en dos pilotes en el proyecto mencionado anteriormente.

El objetivo de esta prueba es monitorear los esfuerzos de compresión y tensión para que no sobrepasen los valores máximos calculados durante la prueba, además se presenta la energía máxima transferida de la masa en caída libre y la integridad de los pilotes, al igual que su capacidad portante. Estos objetivos se ejecutaron por medio del analizador de pilotes PDA modelo PAX. La teoría básica de las pruebas se presenta en el Apéndice A, y los resultados PDA se encuentran en el Apéndice B.

## **DETALLES DE CAMPO**

### ***Instrumentacion***

Las medidas dinámicas de deformación fueron tomadas mediante una celda de carga. Cuatro deformímetros y dos acelerómetros piezo-resistivos fueron colocados a 90 grados para registrar deformación y aceleración y así obtener resultados axiales promedios. Las señales de deformación y de aceleración, fueron condicionadas y convertidas a fuerza y velocidad respectivamente, y almacenadas digitalmente por el PDA para su posterior proceso.

Los registros de fuerza y velocidad son vistos continuamente (cada golpe) en la pantalla del PDA para evaluar la

California Office: 516 Crane Boulevard . Los Angeles, CA 90065 . phone 323.441.0965 / fax 323.441.0975  
Corporate Office: 4535 Renaissance Parkway . Cleveland, OH 44128 USA . phone 216.831.6131 . fax 216.831.0916 . www.pile.com

Colorado  
303.666.6127

Florida  
407.826.9539

Illinois  
847.670.7720

North Carolina  
704.593.0992

Ohio  
216.292.3076

Pennsylvania  
610.459.0278

calidad de los datos así como también la integridad del pilote.

### ***Secuencia de las Pruebas***

Dos pilotes fueron probados dinámicamente en este proyecto. El pilote P4-03 fue probado el 24 de Agosto, mientras que el pilote E1-02 fue probado el 25 de agosto. Para el pilote P4-03 se utilizó una masa de caída de 10 toneladas y una altura máxima de caída de 1.3 metros, mientras que para el P4-03 se utilizó una masa de 13 toneladas y una altura de caída máxima de 2 metros.

### ***Detalles de los Pilotes***

Los pilotes son vaciados en sitio de 1.2 metros de diámetro. El pilote P4-03 se reportó con una longitud de penetración por debajo del nivel del terreno de 27 metros mientras que el E1-02 se reportó con una longitud de penetración de 26 metros. Los detalles de instalación de los pilotes se encuentran en los documentos de inspección del proyecto.

### ***Detalles del Sistema de Carga***

La prueba de carga dinámica fue realizada con una masa que se puede ajustar en peso y se utilizaron 10 toneladas en el pilote P4-03 y 13 toneladas para el pilote E1-02. Esta masa se dejó caer en caída libremente para realizar la prueba de carga. Se utilizaron varias alturas de caída hasta llegar a 1.3 metros para el pilote P4-03 y 2 metros para el pilote E1-02. El sistema utiliza un gato hidráulico para dejar caer la masa en caída libre.

### ***Detalles del Suelo***

El lector es referido al informe de suelos para encontrar los detalles sobre la geotecnia encontrada en el lugar de empotramiento de los pilotes. A GRL no se le reportaron cargas últimas o de diseño para este proyecto.



## **ANALISIS Y RESULTADOS**

### ***CAPWAP***

Utilizando los datos de fuerza y velocidad dinámica del pilote, el CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) permite:

- El cálculo de las fuerzas de resistencia del suelo y su distribución.
- Separa la resistencia por fricción y la resistencia por punta del sistema.
- Calcula la carga última y por lo tanto calibra los resultados obtenidos con el PDA.
- Simula la curva esfuerzo deformación al igual que una prueba estática de carga rápida.
- Calcula los esfuerzos a lo largo de todo el pilote.

Los resultados CAPWAP (en tablas y en gráficas) se presentan en el Apendice B, incluyendo la separación entre la fricción a lo largo y en la punta del pilote, así como también la obtención de los parámetros dinámicos del suelo. Las Tablas 1 y 2 presentan un resumen de los resultados CAPWAP.

## **DISCUSION DE RESULTADOS**

### ***Discussion sobre el Martillo y Sistema de Hinca***

El Pilote P4-03 fue probado dinámicamente. Durante las pruebas, la energía máxima transferida (EMX) fue de 61 kN-m para la caída de 1.3 metros. La energía máxima transferida para el pilote E1-02 fue de 159 kN-m para una altura de caída de 2 metros.

### ***Esfuerzos e Integridad del Pilote***

Los Esfuerzos maximos en la parte superior del pilote (CSX) medidos por el PDA alcanzaron valores máximos de 12 y 17 MPa, para los pilotes P4-03 y E1-02, respectivamente. Los valores máximos a tension alcanzados durante las pruebas de carga dinámica fueron de 4.7 y 4 MPa para los pilotes P4-03 y E1-02, respectivamente. La Tabla 1 igualmente presenta un resumen de estos resultados de campo.

**No se evidenciaron características de daños estructurales en el pilote en el momento de hacer la prueba dinámica.**

### ***Capacidad Portante***

Una vez obtenida la información en campo por el PDA-PAX se analizan en el programa CAPWAP™. Dicho análisis indica la resistencia estática total del suelo ( $R_u$ ), y la divide en la carga de fricción a lo largo del pilote ( $R_s$ ) y la carga en la punta del pilote ( $R_b$ ). La capacidad última para los P4-03 y E1-02 fue de 13700 y 14800 kN para los pilotes P4-03 y E1-02, respectivamente

Se evidenciaron asentamientos permanentes durante las pruebas de carga máximos de 1.5 mm (inferiores a 3 mm). Al ser estos asentamientos permanentes residuales relativamente bajos, la carga presentada para este pilote se reporta como una carga activada (especialmente cerca de la punta de los pilotes). Una carga activada o movilizada es una carga inferior a la resistencia última del pilote. Un mayor marco de carga o un mayor impacto (mayor altura de caída) pudiese activar más carga. Igualmente.

### **LIMITACIONES**

En general, para pilotes vaciados en sitio, el aumento de tamaño de la pila y el aumento de la resistencia del fuste pueden producir reflexiones de compresión de onda similares. Por lo tanto, la igualación de señal de onda se puede realizar por medio de un incremento de resistencia del fuste o por medio de un aumento de sección del pilote en el lugar donde un reflejo de compresión fuerte se produce. Esta ambigüedad da lugar a cierta incertidumbre sobre la distribución de la resistencia prevista en un punto en particular y calcular los valores locales impedancia de pila. Afortunadamente, los valores promedio de resistencia en todo el pilote son insensibles a las reflexiones de onda local y, por tanto, la carga ultima o activada del pilote se puede predecir con mucha más confianza que las fuerzas de resistencia individual.

Apreciamos la oportunidad de serles de asistencia en este proyecto. Cualquier tipo de pregunta con respecto a este reporte por favor contacte a nuestra oficina.

Atentamente,  
GRL Engineers, Inc.



