

EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PERFORACION DE PILOTES PRE-EXCAVADOS EN EL PUENTE COMUNEROS II, CHUPACA – HUANCAYO, JUNIN 2021

por Gary Arthur Fernández Chuquirachi

Fecha de entrega: 11-jul-2023 10:05a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2129645747

Nombre del archivo: INFORME_FINAL_DE_TESIS_-Fern_nde_z_Chuquirachi_Gary_Arthur.docx (3.8M)

Total de palabras: 22661

Total de caracteres: 117438

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**“EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA
PERFORACION DE PILOTES PRE-EXCAVADOS
EN EL PUENTE COMUNEROS II, CHUPACA –
HUANCAYO, JUNIN 2021”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. Fernández Chuquirachi, Gary Arthur

ASESOR:

Ph.D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed

LINEA DE INVESTIGACION:

Transporte y Urbanismo

HUANCA
Y
PERÚ

2022

Dedicatoria:

A Dios y a mis queridos padres Nancy y Edgar con respeto y amor que, a pesar de las adversidades, su cariño y confianza fueron fundamentales en el desarrollo de esta tesis.

A mis abuelos y a mi hermana por ser un soporte emocional y a todas las personas que han contribuido para la realización de este trabajo de investigación, sin las cuales su ejecución no hubiese sido posible.

Agradecimiento:

Agradezco a la Universidad Peruana los Andes y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que fueron parte de mi formación profesional. Agradezco de manera especial a mis padres por el apoyo y motivación y a todas las personas que me acompañaron en esta travesía, hago presente mi afecto hacia ustedes.

CONTENIDO

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Contenido	iv
Contenido de Tablas	viii
Contenido de Figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	xiv
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Delimitación Problema	17
1.2.1. Delimitación Espacial	17
1.2.2. Delimitación Temporal	17
1.3. Formulación del Problema	18
1.3.1. Problema General	18
1.3.2. Problemas Específicos	18
1.4. Justificación	18
1.4.1. Teórica	18
1.4.2. Practica	18
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo General	19
1.5.2. Objetivos Específicos	19
1.6. Importancia	19
CAPITULO II. MARCO TEORICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Antecedente Internacional	20
	iv

2.1.2. Antecedente Nacional	26
2.2. Bases teóricas o científicas	32
2.2.1. Suelo	33
2.2.2. Estructura y formación de suelos	32
2.2.3. Aguas subterráneas	33
2.2.4. Influencia del agua en el suelo	34
2.2.4.1. Nivel freático o nivel piezométrico	34
2.2.5. Resistencia cortante del suelo	36
2.2.5.1. Angulo de fricción	36
2.2.5.2. Cohesión	37
2.2.5.3. Cohesión aparente	37
2.2.5.4. Criterios de falla Mohr - Coulomb	37
2.2.5.5. Ley de falla por cortante en el suelo saturado	38
2.2.6. Agresión del suelo y del agua	39
2.2.6.1. Agresividad del suelo de cimentación	39
2.2.6.2. Ataque Acido	39
2.2.6.3. Ataque por Sulfatos	40
2.2.6.4. Ataque por Cloruros	40
2.2.7. Perfil Estratigráfico	41
2.2.8. Granulometría	41
2.2.9. Límites de Atterberg	42
2.2.10. Sistemas de clasificación de suelos	43
2.2.10.1. Sistema AASHTO	43
2.2.10.2. Sistemas Unificado	45
2.2.11. Cimentación	46
2.2.12. Cimentación profunda	47
2.2.13. Pilotes	48
2.2.13.1. Funciones y uso de los pilotes	49
2.2.13.2. Pilotes pre-excavados	50
2.2.14. Puente	51
2.2.14.1. Partes de un puente	51
2.2.14.2. Superestructura	52
2.3. Marco conceptual	52

CAPITULO III. HIPOTESIS	55
3.1. Hipótesis General	55
3.2. Hipótesis Específicas	55
3.3. Variables	55
3.3.1. Variables Independientes	55
3.3.2. Variables Dependientes	55
3.3.3. Operacionalización de las Variables	56
CAPITULO IV. METODOLOGIA	57
4.1. Método de Investigación	57
4.2. Tipo de Investigación	57
4.3. Nivel de la Investigación	58
4.4. Diseño de Investigación	58
4.5. Población y Muestra	59
4.5.1. Población	59
4.5.2. Muestra	59
4.5.3. Muestra	60
4.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	61
4.6.1. Técnica	61
4.6.2. Instrumento de recolección de datos	61
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	65
4.8. Aspectos Éticos de la investigación	65
CAPITULO V. RESULTADOS	66
5.1. Descripción de resultados	66
5.1.1. Descripción del trabajo de campo	66
5.1.2. Presentación de los resultados	66
5.1.3. Determinación de la variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II	66
5.1.4. Medición de la variación de la longitud de fundas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II	75
5.1.5. Estimación de la variación del rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II	83

5.1.6 Determinación del efecto del nivel freático ¹⁰ en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II	90
5.2. Contratación de hipótesis	94
CAPITULO VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	107
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	113
ANEXOS	116
Anexo 1. Matriz de consistencia	
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables	
Anexo 3. Formatos para la recolección de datos	
Anexo 4. Perfiles estratigráficos	
Anexo 5. Panel Fotográfico	

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla N°2.1 Ensayos químicos nocivos para la cimentación	39
Tabla N°2.2 Contenido permisible de sulfatos	40
Tabla N°4.1 Número de Ensayos	60
Tabla N°4.2 Ficha de resumen de datos para variación de la profundidad de excavación	62
Tabla N°4.3 Ficha de resumen de datos para la longitud de fundas metálicas	63
Tabla N°4.4 Ficha de resumen de datos para el rendimiento en la perforación	64
Tabla N°5.1 Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 3	67
Tabla N°5.2 Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura – Pila 4	68
Tabla N°5.3 Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura – Pila 5	69
Tabla N°5.4 Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura – Pila 6	71
Tabla N°5.5 Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura – Pila 7	72
Tabla N°5.6 Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura – Pila 8	73
Tabla N°5.7 Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 3	75
Tabla N°5.8 Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 4	76
Tabla N°5.9 Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 5	78
Tabla N°5.10 Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 6	79
Tabla N°5.11 Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 7	80

Tabla N°5.12 Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 8	82
Tabla N°5.13 Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 3	83
Tabla N°5.14 Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 4	84
Tabla N°5.15 Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 5	86
Tabla N°5.16 Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 6	87
Tabla N°5.17 Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 7	88
Tabla N°5.18 Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura de la Pila 8	89
Tabla N°5.19 Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II	91
Tabla N°5.20 Variación de la longitud de fundas metálicas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II	92
Tabla N°5.21 Variación del rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II	93
Tabla N°5.22 Correlación de Spearman	98
Tabla N°5.23 Correlación de Spearman	101
Tabla N°5.24 Correlación de Spearman	105

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1.1 Perfil de suelo	17
Figura 2.1 Perfil de suelo	32
Figura 2.2 Formacion de suelos	33
Figura 2.3 Agua subterranea	33
Figura 2.4 Esquematzacion de las diferentes zonza de saturación	34
Figura 2.5 Nivel freático alimentado a un lago o río - valles	35
Figura 2.6 Nivel freático alimentando a un lago o río - cumbres	35
Figura 2.7 Nivel freatico suspendido	36
Figura 2.8 Análisis granulométrico	42
Figura 2.9 Límites de Atterberg	43
Figura 2.10 Sistema AASHTO	44
Figura 2.11 Simbología del Sistemas Unificado	45
Figura 2.12 Carta de Plasticidad	45
Figura 2.13 Tipos de Cimentaciones	47
Figura 2.14 Cimentaciones Profundas	48
Figura 2.15 Pilotes Pre-excavados	51
Figura 4.1 Ubicación de pilotes	59
Figura 5.1 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 3	67
Figura 5.2 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 4	69
Figura 5.3 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 5	70
Figura 5.4 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 6	71
Figura 5.5 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 7	73
Figura 5.6 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 8	74
Figura 5.7 Variacion de la longitud de fundas en la Pila 3	76
Figura 5.8 Variacion de la longitud de fundas en la Pila 4	77
Figura 5.9 Variacion de la longitud de fundas en la Pila 5	78
Figura 5.10 Variacion de la longitud de fundas en la Pila 6	80
Figura 5.11 Variacion de la longitud de fundas en la Pila 7	81

Figura 5.12 Variacion de la longitud de fundas en la Pila 8	82
Figura 5.13 Variacion del rendimiento en la Pila 3	84
Figura 5.14 Variacion del rendimiento en la Pila 4	85
Figura 5.15 Variacion del rendimiento en la Pila 5	86
Figura 5.16 Variacion del rendimiento en la Pila 6	88
Figura 5.17 Variacion del rendimiento en la Pila 7	89
Figura 5.18 Variacion del rendimiento en la Pila 8	90
Figura 5.19 Prueba de normalidad para el Nivel Freático	95
Figura 5.20 Prueba de normalidad para la variación de profundidad de excavación	96
Figura 5.21 Prueba de homogeneidad de varianzas	97
Figura 5.22 Prueba de normalidad para el nivel freatico	99
Figura 5.23 Prueba de normalidad para la variación de la longitud de fundas	100
Figura 5.24 Prueba de homogeneidad de varianzas	101
Figura 5.25 Prueba de normalidad para el nivel freatico	103
Figura 5.26 Prueba de normalidad para la variación del rendimiento de la perforación	104
Figura 5.27 Prueba de homogeneidad de varianzas	105

RESUMEN

La presente investigación titulada: “Efecto del Nivel Freático en la Perforación de Pilotes Pre-Excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo – Junín 2021”, inicio con el problema: ¹¹ ¿Cuál es el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021?, se fijó por ¹ objetivo general: Determinar el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – ¹ Huancayo, Junín 2021. Como metodología, se aplicó el método científico, del tipo aplicado, de nivel explicativo y diseño experimental. Los resultados son los siguientes: los pilotes de la estructura de la pila 8 no tuvieron variación alguna entre la profundidad teórica y real de excavación, así también se utilizó la menor cantidad de fundas metálicas, sin embargo es la estructura con mejor rendimiento en la perforación de pilotes, caso contrario la estructura de la pila 3 tiene el menor rendimiento de excavación, se utilizó la mayor longitud de fundas metálicas y tiene la mayor variación en la profundidad de excavación real y teórica, por ello se concluye que el rendimiento de la perforación de pilotes en base al indicador planteado guarda relación respecto a la presencia del nivel freático en el proceso de perforación, caso contrario para la excavación de pilotes y la utilización de fundas metálicas. Finalmente, se recomienda evaluar la variación de la profundidad de excavación en la perforación de pilotes por otros métodos, como pueden ser por recuperación de camisas perdidas o por la utilización de lodos en la perforación de estas estructuras.

Palabras claves: Rendimiento, Fundas metálicas, Pilotes pre-excavados

ABSTRAC

The present investigation entitled: "Effect of the Water Table in the Drilling of Pre-Excavated Piles in the Comuneros II Bridge, Chupaca - Huancayo - Junín 2021", started with the next ¹ problem: What is the effect of the water table in the drilling of pre-excavated piles in the Comuneros II Bridge, Chupaca – Huancayo, Junín 2021? The main objective was: ¹ To determine the effect of the water table in the drilling of pre-excavated piles in the Comuneros II Bridge, Chupaca – Huancayo, ¹ Junin 2021. As methodology, the scientific method was applied, of the applied type, of the explanatory level and experimental design. The results are as follows: the piles of pile 8 structure didn't have any variation between the theoretical and real excavation depth, also the least amount of steel casings was used, however it is the structure with the best performance in pile drilling, on the contrary, pile 3 structure has the lowest excavation performance, the longest length of steel casing was used and has the greatest variation in the real and theoretical excavation depth, therefore it is concluded that the performance of pile drilling based on the proposed indicator is related to the presence ¹ of the water table in the drilling process, the opposite is the case for pile excavation and the use of metal casing. Finally, it is recommended to evaluate the variation of the excavation depth in pile drilling by other methods, such as the recovery of lost casing or the use of muds in the drilling of these structures.

Key words: Performance, Steel casing, Pre-excavated piles

INTRODUCCION

En la presente tesis se busca analizar la incidencia del nivel freático en el proceso de perforación de pilotes pre-excavados tanto en el tiempo de ejecución, la utilización de insumos como en las posteriores implicaciones, por ello es importante entender que el proceso constructivo no siempre está relacionado a la utilización de grandes equipos e infraestructura, sino en criterios sobre los medios disponibles que se pueden adaptar a la infraestructura existente.

La presente investigación titulada: “Efecto del Nivel Freático en la Perforación de Pilotes Pre-Excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo – Junín 2021”, busca la solución del siguiente problema: ¹¹ ¿Cuál es el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021?; en el desarrollo se revisa la teoría en relación al diseño, metodología y proceso constructivo de cimentaciones profundas en puentes, los cuales son afines a las variables que son el nivel freático y la perforación de pilotes pre-excavados.

En la investigación se fijó ¹ como objetivo: Determinar el efecto ¹ del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021, con lo cual se ¹ obtienen los siguientes resultados: al analizar ¹ el efecto del nivel freático ¹⁰ en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, se puede resumir que, dentro de las dimensiones analizadas como la variación de la profundidad de excavación real y teórica, longitud de fundas metálicas y el rendimiento en la perforación en relación al nivel freático, luego de haber recopilado la información de campo, gabinete y realizado el análisis estadístico, se concluyó que el rendimiento de la perforación de pilotes en base al indicador planteado guarda relación respecto a la presencia del nivel freático en

el proceso de perforación, caso contrario para la excavación de pilotes y la utilización de fundas metálicas.

La importancia de la siguiente investigación reside en la necesidad de ahondar en la parte inicial del proceso constructivo de un puente, debido a que existe cierto desconocimiento aún sobre la relevancia de los pilotes pre - excavados y la bibliografía es en ocasiones insuficientes para caracterizarlos, es así que se ha visto necesario investigar, recoger y ordenar información recopilada en campo que servirán como antecedente para futuras investigaciones.

Para un mejor entendimiento la investigación consta de seis capítulos, analizados y distribuidos de siguiente manera

El Capítulo I hace referencia al problema general, demarcando y exponiendo los objetivos generales y específicos.

⁴² El Capítulo II expone el marco teórico donde se muestra los antecedentes de la investigación a nivel nacional e internacional, así como también bases teóricas y el marco conceptual.

⁸ El Capítulo III hace referencia a la hipótesis y las variables planteadas en la investigación.

El Capítulo IV se presenta la metodología a ser utilizada en la investigación.

El Capítulo V hace referencia a los resultados de la investigación.

El Capítulo VI se presenta el análisis y discusiones de resultados con respecto a los antecedentes.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el Perú, la difícil y abrupta topografía, con cañones y quebradas profundas, no fue inconveniente para impedir la continuidad de los caminos y el tránsito normal por estas vías. El cruce de depresiones y cauces de los ríos fueron resueltos por la construcción sorprendente de puentes, los cuales se adecuaban a la topografía del lugar, la distancia y la disponibilidad de materiales. Según Meza (2022) los habitantes del antiguo Perú construyeron diversos tipos de puentes que variaron en función del relieve del lugar y de las fuentes de agua existentes por los cuales se debía atravesar, los materiales utilizados propios del lugar y de la relevancia de la obra. (p.96)

Entonces, los puentes y las cimentaciones en las que se sostienen van a depender del contexto en el que se encuentren y a la magnitud del proyecto, muchas de estas estructuras van a requerir de cimentaciones profundas, es por ello que la utilización de pilotes en proyectos de menor envergadura no es recurrente. Una de las razones principales radica es el factor económico, pues normalmente se relaciona a grandes infraestructuras y por consiguiente requiere de inversiones relevantes, en segundo lugar, la información acerca de los métodos de cálculo sigue siendo blanco de incertidumbres lo cual ha llevado a realizar investigaciones a fin de tener un mejor acercamiento. Así, mismo, los suelos en relación al nivel freático y su ubicación generan restricciones en el proceso constructivo de los cimientos y por ello algunas veces necesitan de procedimientos necesarios para que esta estructura recobre sus características y cumpla su función estructural.

Con esta información es previsible no tomar en cuenta la incidencia del nivel freático ¹⁰ en el proceso de perforación de pilotes pre-excavados tanto en el tiempo de ejecución, la utilización de insumos como en las implicaciones posteriores que se tendrá, es importante sugerir que la construcción no necesariamente esta relacionado a la utilización de equipos e infraestructura sofisticada, sino en criterios sobre los medios disponibles que se pueden adaptar a la construcción existente. Entonces es importante dejar de lado los prototipos cotidianos acerca de los obstáculos y la relación con los costos de las alternativas de solución utilizando pilotes que comúnmente suele ser la solución más eficiente.

Bajo esta problemática y siendo los pilotes de utilización común en caso que se requiera transmitir cargas a estratos de suelos más resistentes, es necesario estudiar la incidencia del nivel freático en la perforación de pilotes en Puente Comuneros II.



Figura 1.1 Perforación de Pilotes Pre-excavados

1.2. Delimitación Problema

1.2.1. Delimitación Espacial

La presente investigación se efectuó en la ciudad de Huancayo, donde se conseguirá los insumos, materiales y equipos, así como también se realizará los ensayos experimentales.

46

1.2.2. Delimitación Temporal

El presente trabajo de investigación comprende 6 meses comenzando en el mes de Diciembre del 2021 hasta el mes de Mayo del 2022.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

- ¿Cuál es el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿En cuánto varía la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021?
- ¿De qué manera varía la longitud de fundas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021?
- ¿En cuánto varía el rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021?

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

A razón de que la utilización de pilotes es necesaria en cimentaciones profundas en situaciones especiales como en un puente y no es de aplicación recurrente, se busca contribuir al conocimiento con el análisis del nivel freático y su influencia en la

perforación de los mismos. Con los resultados de este estudio se pretende dar una propuesta de análisis que mejorará el proceso constructivo en pilotes pre-excavados.