Camilo Alvarez, P.E.  
Director Oficina California.



Diego Campos, EIT

**TABLA 1: Resumen de los Resultados de Campo  
Puente Comuneros**

| Nombre Pilote       | Energia Transferida | Altura de Caida | Esfuerzos promedios en la cabeza a compresion (CSX) | Tension Maxima (TSX) | Resistencia Metodo CAPWAP | Notas              |
|---------------------|---------------------|-----------------|---|----------------------|---------------------------|--------------------|
|                     | (1)<br>kn-m         | cm              | (2)<br>MPa  | (3)<br>MPa           | (4)<br>kN                 |                    |
| <b><u>E1-02</u></b> | 159                 | 200             | 17  | 4.0                  | 14800                     | Capacidad Activada |
| <b><u>P4-03</u></b> | 61                  | 130             | 12  | 4.7                  | 13700                     | Capacidad Activada |

**Notas:**

1. Energia tranferida a la cabeza del pilote.
2. Esfuerzos maximos a compresion promedios a lo largo del pilote.
3. Esfuerzos a tension maximos a lo largo del pilote.
4. Capacidad CAPWAP

**Tabla 2: Resultados CAPWAP  
Puente Comuneros**

| Pilote              | Asentamiento | Capacidad Ultima |       |       | Amort. Smith |       | Rampa |       |
|---------------------|--------------|------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
|                     |              | Total            | Fuste | Punta | Fuste        | Punta | Fuste | Punta |
|                     | mm           | tons             | tons  | tons  | s/m          | s/m   | mm    | mm    |
| <b><u>E1-02</u></b> | 1.5          | 14800            | 4600  | 10200 | 0.20         | 0.20  | 3.2   | 10.3  |
| <b><u>P4-03</u></b> | 0            | 13700            | 6200  | 7500  | 0.35         | 0.28  | 2.1   | 3.7   |



**ANEXO F**  
**REPORTE DE ESTRATIGRAFÍA**

## ESTRATIGRAFÍA DE LOS ELEMENTOS ENSAYADOS

| PROF. (m)     | PILA 4 |             | ESTRIBO 2 |                |
|---------------|--------|-------------|-----------|----------------|
|               |        | Pila 4 - P3 |           | Estribo 2 - P2 |
| 0.00 a 1.00   |        | Grava       |           | Grava          |
| 1.00 a 2.00   |        | Grava       |           | Grava          |
| 2.00 a 3.00   |        | Grava       |           | Grava          |
| 3.00 a 4.00   |        | Grava       |           | Arcilla        |
| 4.00 a 5.00   |        | Grava       |           | Arcilla        |
| 5.00 a 6.00   |        | Grava       |           | Arcilla        |
| 6.00 a 7.00   |        | Grava       |           | Grava          |
| 7.00 a 8.00   |        | Arcilla     |           | Grava          |
| 8.00 a 9.00   |        | Arcilla     |           | Grava          |
| 9.00 a 10.00  | 9.50   | Arcilla     |           | Grava          |
| 10.00 a 11.00 |        | Grava       |           | Grava          |
| 11.00 a 12.00 |        | Grava       |           | Grava          |
| 12.00 a 13.00 |        | Grava       |           | Grava          |
| 13.00 a 14.00 |        | Arcilla     |           | Arcilla        |
| 14.00 a 15.00 |        | Arcilla     |           | Arcilla        |
| 15.00 a 16.00 |        | Arcilla     |           | Arcilla        |
| 16.00 a 17.00 |        | Arcilla     |           | Arcilla        |
| 17.00 a 18.00 |        | Arcilla     |           | Arcilla        |
| 18.00 a 19.00 |        | Arcilla     |           | Arcilla        |
| 19.00 a 20.00 |        | Arcilla     |           | Arcilla        |
| 20.00 a 21.00 |        | Arcilla     | 22.00     | Arcilla        |
| 21.00 a 22.00 |        | Arcilla     | 22.50     | Grava          |
| 22.00 a 23.00 |        | Grava       |           |                |
| 23.00 a 24.00 |        | Grava       |           |                |
| 24.00 a 25.00 |        | Grava       |           |                |
| 25.00 a 26.00 |        | Grava       |           |                |
| 26.00 a 27.00 |        | Grava       |           |                |
| 27.00 a 28.00 |        | Grava       |           |                |
| 28.00 a 29.00 |        | Grava       |           |                |
| 29.00 a 30.00 | 29.70  | Grava       |           |                |
| 30.00 a 31.00 |        |             |           |                |

**ANEXO G**

**CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CONCRETO PARA PILOTES**



**Govil sac**  
Ruc 20486774445



13 JUN 2017

**DISEÑO DE CONCRETO  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$**

SOLICITA: CONSORCIO MANTARO II

PROYECTO: "Construcción del Puente sobre el Río Mantaro, Distrito de Chilca y tres de diciembre, provincia de Huancayo y Chupaca - Departamento de Junín, Obra complementaria: "Construcción de las estructuras metálicas para la rampas de acceso"

| GOVIL   |                            | LABORATORIO DE CONCRETO  |                      | Fecha Emisión  | 30/05/2017     |
|---|----------------------------|--------------------------|----------------------|----------------|----------------|
| GOVIL   |                            | DISEÑOS DE CONCRETO (01) |                      | Fecha Revisión |                |
| GOVIL   |                            | DISEÑOS DE CONCRETO (01) |                      | Revisión Nro   | 1              |
| GOVIL   |                            | DISEÑOS DE CONCRETO (01) |                      | Revisado por   | ing. Godíño P. |
| PROYECTO:   | concreto aut.              | FECHA:                   | 13/06/2017           |                |                |
| UBICACIÓN:  | Huancayo                   | solicita:                | CONSORCIO MANTARO II |                |                |
| EJECUTA:  | Laboratorio de Concreto    |                          |                      |                |                |
| SUPERVISA:  | Ing. Francisco Godíño Poma |                          |                      |                |                |
| <b>Concreto <math>f'c=245 \text{ kg/cm}^2</math> Slump de 8 a 10"</b> |                            |                          |                      |                |                |
| Código de ensayo : D1   |                            |                          |                      |                |                |
| CEMENTO   |                            | A/C = 0.53               |                      | %              | M.F            |
| MARCA y TIPO  |                            | Dosis de 8500 hp         | 0.37%                | ARENA 1        | 70             |
| Andino I  |                            | Dosis de WR-75           | 0.30%                | ARENA 2        | 4.52           |
|   |                            | adit: QSI                |                      | PIEDRA 1       | 30             |
|   |                            |                          |                      | PIEDRA 2       | 7.81           |
|   |                            |                          |                      | GLOBAL         | 100            |
|   |                            |                          |                      |                | 2.86           |
|   |                            |                          |                      |                | 1.85           |
|   |                            |                          |                      |                | 1.31           |
|   |                            |                          |                      |                | 0.82           |
|   |                            |                          |                      |                | 3.99           |
|   |                            |                          |                      |                | 2.59           |
|   |                            |                          |                      |                | 7.07           |
|   |                            |                          |                      |                | 0.00           |
|   |                            |                          |                      |                | 0.20           |
|   |                            |                          |                      |                | 0.56           |