1.4.2. Practica

La investigación ayudará a comprender mejor el proceso de perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II y su relación con la profundidad en la que está el nivel freático, así mismo la interacción con el espécimen de suelo, la estratigrafía y rendimiento de excavación, conceptos que intervienen en el proceso constructivo, y que con el resultado de esta investigación se buscara dar una mejor perspectiva.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Determinar el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021
- Cuantificar la variación de la longitud de fundas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021
- Estimar la variación del rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021

1.6. Importancia

La importancia de la siguiente investigación reside en la necesidad e interés de ahondar en la parte inicial del proceso constructivo de un puente, a razón de la existencia de cierto desconocimiento sobre el comportamiento de los pilotes pre - excavados y a que la bibliografía es en ocasiones es exigua, por ello fue necesario investigar, recoger y ordenar la data recopilada en campo que servirán como antecedente para futuras investigaciones.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

8

2.1.1. Antecedentes Internacionales:

Almeida y Vargas, (2020), en la tesis de grado *titulado*: “Comparación de la Capacidad Portante de Pilotes Fundidos In Situ, Utilizando Pruebas de Carga y Metodologías de Cálculo Basados en los Ensayos SPT y CPT”, fijo como *objetivo* efectuar la contrastación de varias metodologías de cálculo, y evaluar la metodología más optima a la prueba de carga realizada en pilotes utilizando la norma ASTM D1143-8. Aplicando una *metodología* basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes *resultados*: el método utilizado más próximo a la prueba de carga de falla proviene de los ensayos de carga en pilotes excavados y fundidos in situ es el Método de Meyerhof y Meyerhof SPT, el cual dio un intervalo de 6% a 35% de error.

Finalmente, fija como *conclusiones*, que en relación de la aplicación de diferentes métodos de cálculo y de las pruebas de carga en pilotes al contrastar metodologías previamente revisadas, se concluye que para arenas la capacidad de fuste es mayor utilizando los métodos FHWA, API y da resultados menores por el método de Meyerhof, esto gracias que el método FHWA es utilizado en las ecuaciones el esfuerzo de pre-consolidación (cambios de esfuerzos horizontales producidos a razón de la construcción del pilote) en arenas que produce se genere mayor fricción entre el suelo y el pilote. Utilizando el método API el factor K brinda un valor mayor a diferencia del método de Meyerhof por que considera una reducción del ángulo de fricción en 5° y en

Meyerhof un valor de 0.8 veces el ángulo de fricción, en conclusión, el método de Meyerhof brinda valores reducidos en comparación a los métodos FHWA y API. La capacidad del pilote por punta en suelos arenosos va ser superior en los métodos API e inferior en los métodos FHWA y Meyerhof, porque en los últimos métodos se brinda un valor limite que no sobrepasa los 3 MPa en comparación con el método API con el cual se alcanza los 12 MPa. Respecto a los factores de capacidad de carga estos son similares entre sí. Para suelos cohesivos la capacidad por fuste es superior para los métodos FHWA y API e inferiores para el método de Meyerhof a razón de que el parámetro adherencia tiene tendencia a aumentar en suelos cohesivos de consistencia firme por el método de FHWA, seguido del API y en inferior nivel por el método de Meyerhof. Respecto a la capacidad por punta para suelos cohesivos es similar para todos los métodos repasados ya que es producto del factor de capacidad de carga de 9 y la cohesión no drenada en la punta del pilote.

Chavarría, (2020), en la tesis que lleva por **título**: “Diseño de Cuatro Obras Geotécnicas: Cimentación con Pilotes Hincados sobre un Estrato Blando de Grano Fino, Estructura de Suelo Reforzado con Elementos Metálicos, Soporte de una Caverna de un Macizo Rocoso Fracturado y Pantalla Anclada para la Excavación de un Sótano de una Edificación”, fijo como **objetivo** utilizar métodos de ingeniería geotécnica para analizar y diseñar cuatro casos prácticos. Aplicando una **metodología** basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes **resultados**: Para el primer caso se analizó el diseño de una cimentación para un edificio de 19 pisos hecho de concreto reforzado y que se ubica en la ciudad de San José. El edificio consta de una planta 36.75 m de largo por 15.85 m de ancho. Al realizar el perfil estratigráfico este tiene 27 m de profundidad, donde el primer estrato tiene aproximadamente 9 m de profundidad, según el tipo de suelo es un limo de consistencia blanda y de baja

compresibilidad, para el siguiente estrato este es un suelo limoso de consistencia media firme y de compresibilidad media. Por ello el diseño de la cimentación es profunda y consta de pilotes hincados metálicos asegurando controlar los asentamientos. El segundo caso se describe como el diseño de un muro de suelo reforzado mediante estabilidad de un talud en una carretera. Las dimensiones del muro son 40 m de longitud y 10 m de altura. El perfil estratigráfico se compone de tres estratos de suelo sobre roca, y se clasifican como limos arcillosos con consistencia blanda a dura. Para el tercer caso se encuentra un sostenimiento de una caverna sobre un macizo rocoso fracturado para una edificación de maquinaria en la zona sur, que se ubica a 450 m de profundidad y posee 44.5 m de alto, 21.4 m de ancho y 146 de largo. La estructura se ubica sobre una formación rocosa de origen sedimentario con cinco familias de diaclasas adicional el sistema de estratificación. Así mismo existe el riesgo de falla y la caída de bloques debido a la fractura de un macizo rocoso. Por último, se realizó el diseño de un muro de retención mediante anclajes activos en el proceso constructivo de los niveles de sótano para una edificación en San José. El proyecto tiene una altura de 11 m y una huella de 64.1 m por 38.3 m. El perfil estratigráfico tiene 18 m y tiene tres estratos de limos de distinta consistencia y compresibilidad. A razón del diseño se elaboran planos constructivos, presupuesto y especificaciones técnicas.

Finalmente, fija como *conclusiones*, a razón de los mapas de la ACG (2009) y mediante las indagaciones en la zona del proyecto existen de grano fino, que son limos MH y ML con deficiencias respecto a la capacidad de soporte de estructuras pesadas. Hay dos estratos de suelos limosos de alta y baja compresibilidad y tiene un espesor total de 27 m sobre roca volcánica. Los resultados de los ensayos geotécnicos del lugar reafirmen el ambiente geológico y tipos de suelos, sin embargo, el espesor de estos en lugar es mayor al obtenido con los mapas. La utilización de mapas brinda información general

de la geología, clases de suelos y obstáculos que se puedan ocasionar y su utilización debe asegurarse en etapas preliminares. Adicional a ello no se puede cambiar la investigación geotécnica en el lugar del proyecto. Para ⁴⁵ los ensayos de penetración estándar, penetración de cono y refracción se consiguen propiedades diferentes, con diferente calidad y objetivos diferentes, que al emplearse en grupo permiten comprobar y calibrar los resultados y obtener un modelo geotécnico confiable. A razón de la información obtenida se plantea un modelo geotécnico que consta de tres unidades geotécnicas. EL primer caso corresponde a un suelo de clasificación MH de 9 m de espesor, y se encuentra sobre UG-2. Esta pertenece a un suelo de clasificación ML de 18 m de espesor, sobre lava. La existencia de limos tiene relación con lo advertido en el proyecto por la zona volcánica.

Gutiérrez, (2020), en la tesis de grado que lleva por *título*: “Análisis del efecto de la rugosidad en el contacto roca-pilote sobre la resistencia por fuste de pilotes”, fijo como *objetivo* evaluar la consecuencia de la rugosidad del contacto entre la roca y el ⁹ pilote sobre la resistencia por fuste en pilotes empotrados en roca. Aplicando una *metodología* basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes *resultados*: Se demuestra que la rugosidad en la relación roca-pilote es un factor con ⁹ gran incidencia sobre la capacidad de carga y rigidez general de los pilotes empotrados ⁹ en roca sometidos a carga axial. Además, se muestra ⁹ que las curvas carga-asiento con los modelos $RF=0.000$ y $RF=0.025$ aumentan de una forma lineal hasta lograr un primer valor de carga axial máximo ⁹ seguido de una ligera disminución de su carga axial; esto pudiese deberse a la disminución de la cohesión que se presenta en la interfaz roca-pilote; después, la capacidad portante aumenta con la variación de la carga axial actuante hasta lograr un segundo valor de carga máxima en los asentamientos de 20.5 y 19.8, 20.5 y 19.8, correspondientemente. En caso de los pilotes más rugosos ($RF =$

⁹ 0.050 y $RF = 0.106$), la reducción de la carga axial por la disminución de cohesión en la interrelación roca-pilote no se demuestra; para estos modelos la capacidad de carga aumento hasta su valor máximo, y después se registró una reducción de su capacidad resistente.

Finalmente, establece como *conclusiones*, mediante la metodología de elementos discretos (MED) y su ejecución en PFC2D, para examinar el actuar del elemento al corte mediante el ensayo de corte directo en la interacción roca-hormigón con condiciones de borde de (i) carga normal constante (CNL) y (ii) rigidez normal constante (CNS). “Dichos modelos fueron calibrados y empleados para reproducir el comportamiento experimental de ensayos de corte directo en juntas gneis-hormigón y arenisca-hormigón” realizados por Gutiérrez (2013) y Gu et al. (2003), respectivamente.

³ Camacho y Mediavilla, (2019), en la tesis de grado *titulado*: “Diseño geotécnico – estructural de pilotes y pilas mediante el método matricial en diversas estratigrafías y niveles freáticos en Ecuador”, fijo como *objetivo* elaborar el diseño geotécnico-estructural de pilas y pilotes utilizando la metodología matricial para diferentes estratigrafías y niveles freáticos. Aplicando una *metodología* basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes *resultados*: en el informe realizado de suelos en el proyecto “Puente N° 6 – Río Jivino” muestra datos cuestionables para ⁷ el análisis de la resistencia nominal del pilote (R_n), la resistencia admisible del pilote (R_r) y asentamientos, esto debido a que no muestra la memoria de cálculo y la utilización de la normativa AASHTO LRFD 2014. Contrastando el ⁷ diseño geotécnico vs el diseño estructural de arenas y arcillas, se puede notar que el diseño geotécnico satisface los requerimientos del diseño estructural para diferentes cargas a diferentes estados, tal ⁷ como se muestra en la norma AASHTO LRFD 2014.

Finalmente, fija las siguientes **conclusiones**, ¹⁷ las cimentaciones profundas (pilotes y pilas) se aplican actualmente a nivel mundial, donde el suelo de cimiento tiene condiciones geotécnicas desfavorables, sin embargo, esto no implica que no se pueda diseñar y construir una edificación, por lo antes mencionado es relevante conocer acerca ⁷ de cimentaciones profundas y estar a la vanguardia de estos conocimientos. El estudio de suelos sobre el “Puente N° 6 – Río Jivino”, no denota resultados aceptables en la memoria de cálculo y en el uso de la norma AASHTO LRFD --2014 al recibir los ⁷ resultados del diseño geotécnico como: resistencia nominal (Rn), resistencia admisible (Rr), y el asentamiento del pilote (S), finalmente se tuvo que realizar un nuevo diseño geotécnico. Es importante mencionar que para la elaboración de esta investigación solo se utilizó datos de campo y gabinete (perforaciones, número de golpes, estratigrafía, ángulo de fricción, cohesión, y otros), que pertenecen al estudio de suelo realizado.

Salas et al. ³ (2019), en el artículo de investigación *titulado*: “Análisis dinámico de una excavación profunda contenida mediante pilotes anclados en la grava de Santiago”, fijo como *objetivos* reducir los movimientos verticales observados necesitan que el proceso de diseño y la normativa vigente es conservador y para una mejor comprensión ¹⁶ del comportamiento físico del problema debería optimizar los procedimientos de diseño. Aplicando una *metodología* basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes *resultados*: la realización del análisis número para ¹⁶ elementos finitos en un estado estático y dinámico, brindando una caracterización de aumento en empujes sísmicos, desplazamientos postsísmicos constantes y esfuerzos en los pilotes producidos de manera interna. En este caso se utilizó un prototipo constitutivo HS-Small, calibrado a razón de los resultados en exploraciones geofísicas del suelo y partir ¹⁶ de ensayos de laboratorio utilizando un procedimiento de gradación paralela. La respuesta de característica dinámica fue observada en varios registros de

aceleraciones, calibrados y ser representativos con la normativa de diseño vigente en el país. Con ¹ los resultados obtenidos, se presentan nuevas conclusiones y recomendaciones sobre las actuales metodologías de diseño.

Finalmente, fija como *conclusiones*, que ¹⁶ el método de las curvas homotéticas (o gradación paralela) tiene la capacidad de conservar la representatividad del espécimen original en términos de resistencia al corte y dilatancia respecto a deformaciones inferiores a 0.3%. Utilizando ¹⁶ esta metodología se presentaron curvas de degradación de rigidez y amortiguamiento para el suelo gravoso. El análisis dinámico realizado con datos previamente comprobados a razón de ser confiables y adecuados a la normatividad actual, denota que ¹⁶ los desplazamientos verticales constantes obtenidos en la cabeza de la primera zona de anclaje se presentan en el rango de 10 a 20 mm.

2.1.2. Antecedentes Nacionales:

Santillana y Silva, (2018), en la tesis de grado *titulado*: “Análisis y Propuesta de Mejora del Método de Excavación con Presencia de Agua para Fundaciones de Puentes en la Costa de la Región Arequipa”, fijo como *objetivo* optimar y realizar un manual como antecedentes para el proceso constructivo de caissons de concreto para la cimentación de puentes en la zona costera de Arequipa. Aplicando una *metodología* basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes *resultados*: Se observa que el incremento ² porcentual o de mejora del proceso Well foundation, con resultado superior, esta presentado por la invalidez de la partida; por otro lado; para el proceso sobre la superficie se incrementan dos partidas, encofrado perdido (5 anillos de 1.12 m y 1 anillo de 1.54 m) y juntas wáter esto que son imprescindibles para la elaboración de los caissons de concreto. Otra modificación porcentual representativa es la del encofrado total con 47% en costo y 56% en tiempo, después está el concreto debajo el concreto bajo agua con 30% en costo y 43% en tiempo y la excavación para

hincado con 17% en costo y 32% en tiempo. Por lo mismo el concreto fraguado posee una baja modificación porcentual debido a que el metrado no cumple una función importante en la ejecución del caisson de concreto.

Finalmente, fija como **conclusiones**, acerca de la actividad de carácter crítico sobre la elaboración de caissons mediante la metodología well foundation es la excavación en el hincado obteniendo un 47 % de influencia a razón de la opinión de los expertos en la práctica. Otras actividades que afectan en el diagrama de flujo son: el encofrado en un 21 % y el control de nivel freático en un 21 % según los expertos.

Las dificultades que se producen por la elaboración de las caissons a través del proceso constructivo well foundation son: desplome, aumento de flujos de agua, existencia de bolonería en el proceso de excavación y el exceso de fricción vertical. De eso, se extrae que el desplome es la razón primordial de complicación debido a la probabilidad de ocurrencia es permanente durante toda la actividad crítica (excavación).

La optimización a través del porcentaje económico en determinada por los expertos engloba la existencia de una mejora cuando la modificación del costo directo por medio del proceso constructivo en la superficie se reduce entre 16 – 20%. En conclusión, se aprueba la mejora en la modificación económica de los puentes Pampa Blanca y Rio Tambo que es 17.5 %

Beltrán y Diaz, (2018), en la tesis de grado **titulado**: “Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del Complejo Arqueológico Chan Chan debido al ascenso del nivel freático”, fijo como **objetivo** examinar la modificación de la capacidad de carga admisible del suelo debido a la carga actuante que proviene del muro perimétrico a razón del aumento del nivel freático; y de ser imprescindible brindar soluciones para mantener el nivel freático. Aplicando una **metodología** basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes **resultados**:

Para conocer cual es impacto de este incidente se obtuvo: estudios de suelos, perfiles estratigráficos, registro de niveles freáticos y planos históricos de las ruinas Chan Chan; adicionalmente, la elaboración de una calicata aplicando los métodos de Terzaghi, Meyerhof y Hansen, para determinar el valor máximo para la capacidad de carga admisible de los suelos que están en contacto del nivel freático y su variación. De estos estudios y su análisis respectivo se pudo obtener el nivel freático a 0.80 m de profundidad, y también se obtuvo el valor de 1.20 kg/cm² para la capacidad de carga; por otro lado, la obtención y análisis del equilibrio indica que el nivel freático está a 0.40 m de profundidad y la capacidad de carga del suelo se reduce a 1.17 kg/cm². Finalmente, fija como conclusiones, el registro actual de un incremento del nivel freático hasta 0.80 m de profundidad, por ello el suelo tiende a soportar una capacidad de carga de 1.20 kg/cm²; mientras que para la estimación en equilibrio de valor limite a 0.40 m va soportar 1.17 kg/cm², lo que brinda un margen de tolerancia (0.03 kg/cm²) lo que ace que se pase a una condición limite. Por tolerancia y su equivalente a 300 kg/m², puede sobrepasarse en cualquier instante a razón de los continuos trabajos que se elaboran para mantener la parte arquitectónica de los muros, que ocasionan sobrecarga. Esto genera que ciertas actividades produzcan fallas en el suelo antes de la manifestación del nivel freático a 0.40 m de profundidad, es así que se tiene que evidenciar la implementación de un sistema de subdrenaje.