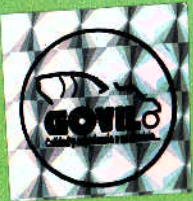
| Materiales | P.E (kg/m³) | Volumen (m³) | Diseño seco para 1m³ | Diseño s.s.s para 1m³ | Correc. por humid. | Diseño correg. para 1m³ | Diseño corregido para Laboratorio |
|------------|-------------|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Cemento    | 3150        | 0.0952       | 410 kg               | 410 kg                |                    | 410 kg                  | 7.50 kg                           |
| Agua       | 1000        | 0.1590       | 258 L                | 217 kg                |                    | 167 L                   | 2.71 kg                           |
| Arena 1    | 2575        | 0.5073       | 1273 kg              | 1306 kg               | 57                 | 1363 kg                 | 32.65 kg                          |
| Arena 2    | 2652        | 0.0000       | 0 kg                 | 0 kg                  | 0                  | 0 kg                    | 0.00 kg                           |
| Piedra 1   | 2620        | 0.2174       | 562 kg               | 570 kg                | -6                 | 563 kg                  | 14.24 kg                          |
| Piedra 2   | 2641        | 0.0000       | 0 kg                 | 0 kg                  | 0                  | 0 kg                    | 0.00 kg                           |
| 8500 hp    | 1040        | 0.0011       | 1.11 kg              | 1.11 kg               |                    | 1.1 kg                  | 27.75 gr.                         |
| WR-75      |             | 0.0000       | 1 kg                 | 1 kg                  |                    | 0.9 kg                  | 22.50 gr.                         |
| Adición    |             | 0.0000       | 0 kg                 | 0 kg                  |                    | 0.0 kg                  | 0.00 kg                           |
| Aire       | 100         | 0.0200       | 2.0 %                | 2.00 %                |                    | 2.0 %                   | 2.00 %                            |
| Total      |             | 1.0000       | 2505 kg              | 2505 kg               |                    | 2505 kg                 |                                   |

Concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ , con superplastificante de rango alto (Neoplast 8500 HP) y retardante (WR-75), en dosis de 0.37 y 0.3% respectivamente.

GOVIL S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
Dr. Francisco Godíño Poma  
CIP 52909

GOVIL S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
Hugo Llanos Granado  
TECNICO LABORATORISTA





27 JUN 2017

# CERTIFICADO

DE

## COMPRESIÓN AXIAL

GV-LC-168-2017



**SOLICITANTE** : CONSORCIO MANTARO II.  
**PROYECTO** : "Construcción del Puente sobre el Río Mantaro, Distrito de Chilca y tres de diciembre, provincia de Huancayo y Chupaca - Departamento de Junín, Obra complementaria: "Construcción de las estructuras metálicas para la rampas de acceso "  
**FC** : 245 kg/cm2, HUSO 67 (DISEÑO EN LABORATORIO)  
**FECHA DE EMISIÓN** : San Jerónimo de Tunan, 27 de junio del 2017

| C  | APLICACIÓN | FC  | HUSO | FECHA      |            | EDAD EN DIAS | DIAMETRO | CARGA(KN) | RESITENCIA kg/cm2 | %      |
|----|------------|-----|------|------------|------------|--------------|----------|-----------|-------------------|--------|
|    |            |     |      | MOLDEO     | ROTURA     |              |          |           |                   |        |
| 1  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 31/05/2017 | 1            | 78.54    | 57.69     | 74.90             | 30.57  |
| 2  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 31/05/2017 | 1            | 78.54    | 57.7      | 74.91             | 30.58  |
| 3  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 31/05/2017 | 1            | 78.54    | 58.56     | 76.03             | 31.03  |
| 4  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 02/06/2017 | 3            | 78.54    | 182.46    | 236.89            | 96.69  |
| 5  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 02/06/2017 | 3            | 78.54    | 184.25    | 239.22            | 97.64  |
| 6  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 02/06/2017 | 3            | 78.54    | 178.26    | 231.44            | 94.46  |
| 7  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 06/06/2017 | 7            | 78.54    | 236.78    | 307.42            | 125.48 |
| 8  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 06/06/2017 | 7            | 78.54    | 240.29    | 311.97            | 127.34 |
| 9  | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 06/06/2017 | 7            | 78.54    | 242.05    | 314.26            | 128.27 |
| 10 | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 13/06/2017 | 14           | 78.54    | 266.34    | 345.79            | 141.14 |
| 11 | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 13/06/2017 | 14           | 78.54    | 269.2     | 349.51            | 142.66 |
| 12 | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 13/06/2017 | 14           | 78.54    | 265.44    | 344.63            | 140.66 |
| 13 | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 27/06/2017 | 28           | 78.54    | 277.35    | 360.09            | 146.98 |
| 14 | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 27/06/2017 | 28           | 78.54    | 281.09    | 364.94            | 148.96 |
| 15 | PILOTES    | 245 | 67   | 30/05/2017 | 27/06/2017 | 28           | 78.54    | 275.20    | 357.30            | 145.84 |

Certificado de Calibración: MT - LF-180-2017 (2017/05/10)

**Observaciones:**

El respectivo control del ensayo de compresión de las muestras se realizó en presencia de su Ing. Especialista de obras de concreto en el diseño de mezcla para pilotes.

Se expide el presente documento a solicitud del interesado.

GOVIL CONCRETO PREMEZCLADO  
 ING. FRANCISCO C. GODINO POMA  
 CIP. N° 52909  
 AREA DE CONTROL DE CALIDAD

GOVIL CONCRETO PREMEZCLADO  
 ING. HUGO F. GRANADOS  
 CIP. N° 199495  
 AREA DE LABORATORIO

TEL: 064 224859

Contactos

Dir. Av. Universitaria N° 2071 dpto 304 B - San Miguel/Lima

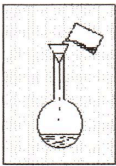
CERTIFICADO



## **ANEXO H**

### **ENSAYO DE MATERIALES, ARENA Y PIEDRA CHANCADA**





## LABORATORIOS "LASA" INGENIEROS

### ANALISIS DE SUELOS

PROCEDENTE DE : PROY. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE  
COMUNERO

UBICACIÓN : HUAMANCACA CHICO-HUANCAYO-JUNIN

INFORMADO A : ZER GEOSYSTEM PERU SAC

FECHA : LIMA, 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2011

| N° DE CAMPO   | pH   | Cl<br>ppm | SO4<br>ppm | S.S.T<br>ppm |
|---------------|------|-----------|------------|--------------|
| Cantera Arena | 8.30 | 21.28     | 48.10      | 180.00       |

La Muestra fue tomada por el interesado.

INFORMADO POR:

L. A S A. Ingenieros  
Laboratorio de Analisis de Suelos y Aguas

  
ING. MIGUEL PASACHE ANGULO  
GERENTE GENERAL

ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS: Asesoría - Consulta - Supervisión

Calle Catorce N° 310 - Urb. La Florida - Rimac - Lima.