Cépeda, (2020), en la tesis de grado titulado: "Análisis Comparativo de Cimentación Profunda de un Centro Comercial con Pilotes Excavados y Micropilotes", fijo como objetivo determinar el tipo de cimentación profunda a utilizar en el centro comercial de la ciudad de Tumbes buscando la más favorable, realizando un estudio técnico comparativo, económico y periodo de ejecución de las opciones planteadas de

cimentaciones profundas: pilotes excavados y micropilotes. Aplicando una *metodología* basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes **resultados**: Tomando en cuenta las solicitaciones de carga vertical de la estructura, se elaboró la cimentación profunda de zapata empleando dos alternativas: pilotes excavados y micropilotes. Para este diseño se obtuvo costos y periodos de ejecución en cada caso. Se determinó que las partidas más determinantes son la perforación, suministro, colocación del concreto y mortero y la colocación de la armadura de acero. El estudio comparativo que se elaboró señala que el diseño con pilotes excavados es 61.6 % menor en cuanto a costo que el diseño con micropilotes e implica un periodo de construcción de 30.8 % más reducido que la opción con micropilotes. Por ello, esta opción es la cimentación profunda más eficiente y se deberá ejecutar en el proyecto. Finalmente, fija como **conclusiones**, la evaluación de la licuefacción considerando un sismo de intensidad severa señala que es licuable hasta 13.3 m de profundidad respecto a la cota de terreno. Esta licuefacción se presenta en los estratos arenosos de baja densidad, donde se realizan una baja cantidad de golpes. Entonces, la cimentación profunda tendrá que sobrepasar esta profundidad para no generar una falla estructural proveniente de la licuefacción de este estrato. Producto de esta solución para cimentación profunda con pilotes excavados en materia económica, 39.8 % representa la perforación del costo unitario por cada pilote excavado de 0.8 m de diámetro. Por ello, se estimaría tener un costo reducido si se tuviera un pilote de longitud reducida, sin embargo, que tenga un diámetro superior al investigado en este trabajo. También se realizó un análisis de contrastación de las dos soluciones de cimentación profunda para la cimentación en un suelo cohesivo como las arcillas y limos de alta plasticidad, y en estratos granulares como las arenas limosas. Producto de esta comparación, la opción con pilotes excavados fue la mejor respecto al costo y periodo de ejecución. Se calculo

un ahorro de 61.6 % del costo directo y una disminución del periodo de ejecución en un 30.8 % en comparación de los micropilotes.

Pardo y Ruiz, (2020), en la tesis que lleva por *título*: “Manual de Control de Calidad en los Procesos Constructivos de Pilotes Excavados de Concreto Armado”, fijo como *objetivo* elaborar un procedimiento de control de calidad para realizar el seguimiento al proceso de construcción en excavación de pilotes de concreto armado realizando un análisis documental. Aplicando una *metodología* basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes *resultados*: El manejo del proceso de excavación valió para hacer seguimiento del estado de los límites del fluido de excavación en sus distintas formas como son: lodo nuevo, rehusó y previo al vaciado. Se logró estabilizar los límites dentro de los rangos establecidos para los cuales se propusieron los procesos para la intervención del lodo se realicen de forma eficiente. Debido a esto se elabora el proceso con el lodo mediante los rangos idóneos hizo que este proceso se lleve a cabo perfectamente. Para el caso del manejo de la verticalidad se logró realizar el seguimiento de la verticalidad del pilote en el transcurso de la excavación, permitiendo realizar la verificación de que la desviación no supere el 2%. El permanente control permitió que no se generen desviaciones relevantes que pueden causar la reducción de la productividad, costos adicionales por trabajos, entre otros. Finalmente, fija como *conclusiones*, una vez generada la propuesta de control de excavación en el pilote P-01 se logró verificar las diferentes variables a tener en cuenta como la densidad, viscosidad, contenido de arena, pH y que se manejan en etapas de lodo nuevo, de rehusó y previo al colado, se observa que el empleo de la utilización del control incide positivamente en la verificación y control del proceso de excavación, finalmente se concluye que el empleo de la propuesta es viable ya que se puede verificar en el proceso de excavación.

Sardón y Sasaki, (2020), en la tesis de grado **titulado**: “Estudio comparativo entre la capacidad de carga de pilotes excavados, estimados mediante métodos analíticos, semiempíricos y pruebas de carga. Aplicaciones en suelos gravosos y arcillosos en la costa del Perú”, fijo como **objetivo** elaborar una investigación comparativa para los métodos estáticos; analíticos y semianalíticos y pruebas dinámicas para obtener el nivel de confianza como metodologías de apreciación de la capacidad de carga en pilotes que son excavados para suelos arcillosos y gravosos a lo largo de la costa del Perú. Aplicando una **metodología** basada en el método científico, de tipo cuantitativa y aplicada, obtuvo los siguientes **resultados**: la propuesta de Hansen demuestra con mayor exactitud la carga en pilotes, para el caso de los instalados en suelos arcillosos, así como para los colocados en suelos gravosos. Adicional a ello, se reafirma que el método de Terzaghi establece un nivel de conservación en todos proyectos. La ecuación de Alfa tiene una mejor respuesta a la carga cuando hace referencia a arcillas en caso de suelos y el método lambda se denota como el más exacto para los proyectos SI y SD. De otra manera los proyectos realizados sobre gravas, tiene la inclinación que parecen indicar sobre la precisión del método lambda brinda valores más precisos y confiables en tanto el método beta se transforma en el más exacto para los pilotes CI, CD y TC. Finalmente, fija como **conclusiones**, el nivel de confianza que tienen los métodos estáticos como opción de estimación de la capacidad de carga en pilotes para especímenes ensayados a través de la determinación del factor $Q_{real}/Q_{admisible}$. La tesis analiza la comparación entre capacidad de carga última real obtenido al ensayar el espécimen con carga dinámica y el criterio Davisson (Q_{real}) contra el valor estimado a través de procesos de capacidad de carga admisible o diseño ($Q_{admisible}$) la cual se obtiene disminuida por las variables de seguridad empleada. Se opta por utilizar la carga estimada de diseño ($Q_{admisible}$) debido a que se busca seguir la metodología clásica

de diseño en la que el valor admisible finalmente es el valor que se utiliza en el dimensionamiento de cimentaciones. La comparación $Q_{real}/Q_{admissible}$ otorga además un conocimiento del factor de seguridad real, que toma en consideración las variabilidades que pueden existir durante la determinación de parámetros geotécnicos, la ejecución del pilote y el comportamiento de los estratos en los que se ejecuta.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Suelo

Según Duque y Escobar (2002) “el suelo en Ingeniería Civil, representa los sedimentos no consolidados de partículas solidas fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica, por lo que el suelo es un cuerpo natural heterogéneo”. (p.3)

2.2.2. Estructura y formación de suelos

Para Duque y Escobar (2002), “la estructura del suelo puede ser natural (la del suelo “in situ”), como un talud, canal en tierra o artificial (suelo como material de construcción), como un terraplén o un relleno” (p. 3).



Figura 2.1 Perfil del Suelo

Fuente: Duque y Escobar (2002)

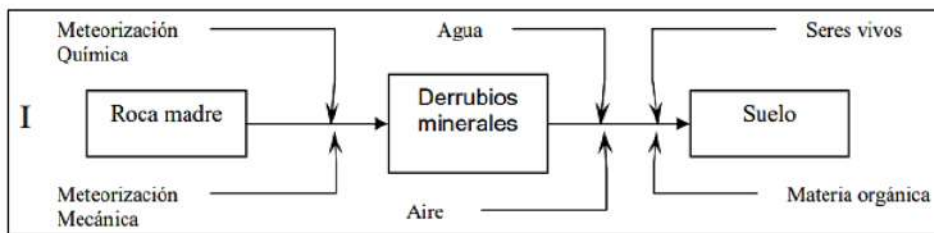


Figura 2.2 Formación del suelo

Fuente: Duque y Escobar (2002)

2.2.3. Aguas subterráneas

Para Ordoñez (2011) el agua subterránea, es la masa acuosa presente en estratos permeables del suelo, rocas y a través de fisuras del macizo rocoso. “Debido a su disponibilidad y buena calidad, en general, el agua subterránea es usada ampliamente para uso doméstico y otros propósitos como por ejemplo para riego de áreas verdes.” El agua puede ser ubicada al interior del suelo en cualquier parte. Los acuíferos se manifiestan de dos maneras geológicamente. Las formaciones encontradas están compuestas por roca sólida, donde el agua subterránea se localiza en las fisuras presentes. (p.24)

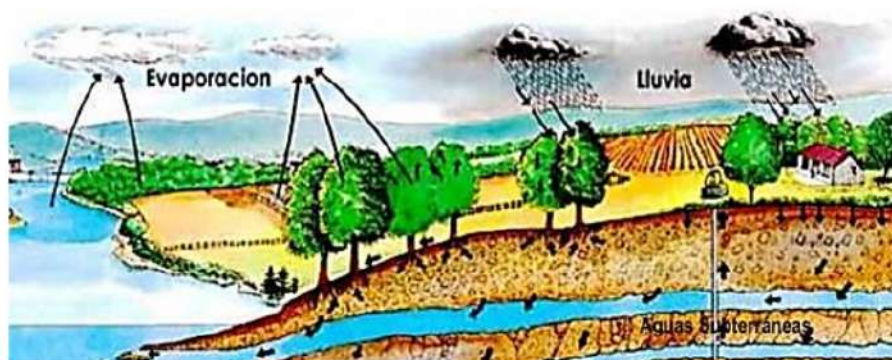


Figura 2.3 Agua Subterránea

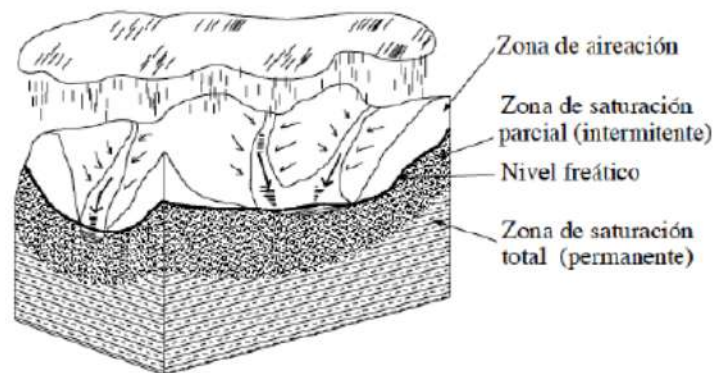
Fuente: Ordoñez (2011)

2.2.4. Influencia del agua en el suelo

Para la Universidad Politécnica de Cataluña (2012), “el agua en el suelo puede influir de diferentes maneras en el comportamiento de cimentaciones superficiales, existe la posibilidad de que las subpresiones que se generan requieran ser consideradas en el cálculo de estabilidad de la estructura, o acciones erosivas de corrientes de agua que desestabilicen a los suelos que sirven de soporte de las cimentaciones”. (p.67)

2.2.4.1. Nivel freático o nivel piezométrico

Según Gonzales (2001), “Es el lugar geométrico de los niveles que alcanza la superficie del agua en pozos de libre observación en libre comunicación con los vacíos del suelo in situ. También se define como lugar geométrico donde la tensión es nula respecto a la atmosférica” (p. 32).



2
Figura 2.4 Diagrama de las zonas saturadas

Fuente: Gonzales (2001)

Además, para Gonzales (2001), si se ubicaran piezómetros en los estratos por influencia del agua, se podría evaluar el nivel de agua mediante el agua estática y se traduciría en el nivel freático (*N. F.*), al interior del suelo y la roca están sumergidos y sobre estas el agua puede subir mediante el proceso de capilaridad. Cuando el agua se

encuentra en este nivel puede abastecer un lago, río o puede ser creado según la geología del lugar como valles y cumbres. (p. 33)

A continuación, en las figuras se muestran estas situaciones:



Figura 2.5 Nivel freático abastecido por un lago o río – valles

Fuente: Gonzales (2001)

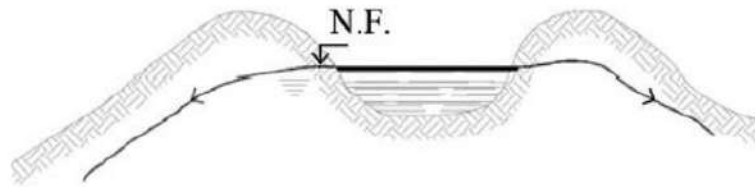


Figura 2.6 Nivel freático abastecido por un río – Cumbres

Fuente: Gonzales (2001)

Igualmente, hay lugares donde el nivel freático se localiza encapsulado por los estratos adyacentes, también denominados bolsas de agua. A continuación, se presenta la gráfica de un nivel freático en suspensión.

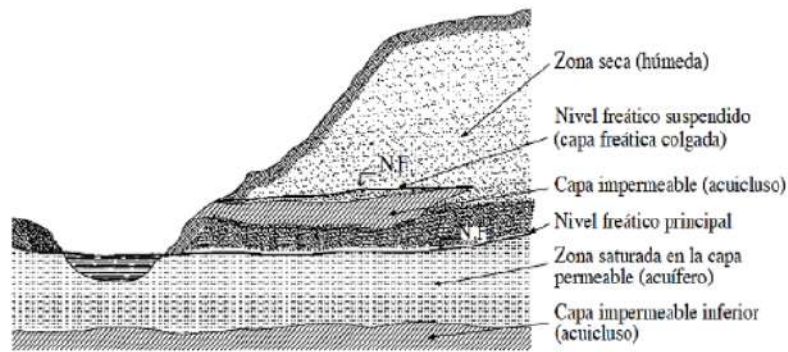


Figura 2.7 Nivel freático en suspensión

Fuente: Gonzales (2001)

2.2.5. Resistencia cortante del suelo

Según Braja (2001) “es la resistencia por área unitaria que ofrece la masa de suelo para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano. Es importante determinar la resistencia cortante de un suelo para analizar los problemas de capacidad de carga estabilidad de taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.” (p. 121)

2.2.5.1. Ángulo de Fricción

Para Rosales (2007), “es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física. Este coeficiente indica el ángulo máximo para la pendiente de un determinado material granular” (p. 76).

$$\text{Coeficiente (rozamiento)} = \tan \phi$$

El ángulo de fricción está en función de varias variables, como pueden ser los más relevantes:

- Dimensiones de las partículas
- Forma de las partículas
- Distribución de tamaños de las partículas
- Densidad

2.2.5.2. Cohesión

Según Rosales (2007), es la medición de la adherencia o cementación que sucede entre las partículas de suelo. En mecánica de suelos el término de cohesión se emplea para denotar la resistencia al cortante provocado por la cementación, mientras que en la física tradicional se emplea para explicar la tensión. Para suelos que se componen en su totalidad de granos gruesos donde no se presenta cementación o material que genere adherencia, la cohesión tiende a cero y son llamados suelos no cohesivos. (p. 77)

2.2.5.3. Cohesión aparente

Para Rosales (2007) “en los suelos no saturados el agua en los poros produce un fenómeno de adherencia por presión negativa o fuerzas capilares. Esta cohesión aparente desaparece con la saturación” (p. 77).

2.2.5.4. Criterio de falla de Mohr-Coulomb

Braja (2001) menciona que esta proposición demostrada por Mohr (1900) se sostiene en la ruptura de los materiales. “En el cual sustenta que un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal (σ) y esfuerzo cortante (τ). Expresando de la siguiente manera así dicha relación de esfuerzos” (p.457).

$$\tau_f = f(\sigma)$$

Donde:

τ_f : esfuerzo cortante sobre el plano de falla

σ : esfuerzo normal sobre el plano de falla

No obstante, Braja (2001) menciona que “para la mayoría de los problemas de mecánica de suelos, es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal” (p.459). Dicha proposición se muestra a continuación:

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

Donde:

c : cohesión o cohesión aparente

σ' : esfuerzo normal efectivo en el plano de corte

ϕ : ángulo de fricción

2.2.5.5. Ley de falla por cortante en el suelo saturado

Según Braja (2001), “este tipo de falla se presenta en suelos saturados, donde el esfuerzo normal total en un punto es igual a la suma del esfuerzo efectivo y la presión de poro” (p.462).

$$\sigma = \sigma' + u$$

Donde:

u : presión de poro

Asimismo, el esfuerzo efectivo σ' es captado por los sólidos del suelo. Por ello, para efectuar la ecuación previa en mecánica de suelos, se reemplaza y se tiene la siguiente expresión:

$$\tau_f = c + (\sigma - u) \sigma' \tan \phi = c + \sigma' \tan \phi$$

2.2.6. Agresión del suelo y del agua

Dentro del reglamento nacional de edificaciones (2021), en la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones, se indica que es “necesario analizar la posibilidad de ataque químico por suelos y aguas subterráneas cuando hay evidencias de la presencia de sales” (p.335). Igualmente, la Norma E-060 de Concreto Armado, insta advertencias para el caso de compuestos químicos que afectan el agua, agregados y aditivos.

2.2.6.1. Agresividad del Suelo de Cimentación

Según el Instituto Americano del Concreto (2019), el ataque producido por el suelo a la cimentación del proyecto, va estar en relación ²¹ de la existencia de elementos químicos que afectan el concreto y acero de refuerzo, ocasionando patologías. La reacción química sucede en contacto con el agua que puede estar en contacto con la cimentación (bajo nivel freático, zona de ascensión capilar, filtración, inundaciones, etc.). Los compuestos químicos a analizar como se observa en la tabla 2.1 son los compuestos con radicales sulfatos y cloruros por su efecto químico en el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles que ocasionan la reducción de la resistencia por lixiviación (p.62)

Tabla N°2.1

Ensayos químicos perjudiciales para cimentaciones

PRESENCIA EN EL SUELO	ppm	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
Sulfatos solubles	0 – 1 000 1 000 – 2 000 2 000 – 20 000 >20 000	Insignificante Moderado Severa Muy severa	Ocasiona un ataque químico al concreto de cimentación.
Cloruros solubles	> 6 000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales totales solubles	> 15 000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Fuente: Instituto Americano del Concreto (2019)

2.2.6.2. ³Ataque Ácido

En general, cuando el pH es menor de 5 es ácido, se debe ³proteger los elementos del concreto. El Reglamento Nacional de Edificaciones (2021) en la Norma E-060, recomienda que “para pH menores de 4, se debe proteger el concreto”. La Norma E-050 cita que “en caso del pH menor a 4, se debe proponer medidas adecuadas para proteger el concreto del ataque del ácido”.

2.2.6.3. Ataque por Sulfatos

²¹ El Reglamento Nacional de Edificaciones (2021) ¹⁰ en la Norma E050, expone que “la presencia de sulfatos no produce lixiviación, sino que la pasta endurecida de cemento, a consecuencia de un aumento de volumen, se desmorona y expansiona, formándose grietas y ablandamiento del concreto”. Esta ³ norma muestra en la tabla 2.2 de la Norma E060 Concreto Armado la concentración respecto al ataque químico debido a sulfatos en agua y suelos subterráneos y la cantidad que se debe usar en cada caso. La tabla especifica los casos en los cuales ³ el sulfato soluble en agua (SO₄) que reside en el suelo, está entre el 0.0% y 0.1%, la afectación al concreto es insignificante.