Telefax. 481-3311 - Celular 99992-1506 - ✉ lasaingenieros@hotmail.com



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

|            |   |
|------------|---|
| DEL        | : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales               |
| A          | ZER GEOSYSTEM PERU SAC                                  |
| OBRA       | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS.           |
| UBICACIÓN  | HUANCAYO - JUNIN  |
| ASUNTO     | : Determinación de las propiedades físicas en agregados |
| EXPEDIENTE | 11-2420   |
| RECIBO     | 0   |
| FECHA      | 10/10/2011  |

### ENSAYO DE GRANULOMETRIA

#### I) DE LA MUESTRA :

Consistente en una muestra de ARENA GRUESA, procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN

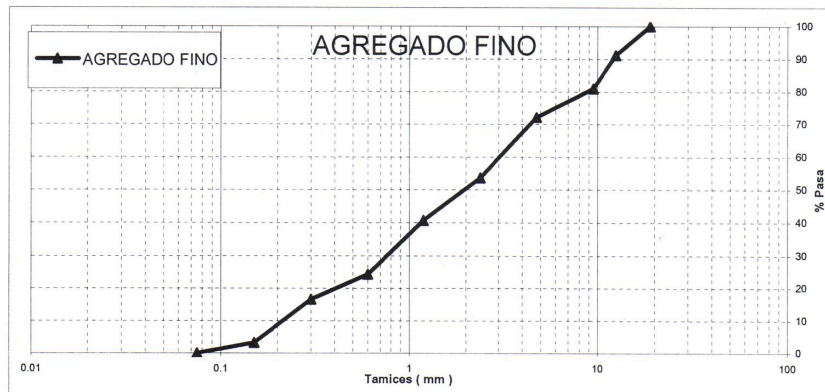
Muestra identificada y proporcionada por el solicitante.

#### II) DE LOS RESULTADOS :

##### 2.1) ANALISIS GRANULOMETRICO ( ASTM C-136 )

| TAMIZ    |        | %    | % RET. | %     |
|----------|--------|------|--------|-------|
| ( Pulg ) | ( mm ) | RET. | ACUM.  | PASA  |
| 3/4"     | 19     | 0.0  | 0.0    | 100.0 |
| 1/2"     | 12.5   | 8.8  | 8.8    | 91.2  |
| 3/8"     | 9.5    | 10.2 | 19.0   | 81.0  |
| N°4      | 4.75   | 8.8  | 27.8   | 72.2  |
| N°8      | 2.38   | 18.6 | 46.4   | 53.6  |
| N°16     | 1.19   | 12.9 | 59.3   | 40.7  |
| N°30     | 0.6    | 16.4 | 75.6   | 24.4  |
| N°50     | 0.3    | 7.7  | 83.4   | 16.6  |
| N°100    | 0.15   | 13.4 | 96.8   | 3.2   |
| FONDO    |        | 3.2  | 100.0  | 0.0   |

##### 2.2) CURVA DE GRANULOMETRIA



**MODULO DE FINURA = 4.26**

Hecho por : Ing. R. Cachay H.  
Técnico : Sr. P.S.M. - Sr. T.M.T.

r.c.h.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC.**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN  
Asunto : Determinación de las propiedades físicas en agregados  
Expediente : 11-2420  
Recibo : 00  
Fecha : 10/10/11

I) **DE LA MUESTRA** : ARENA GRUESA, procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

La muestra fue proporcionada e identificada por el peticionario.

### II) DE LOS RESULTADOS

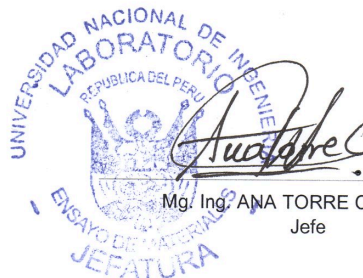
#### A. PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

Método de ensayo para determinar el Peso Específico y la absorción del agregado ( NTP 400.021 ) y ( NTP 400.022 )

| MUESTRA      | PESO ESPECIFICO DE MASA | % ABSORCION |
|--------------|-------------------------|-------------|
| ARENA GRUESA | 2.60                    | 0.81        |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T - Sr. G.P.L.

R.C.H.



Mg. Ing. ANA TORRE CARRILLO  
Jefe





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC.**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN  
Asunto : Determinación de las propiedades físicas en agregados  
Expediente : 11-2420  
Recibo : 00  
Fecha : 10/10/11

I) DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

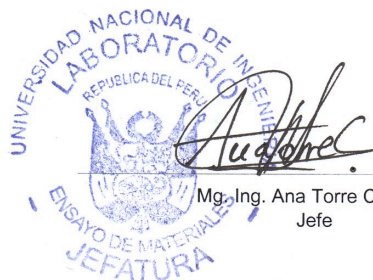
Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

### II) DE LOS RESULTADOS

Ensayo del Peso Unitario y Contenido de humedad del agregado ( ASTM C - 29 )

| MUESTRA      | PESO UNITARIO SUELTO ( Kg/m <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO COMPACTADO ( Kg/m <sup>3</sup> ) | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|--------------|--|--|--------------------------|
| ARENA GRUESA | 1,702                                      | 1,938  | 2.46                     |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T. - Sr. G.P.L.



Mg. Ing. Ana Torre Carrillo.  
Jefe

r.c.h.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC.**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Asunto : Ensayo del Porcentaje que pasa la malla N° 200  
Expediente : 11-2420  
Recibo :  
Fecha : 10/10/11

I) DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN

La muestra fue identificada y proporcionada por el solicitante.

II) DE LOS RESULTADOS :

Ensayo del Porcentaje que pasa la malla N° 200 ( ASTM C - 117 )

| MUESTRA      | % QUE PASA LA MALLA N° 200 |
|--------------|----------------------------|
| ARENA GRUESA | 6.5                        |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T./G.P.L.



Mg. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe

R.C.H.





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN  
Asunto : Ensayo de Durabilidad del agregado  
Expediente N° : 11-2420  
Factura N° : 00  
Fecha : 10/10/11

#### I) DE LA MUESTRA :

a. Agregado Fino : ARENA GRUESA procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

b. Agregado Grueso : PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

II) DEL ENSAYO : De acuerdo a las normas **NTP 400.016 / ASTM C - 88**

#### III) DEL RESULTADO :

Ensayo de Inalterabilidad de los Agregados utilizando Sulfato de Magnesio ( NTP 400.016 / ASTM C - 88 )

##### 3.1. Agregado Fino :

| MUESTRA      | % DE PERDIDA |
|--------------|--------------|
| ARENA GRUESA | 1.48         |

##### 3.2 Agregado Grueso :

| MUESTRA | % DE PERDIDA |
|---------|--------------|
| PIEDRA  | 3.57         |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T.

r.c.h.

*Ana Torre Carrillo*  
Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefa



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICO

SOLICITANTE: ZER GEOSYSTEM PERU S.A

REGISTRO: S 11-800

OBRA: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS"

UBICACIÓN: HUANCAYO-JUNIN

TIPO DE MUESTRA: ARENA

FECHA DEL INFORME: 29 DE SETIEMBRE DEL 2011

|                  |  |
|------------------|--|
| ANALISIS DE:     | CARBON<br>Y<br>LIGNITO<br><br>MTC E 215<br><br>% |
| TIPO DE MUESTRA: |  |
| ARENA            | 0,17   |

CARMEN M. REYES CUBAS  
ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI

ROSA V. ALTAMIRANO MEDINA  
ING. JEFA DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI



El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S11-800-2

**SOLICITANTE :** ZER GEOSYSTEM PERU S.A.C.  
**PROYECTO :** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
**UBICACIÓN :** HUANCAYO - JUNIN  
**FECHA :** 05 DE OCTUBRE 2011

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Agregado Fino

#### ENSAYO DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES ASTM C-142

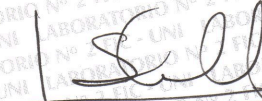
Agregado Grueso : 0,415 %

#### EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419

Equivalente de Arena : 64,7 %

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por: Tec. J. Chavez

  
**Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS**  
Jefa del Laboratorio N°2  
Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FC







# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

### LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

#### MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

|            |   |
|------------|---|
| DEL        | : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales               |
| A          | : ZER GEOSYSTEM PERU SAC                                |
| OBRA       | : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS.         |
| UBICACIÓN  | : HUANCAYO - JUNIN                                      |
| ASUNTO     | : Determinación de las propiedades físicas en agregados |
| EXPEDIENTE | : 11-2420   |
| RECIBO     | : 0   |
| FECHA      | : 10/10/2011  |

### ENSAYO DE GRANULOMETRIA

#### I) DE LA MUESTRA :

Consistente en una muestra de PIEDRA CHANCADA, procedente de la cantera

HUANCAYO - JUNIN

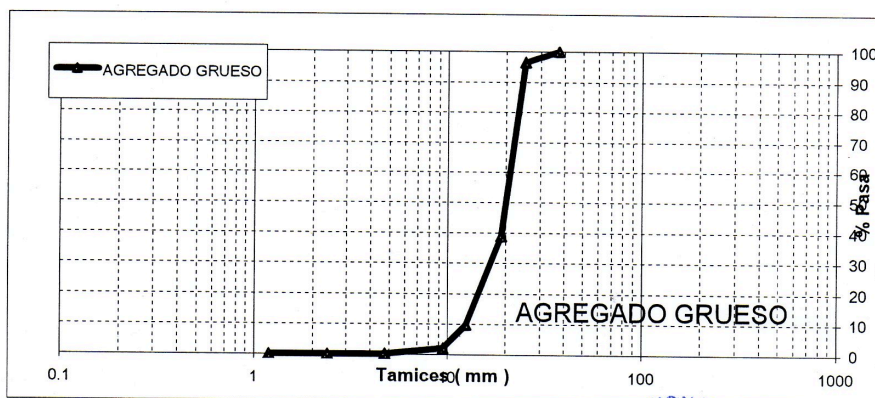
Muestra identificada y proporcionada por el solicitante.

#### II) DE LOS RESULTADOS :

##### 2.1) ANALISIS GRANULOMETRICO ( ASTM C-136 )

| TAMIZ    |        | % RET. | % RET. ACUM. | % PASA |
|----------|--------|--------|--------------|--------|
| ( Pulg ) | ( mm ) |        |              |        |
| 2 1/2"   | 63     |        |              |        |
| 2"       | 50     |        |              |        |
| 1 1/2"   | 37.5   | 0.0    | 0.0          | 100.0  |
| 1"       | 25     | 3.5    | 3.5          | 96.5   |
| 3/4"     | 19     | 57.6   | 61.1         | 38.9   |
| 1/2"     | 12.5   | 29.0   | 90.1         | 9.9    |
| 3/8"     | 9.5    | 7.9    | 98.0         | 2.0    |
| N°4      | 4.75   | 1.9    | 99.9         | 0.2    |
| N°8      | 2.38   | 0.2    | 100.0        | 0.0    |
| N°16     | 1.19   | 0.0    | 100.0        | 0.0    |
| FONDO    |        | 0.0    | 100.0        | 0.0    |

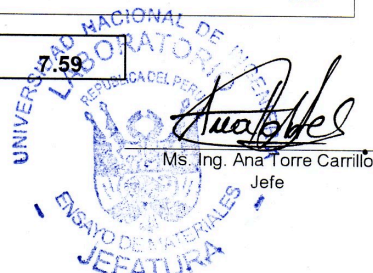
##### 2.2) CURVA DE GRANULOMETRIA



MODULO DE FINURA = 7.59

Hecho por : Ing. R. Cachay H.  
Técnico : Sr. P.S.M. - Sr. T.M.T.

r.c.h.





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC.**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN  
Asunto : Determinación de las propiedades físicos en agregados  
Expediente : 11-2420  
Recibo : 00  
Fecha : 10/10/11

I) **DE LA MUESTRA** : PIEDRA CHANCADA, procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

La muestra fue proporcionada e identificada por el peticionario.

### II) DE LOS RESULTADOS

#### A. PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

Método de ensayo para determinar el Peso Específico y la absorción del agregado ( NTP 400.021 ) y ( NTP 400.022 )

| MUESTRA         | PESO ESPECIFICO DE MASA | % ABSORCION |
|-----------------|-------------------------|-------------|
| PIEDRA CHANCADA | 2.64                    | 0.98        |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T - Sr. G.P.L.

R.C.H.

  
Mg. Ing. ANA TORRE CARRILLO  
Jefe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO N° 1  
REPUBLICA DEL PERU  
ENSAYO DE MATERIALES  
JEFATURA





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería **INFORME** LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC.**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN  
Asunto : Determinación de las propiedades físicas en agregados  
Expediente : 11-2420  
Recibo : 00  
Fecha : 10/10/11

I) DE LA MUESTRA : PIEDRA CHANCADA, procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

### II) DE LOS RESULTADOS

Ensayo del Peso Unitario y Contenido de humedad del agregado ( ASTM C - 29 )

| MUESTRA         | PESO UNITARIO<br>SUELTO<br>( Kg/m <sup>3</sup> ) | PESO UNITARIO<br>COMPACTADO<br>( Kg/m <sup>3</sup> ) | CONTENIDO<br>DE HUMEDAD<br>(%) |
|-----------------|--|--|--------------------------------|
| PIEDRA CHANCADA | 1,382  | 1,531  | 0.55                           |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T. - Sr. G.P.L.



Mg. Ing. Ana Torre Carrillo.  
Jefe

r.c.h.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC.**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Asunto : Ensayo del Porcentaje que pasa la malla N° 200  
Expediente : 11-2420  
Recibo :  
Fecha : 10/10/11

I) DE LA MUESTRA : PIEDRA CHANCADA, procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN

La muestra fue identificada y proporcionada por el solicitante.