Tabla N°2.2

³ *Contenidos permisibles de sulfatos*

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de cemento	Relación máxima agua – material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f _c mínimo (Mpa) para concretos de peso normal y ligero ⁺
Insignificante	0.0 ≤ SO ₄ < 0,1	0 ≤ SO ₄ < 150	–	–	–
Moderada**	0.1 ≤ SO ₄ < 0,2	150 ≤ SO ₄ < 1500	II, IP (MS), IS(MS), P(MS), I (FM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	28
Severa	0.2 ≤ SO ₄ < 2.0	1500 ≤ SO ₄ < 10000	V	0.45	31
Muy severa	2.0 < SO ₄	10000 < SO ₄	Tipo V más puzolana***	0.45	31

Fuente: Norma E.060 (2021)

2.2.6.4. Ataque por Cloruros

En el Reglamento Nacional de Edificaciones (2021), se menciona que la ¹⁰ existencia del ion cloruro denota el riesgo de corrosión del acero de refuerzo del concreto. La Norma E050 propone que cuando la concentración de cloro en el suelo y agua de un cimiento es superior a 1000 ppm (0.1%), se debe implementar herramientas de protección. (p.337)

2.2.7. Perfil Estratigráfico

Para el Servicio Geológico Mexicano (2017) “la estratigrafía es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación, así como de la identificación, descripción y secuencia tanto vertical como horizontal de las rocas estratificadas; también se encarga de la cartografía y correlación de estas unidades de roca, determinando el orden y el momento de los eventos en un tiempo geológico determinado, en la historia de la Tierra”. La finalidad de la estratigrafía es:

- Identificar el suelo
- Delimitación de unidades estratigráficas
- Ordenar los estratos
- Levantamiento de secciones estratigráficas
- Explicación genética de las unidades
- Correlación y determinación de tiempo
- Evaluación de cuencas

2.2.8. Granulometría

Para Braja (2001), en una porción de suelo los tamaños de las partículas varían indistintamente. Para realizar una correcta clasificación del suelo se debe observar la distribución granulométrica para suelos de grano grueso es que se realiza mediante la utilización de tamices de diferentes aberturas. Para suelo de partículas finas, la distribución granulométrica se puede lograr mediante del análisis granulométrico utilizando un hidrómetro. (p.5)

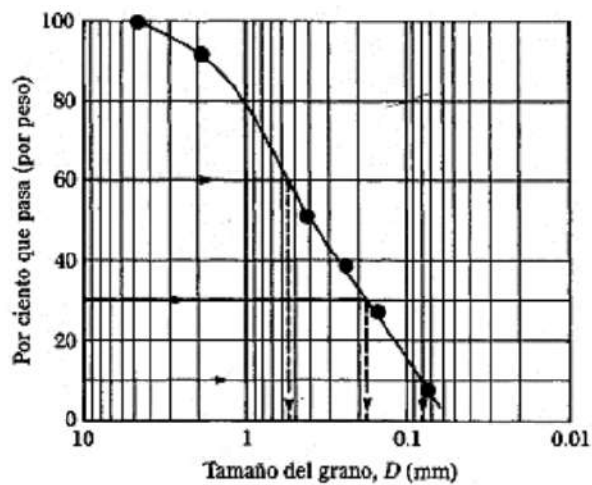


Figura 2.8 Análisis Granulométrico

Fuente. Braja (2001)

El método de ensayo utilizado para el análisis granulométrico se basará en la Norma Técnica Peruana 339.128. (2019), “el cual se realiza por tamizado y por sedimentación de los suelos, pudiendo efectuarse en forma combinada con uno de los métodos indicados” (p.1).

2.2.9. Límites de Atterberg

Según Braja (2001), menciona que al mezclar un suelo arcilloso con agua en exceso este puede actuar como un semilíquido. Cuando se va secando suelo este va actuando de distinta manera que puede ser plástico, semisólido o sólido considerando el contenido de humedad. Pasando este valor a porcentaje tenemos el instante en que el suelo pasa de estado líquido a estado plástico y se define como límite líquido (LL). Así mismo, el porcentaje de humedad del suelo, con el que el suelo pasa de un estado plástico a un semisólido y de un semisólido a un sólido se precisan como el límite plástico (PL) y el límite de contracción (SL), respectivamente. En conjunto estos parámetros se nombran límites de atterberg. (p.15)

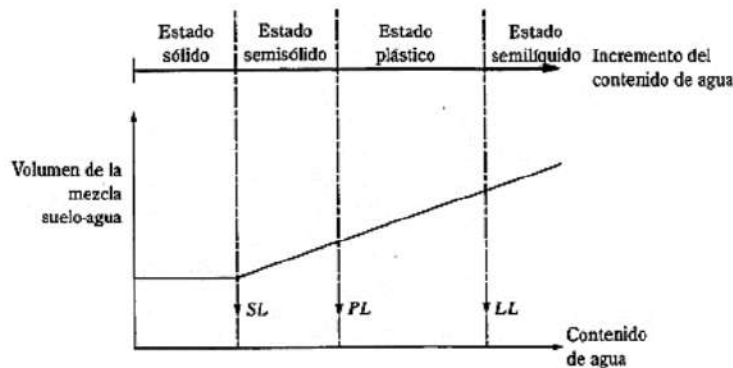


Figura 2.9 Límites Atterberg

Fuente. Braja (2001)

El método de ensayo utilizado para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de una muestra de suelo es la Norma Técnica Peruana 339.129. (2019)

2.2.10. Sistemas de Clasificación de Suelos

Braja (2001) menciona que “los sistemas de clasificación de suelos dividen a estos grupos y subgrupos en base a propiedades ingenieriles comunes tales como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico” (p.78). Los dos métodos principales de clasificación utilizados generalmente son el Sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el Unified Soil Classification System, no obstante, la clasificación AASHTO se usa para clasificación de las capas de carreteras. No se usa en la construcción de cimentaciones. (p.78)

2.2.10.1. Sistemas AASHTO

Según Braja (2001) el Sistema de Clasificación de suelos AASHTO fue desarrollado por el Highway Research Board's Committee para clasificar suelos destinados para subrasantes y caminos de tipo granular (1945). Conforme al sistema actual los suelos pueden clasificarse a partir de ocho grupos principales, A-1 al A-8, considerando la distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los

suelos que pertenecen a los grupos A-1, A-2 y A-3 son suelos de partículas gruesas y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. La turba, el lodo y otros suelos que son altamente orgánicos y quedan clasificados en el grupo A-8. Estos suelos se clasifican por reconocimiento visual. (p.79)

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasan por la malla no. 200)						
	A-1			A-2			
Clasificación del grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-12-6	A-2-7
Análisis por cribas (%)							
Malla no. 10	50 máx						
Malla no. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla no. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa la malla no. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (PI)		6 máx	No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Calificación de la capa	Excelente a buena						
Clasificación general	Materiales de lodo y arcilla (Más del 35% de la muestra total pasa por la malla no. 200)						
Clasificación del grupo	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 ^a A-7-6 ^b			
Análisis por cribas (%)							
Malla no. 10							
Malla no. 40							
Malla no. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín	
Para la fracción que pasa la malla no. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	41 mín	41 mín	
Índice de plasticidad (PI)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	11 mín	11 mín	
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos			Principalmente suelos arcillosos			
Calificación de la capa	Regular a pobre						
	* Si $PI \leq LL - 30$, es un A-7-5.						
	* Si $PI > LL - 30$, es un A-7-6.						

Figura 2.10 Sistema AASHTO

Fuente. Braja (2001)

La Norma Técnica Peruana 339.135 (2019) muestra todo el proceso para clasificar de especímenes minerales y orgánico-minerales en siete grupos, que se fundamenta en la obtención en laboratorio de la distribución del tamaño de granos, el límite líquido y el índice plástico. Es generalmente empleado cuando se necesita una clasificación ingenieril para la construcción de vías y carreteras. El análisis del suelo para clasificar

lo en un grupo es elaborada a través de un índice de grupo, que se calcula por una fórmula. (p.1)

2.2.10.2.Sistema Unificado

Según Braja (2001) que muestra el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos que en un inicio fue ¹⁷propuesto por A. Casagrande en 1942 y después examinado y patrocinado por el Bureau of reclamation de Estados Unidos y por el Cuerpo de Ingenieros nos menciona que este sistema se usa en prácticamente todo proyecto de geotecnia. En el Sistema Unificado, se tiene los siguientes símbolos. (p.80)

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduados	Mal graduados

Figura 2.11 Simbología del Sistema Unificado

Fuente. Braja (2001)

La carta de plasticidad muestra el ³⁵procedimiento para determinar los símbolos de grupo para varios tipos de suelos. Cuando se clasifica un suelo se brinda el nombre de grupo que denota y caracteriza al suelo junto al símbolo que le corresponde.