II) DE LOS RESULTADOS :

Ensayo del Porcentaje que pasa la malla N° 200 ( ASTM C - 117 )

| MUESTRA         | % QUE PASA LA MALLA N° 200 |
|-----------------|----------------------------|
| PIEDRA CHANCADA | 1.1                        |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T./G.P.L.

  
Mg. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe

R.C.H.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

### INFORME

Del : Laboratorio N° 1 - Ensayo de Materiales  
A : **ZER GEOSYSTEM PERU SAC**  
Obra : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN  
Asunto : Ensayo de Durabilidad del agregado  
Expediente N° : 11-2420  
Factura N° : 00  
Fecha : 10/10/11

#### I) DE LA MUESTRA :

a. Agregado Fino : ARENA GRUESA procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

b. Agregado Grueso : PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera HUANCAYO - JUNIN.

Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.

II) DEL ENSAYO : De acuerdo a las normas **NTP 400.016 / ASTM C - 88**

#### III) DEL RESULTADO :

Ensayo de Inalterabilidad de los Agregados utilizando Sulfato de Magnesio ( NTP 400.016 / ASTM C - 88 )

##### 3.1. Agregado Fino :

| MUESTRA      | % DE PERDIDA |
|--------------|--------------|
| ARENA GRUESA | 1.48         |

##### 3.2 Agregado Grueso :

| MUESTRA | % DE PERDIDA |
|---------|--------------|
| PIEDRA  | 3.57         |

HECHO POR : Ing. R. Cachay H.  
TECNICO : Sr. T.M.T.

r.c.h.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefa





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil

### LABORATORIO QUIMICO FIC

#### ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE: ZER GEOSYSTEM PERU

REGISTRO: LQ 11-462

OBRA: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS"

UBICACIÓN: HUANCAYO-JUNIN

TIPO DE MUESTRA: PIEDRA CHANCADA


CANTERA: AGREMIX

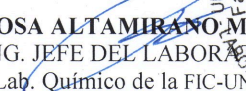
UBICACIÓN: HUAMANCACA CHICO-HUANCAYO

RECEPCION DE MUESTRA: 29 - 09 - 11

| ANALISIS DE:    | REACTIVIDAD     |                       |
|-----------------|-----------------|-----------------------|
|                 | ASTM C 289      |                       |
|                 | Silice disuelta | Reducción Alcalinidad |
|                 | Sc : Milimol/L  | Rc : Milimol/L        |
| MUESTRA:        |                 |                       |
| PIEDRA CHANCADA |                 |                       |
| CANTERA:        | 27,58           | 105                   |
| AGREMIX         |                 |                       |

Lima, 06 de Octubre del 2011

  
CARMEN M. REYES CUBAS  
ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI

  
ROSA ALTAMIRANO MEDINA  
ING. JEFE DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

# REACTIVIDAD A LOS ALCALIS

MTC E 217-2000

CSA C 289

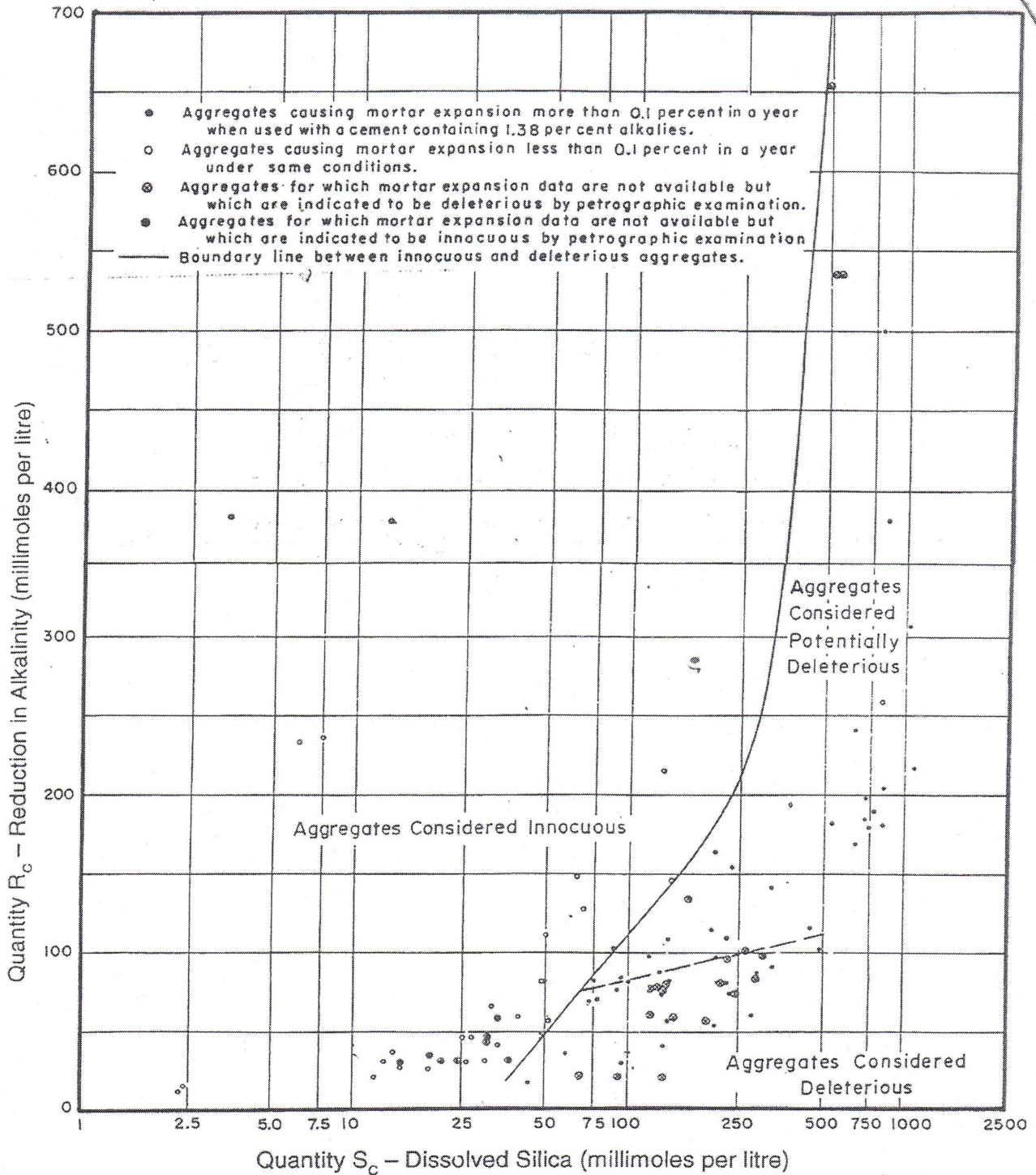


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICO

SOLICITANTE: ZER GEOSYSTEM PERU S.A

REGISTRO: S 11-800

OBRA: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS"

UBICACIÓN: HUANCAYO-JUNIN

TIPO DE MUESTRA: PIEDRA

FECHA DEL INFORME: 29 DE SETIEMBRE DEL 2011

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| ANALISIS DE:                   | PARTICULAS<br>LIVIANAS<br><br>MTC E 211<br><br>% |
| TIPO DE MUESTRA:<br><br>PIEDRA | <br><br>0,15                                     |

CARMEN M. REYES CUBAS  
ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI

ROSA V. ALTAMIRANO MEDINA  
ING. JEFA DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI



El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S11-800-1

SOLICITADO : --k'8-\sigma au-U h-ky o° #

OBRA :

DS

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

FECHA : 05 DE OCTUBRE 2011

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

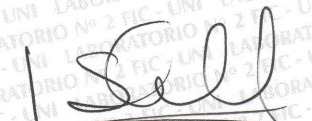
#### ENSAYO DE ABRASION MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C- 535

Muestra : Agregado grueso

Gradación : "A"  
Revoluciones : 500  
Desgaste : 11.0%

Nota. - La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecución : Téc. V.Canales

  
Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa del Laboratorio N°2  
Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIC







# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S11-800-1

**SOLICITANTE** : ZER GEOSYSTEM PERU S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS  
**UBICACION** : HUANCAYO - JUNIN  
**FECHA** : 05 DE OCTUBRE 2011

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

#### INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS NORMA MTC - E221

**Muestra** : Agregado Grueso

**INDICE DE APLANAMIENTO (%)** : 15

| Tamiz          |         | Total Partículas  |     | Partículas Planas |    | Índice Aplanamiento Fracción (%) | Granulometría (%) retenido | Índice Aplanamiento corregido (%) |
|----------------|---------|-------------------|-----|-------------------|----|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Pasa           | Retiene | Peso Inicial (gr) | N°  | Peso (gr)         | N° |                                  |                            |                                   |
| 2 1/2"         | 2"      |                   |     |                   |    |                                  |                            |                                   |
| 2"             | 1 1/2"  |                   |     |                   |    |                                  |                            |                                   |
| 1 1/2"         | 1"      | 880,2             | 100 | 121,0             | 15 | 13,7                             | 14,4                       | 2,0                               |
| 1"             | 3/4"    | 748,6             | 100 | 115,4             | 35 | 15,4                             | 64,2                       | 9,9                               |
| 3/4"           | 1/2"    | 693,0             | 100 | 105,5             | 23 | 15,2                             | 18,8                       | 2,9                               |
| 1/2"           | 3/8"    |                   |     |                   |    |                                  | 2,6                        |                                   |
| 3/8"           | 1/4"    |                   |     |                   |    |                                  |                            |                                   |
| <b>TOTALES</b> |         |                   |     |                   |    |                                  | <b>100,0</b>               | <b>14,7</b>                       |

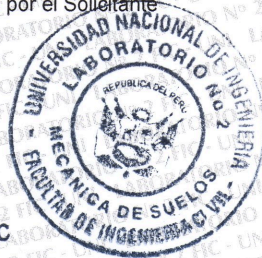
**INDICE DE ALARGAMIENTO (%)** : 20

| Tamiz          |         | Total Partículas  |     | Partículas Alargadas |     | Índice Alargamiento Fracción (%) | Gradación original (%) | Índice Alargamiento corregido (%) |
|----------------|---------|-------------------|-----|----------------------|-----|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Pasa           | Retiene | Peso Inicial (gr) | N°  | Peso (gr)            | N°  |                                  |                        |                                   |
| 2 1/2"         | 2"      |                   |     |                      |     |                                  |                        |                                   |
| 2"             | 1 1/2"  |                   |     |                      |     |                                  |                        |                                   |
| 1 1/2"         | 1"      | 880,2             | 100 | 80,0                 | 200 | 9                                | 14,4                   | 1,3                               |
| 1"             | 3/4"    | 748,6             | 100 | 125,7                | 200 | 17                               | 64,2                   | 10,8                              |
| 3/4"           | 1/2"    | 693,0             | 100 | 300,8                | 200 | 43                               | 18,8                   | 8,2                               |
| 1/2"           | 3/8"    |                   |     |                      |     |                                  | 2,6                    |                                   |
| 3/8"           | 1/4"    |                   |     |                      |     |                                  |                        |                                   |
| <b>TOTALES</b> |         |                   |     |                      |     |                                  | <b>100,0</b>           | <b>20,2</b>                       |

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. Jorge Chavez

**Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS**  
Jefa del Laboratorio N° 2  
Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIC





**ANEXO I**

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil

### LABORATORIO QUIMICO FIC

#### ANALISIS FISICO QUIMICOS

**SOLICITANTE:** ZER GEOSYSTEM PERU

**REGISTRO:** LQ 11-461

**OBRA:** "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PUENTE COMUNEROS"

**UBICACIÓN:** HUANCAYO-JUNIN

**TIPO DE MUESTRA:** Agua de Río

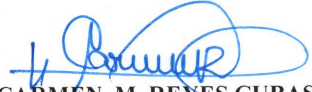
**Fecha:** 28-09-11

**Fuente:** Río Mantaro-Provincia de Huancayo, Departamento de Junín

**RECEPCION DE MUESTRA:** 29 - 09- 11

| ANALISIS DE :  | CLORUROS<br>NTP: 339.177-2002<br>ppm | SULFATOS<br>NTP: 339.178-2002<br>ppm | SÓLIDOS EN SUSPENSION<br>NTP: 339.071<br>ppm | SALES SOLUBLES TOTALES<br>NTP:339.072 1982<br>ppm | CONDUCTIVIDAD<br>EPA 120.1<br>uS/cm | pH<br>NTP: 339.073. 1982 |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------|
| <b>MUESTRA:</b><br>Agua de Río<br>Fecha: 28-09-11<br>Fuente: Río Mantaro<br>Provincia de Huancayo<br>Departamento de Junín | 43                                   | 1071                                 | 86   | 1 148   | 564                                 | 7,12                     |

Lima, 06 de Octubre del 2011

  
**CARMEN M. REYES CUBAS**  
ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI

  
**ROSA ALTAMIRANO MEDINA**  
ING. JEFE DEL LABORATORIO  
Lab. Químico de la FIC-UNI

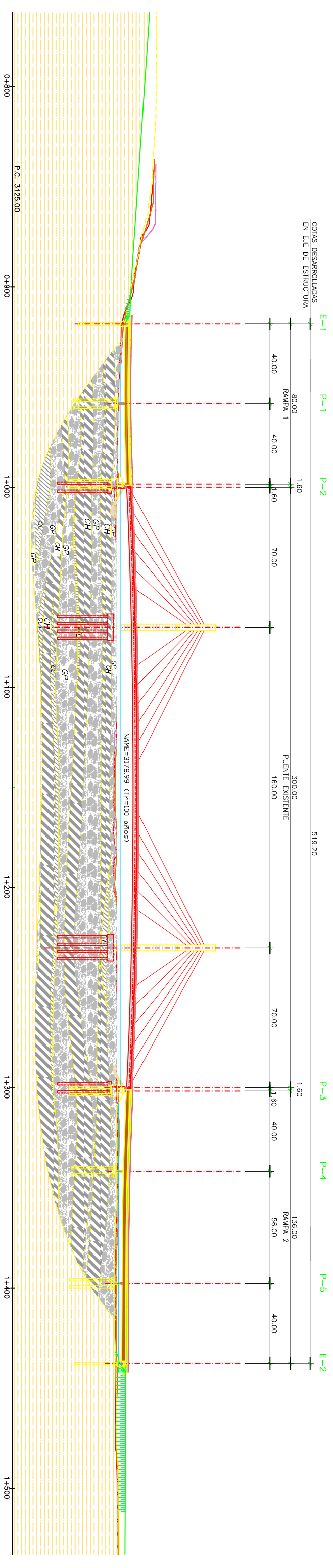
El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Peru  
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Peru Telefax: (511) 481-9845  
Central Telefonica: 481-1070 Anexo: 295



**ANEXO J**

**PLANOS**



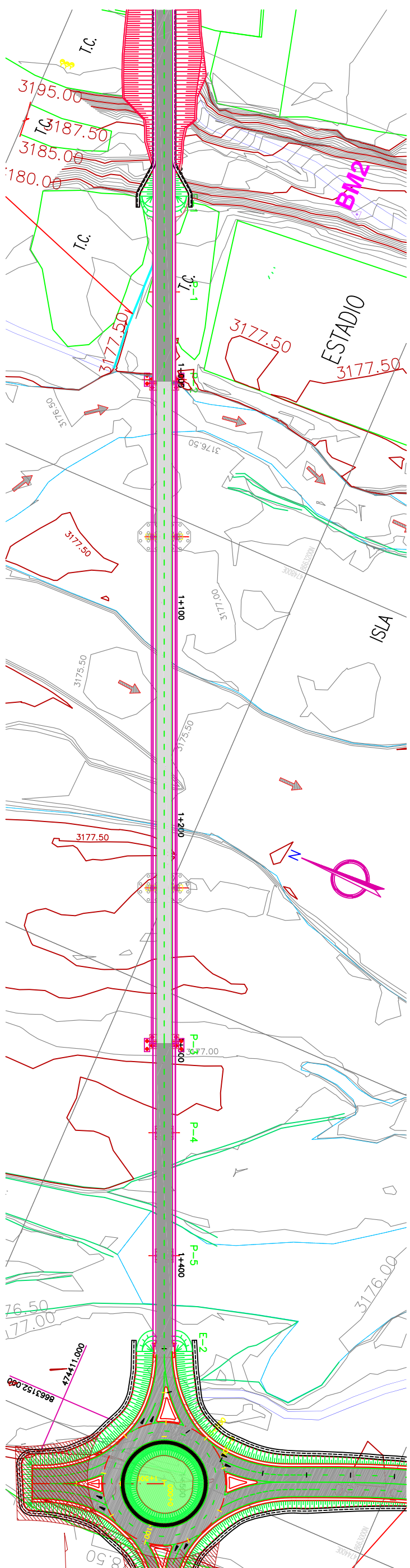
## SIMBOLOGIA DE SUELOS

(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS)

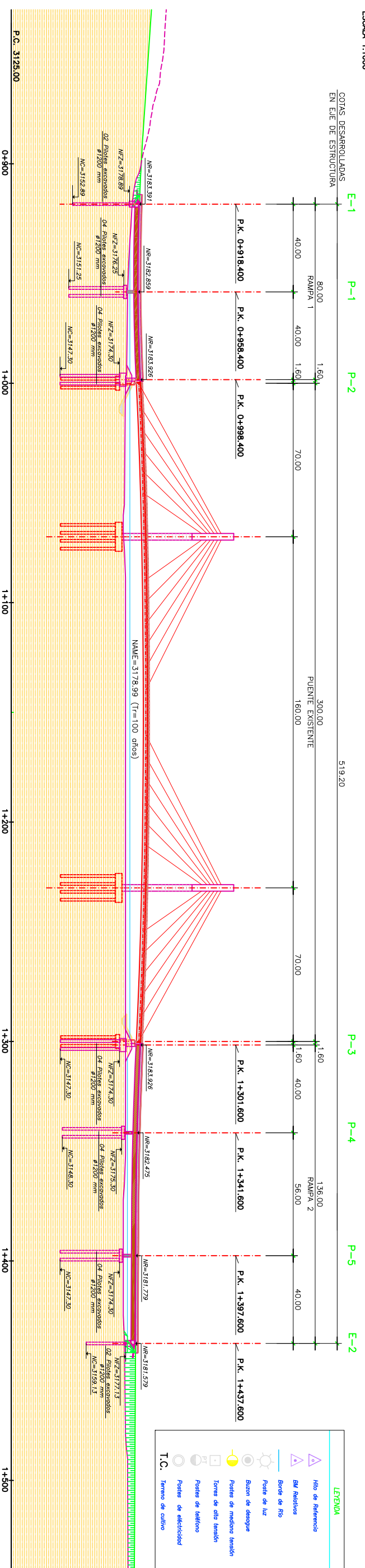
| SIMBOLO | DESCRIPCION   | ACHURADO |
|---------|---|----------|
| ML      | Limos inorgánicos, limo-arcilla inorgánica de baja plasticidad.   |          |
| GL      | Arcilla inorgánica de baja a media plasticidad. Arcilla-Arenosa, arcilla - gravillosa, arcillas flojas. |          |
| OL      | Limos Orgánicos, limo-arcilla orgánica de baja plasticidad.   |          |
| MH      | Limos inorgánicos, arena fina micéica o suelo limosos, limosos elásticos.                               |          |
| CH      | Arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcillas, grasas.   |          |
| DH      | Arcilla orgánica de media a alta plasticidad.   |          |
| PT      | Turba y otros materiales altamente orgánicos.   |          |

| SIMBOLO | DESCRIPCION  | ACHURADO |
|---------|--|----------|
| GW      | Grava bien graduada o mezcla de arena y grava, poco o nada de finos. |          |
| GM      | Grava con finos, mal graduada muy limosa                             |          |
| GP      | Grava mal graduada ó mezcla de grava, arcilla poco o nada de finos.  |          |
| GC      | Mezcla bien graduada de grava, arena y arcilla.                      |          |
| SW      | Arena bien graduada o mezcla de arena y grava, poco o nada de finos. |          |
| SM      | Arena con finos, mal graduada muy limosa                             |          |
| SP      | Arena mal graduada ó mezcla de grava, arcilla poco o nada de finos.  |          |
| SC      | Mezcla bien graduada de arena y arcilla.                             |          |

| LEYENDA |  |
|---------|--|
|         | EJE AGUAS ARRIBA                       |
|         | EJE DE TERRENO NATURAL                 |
|         | EJE AGUAS ABAJO                        |
|         | RÍO                                    |
|         | GRAVA MAL GRADUADA                     |
|         | ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD |
|         | ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD |
|         | LIPO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD    |
|         | GP                                     |
|         | CH                                     |
|         | ML                                     |



PLANTA  
ESCALA 1:1000



ALZADO LONGITUDINAL  
ESCALA 1:1000