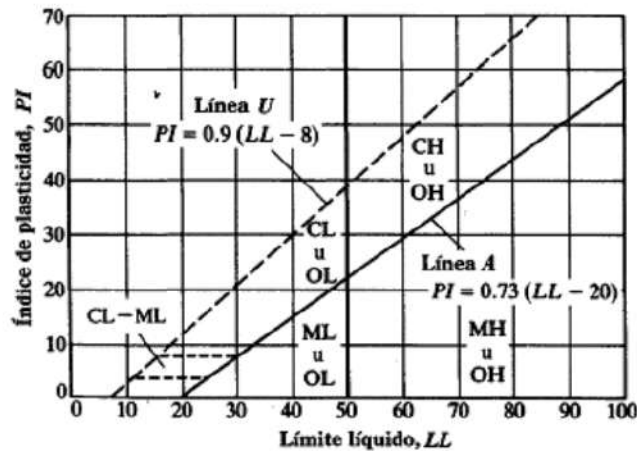


Figura 2.12 Carta de plasticidad

Fuente. Braja (2001)

La Norma Técnica Peruana 339.134 (2019) para clasificar el suelo ya sean minerales y orgánicos con relación a la ingeniería, fundamentado en la labor del laboratorio en determinar los ensayos de granulometría, límite líquido e índice plástico, usualmente utilizado cuando se requiera de precisión. (p.1)

2.2.11. Cimentación

Según, Cobaleda et al (1983) menciona que “el cimiento es una de las partes básicas de cualquier edificación, por esto su construcción requiere de especial cuidado, dado que es la estructura encargada de transmitir y distribuir las cargas vivas y muertas al suelo firme. El tipo de cimiento a construir está determinado por los siguientes factores” (p.7):

- ⁴¹ Tipo de suelo
- Topografía del terreno
- Límites del área donde se ha de construir
- Tipo de proyecto a realizar

Estos parámetros deben ser analizados con antelación para poder entender cualquier tipo de cimentación. Y estos pueden clasificarse como:

- Las cimentaciones para una edificación pueden ser
- Cimentaciones superficiales
- Cimentaciones profundas
- Cimentaciones combinadas

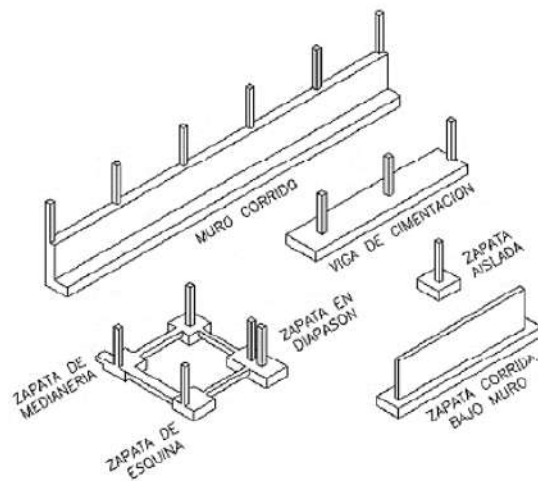


Figura 2.13 Tipos de Cimentaciones

Fuente. Cobaleda et al (1983)

2.2.12. Cimentación Profunda

Para Montoya y Pinto (2010), el concepto de cimentación profunda se basa en la cantidad de ⁴⁴esfuerzo cortante presente entre la cimentación y el terreno, que van a soportar cargas aplicadas, en otras palabras, entre la fricción vertical entre el terreno y la cimentación. Debido a ello su profundidad, para poder brindar una mayor área sobre la cual se va manifestar ⁷un esfuerzo grande para tolerar la carga. Esta clase de cimentación se maneja en casos especiales: puede ser una edificación de extensa área a sostener, una obra expuesta a una carga bastante grande sin poder emplear algún sistema de cimentación especial o que el suelo en esa área no tenga resistencia o parámetros necesarios para tolerar proyectos muy extensos o pesados. (p. 13)

Según Braja (2001) “Las cimentaciones profundas son miembros estructurales hechos de acero, concreto o madera. A pesar que su costo es mayor a las cimentaciones superficiales, el uso de cimentaciones profundas, es a menudo necesario para garantizar la seguridad estructural” (p.564).

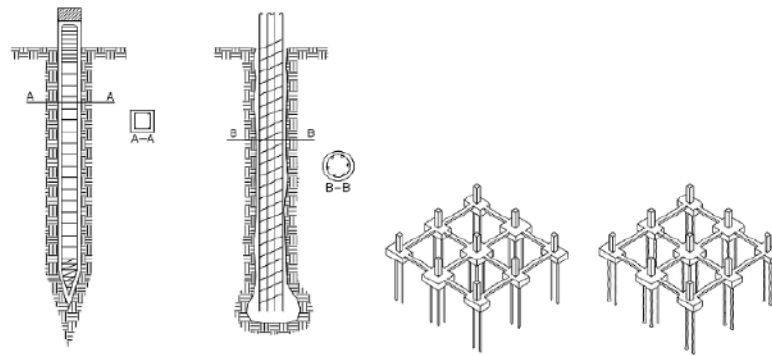


Figura 2.14 Cimentaciones Profundas

Fuente. Montoya y Pinto (2010)

Para Hernández (2013), Las cimentaciones de tipo profundas de concreto en este caso pilotes de ³⁶ sección transversal circular, por su fácil construcción in situ. Estos pilotes se realizan perforando un agujero en la superficie, para luego introducir una armadura de refuerzo a razón de lo planteado en el diseño para finalizar introduciendo con concreto toda la excavación. (p.5)

2.2.13. Pilotes

Según Alva (1998), la utilización de pilotes es una de las metodologías que tiene mas años y que sirvió para solucionar los obstáculos para el diseño de cimentaciones sobre ²⁹ suelos blandos.

Antes del siglo XIX, la cimentación comúnmente utilizada en las edificaciones eran las zapatas continuas y dependiendo de las características del suelo para ²⁹ soportar las presiones que utilizaban las zapatas, se empleaban pilotes. Y estas cimentaciones eran diseñadas empíricamente o simplemente eran trabajos muy simples. Al comienzo, los pilotes se fabricaban de madera por su fácil manejo y existía en cantidad, por ello para asegurar la seguridad de una edificación se utilizaban e hincaban pilotes en gran cantidad, pero sin sustento normativo y sin el criterio de un especialista. ²⁹ De esta forma

la capacidad de carga del pilote es restringida por el espesor de la madera y su capacidad de tolerar el peso del martillo sin astillarse. Por ello, al inicio se presentaron lineamientos rudimentarios mediante los cuales la carga admisible de un pilote se fundamenta en la resistencia al golpe de un martillo de masa y altura de caída demostrable. Finalmente, como las estructuras de la época no eran afectadas por asentamientos no se pensó en reemplazar el material por otro más resistente. (p.358)

Para Alva (1998), obtener un amplio conocimiento del comportamiento de pilotes, se da debido a diferenciar las clases de pilotes y los métodos de construcción o instalación existente. La construcción y diseño de cimentaciones con pilotes es un campo de mecánica de suelos en la que se necesita de la habilidad ingenieril para que no exista equivocaciones en las formulaciones y se pueda realizar en base a la experiencia una buena estructura considerando el comportamiento de los materiales. (p.359)

2.2.13.1. Funciones y usos de pilotes

Para Alva (1998) “el pilote es un elemento estructural que forma parte de la infraestructura de la edificación, cuyas funciones principales son las siguientes” (p.359):

- Transmitir las cargas de la superestructura y de las demás partes de la estructura por medio de los estratos débiles y compresibles, a través del agua y aire, hasta los estratos inferiores la cantidad necesaria de carga para sostener la estructura, actuando el pilote como una extensión de la columna o pilar.
- Transmitir o distribuir la carga sobre un estrato relativamente disperso por medio de la fricción de superficie entre el pilote y el suelo. A este pilote lo llamamos "pilote de fricción" y así mismo se puede subclasificar, según Terzaghi, en pilotes de fricción en suelos de partículas gruesas con más permeabilidad y pilotes en suelos de partículas finas o de poca permeabilidad.

- En ocasiones donde el suelo que rodea el pilote lo desplaza hacia abajo, es denominado “fricción negativa”, ²³ esta fricción suele desplazar el pilote y no poder bajar más, en la punta el pilote sufre una presión concentrada.
- Brindar anclaje a edificaciones que sufran supresiones, momentos de volteo o algún efecto que intente elevar la estructura.
- Lograr ³⁴ con la cimentación profundidades que no sufran de erosión, socavaciones u otros efectos.
- Para no permitir que se dañe la estructura y una posible ⁷ excavación a la cimentación de una construcción continua, para este caso el pilote transmite la carga de la cimentación por debajo de la profundidad de excavación esperada.
- Se ³⁴ suelen utilizar en zonas donde existe suelos expansivos o colapsables, para asegurar que los desplazamientos estacionales no sucederán.
- Conservar estructuras en el mar como son los muelles, atracaderos e impactos de embarcaciones.
- Tolerar los ³⁴ muros de contención, contrafuertes o cimientos profundos
- Compactar los estratos

2.2.13.2. Pilotes pre-excavados

La empresa constructora Pilotes Terratest (2022), menciona que para el caso de pilotes pre-excavados estos van a ser elaborados por la extracción del suelo de forma parcial y que van a ser hormigonados “in situ”. Estos pilotes componen una de las alternativas de solución generalmente utilizadas en fundaciones especiales. Este puede empelarse como cimentación, logrando transmitir grandes cargas al suelo, o verticalmente como contención de suelos. Su dimensionamiento permite tolerar

combinaciones de esfuerzos verticales, horizontales y momentos flectores, como son las cimentaciones de puentes, edificaciones o elemento de contención vertical.

Por lo general los diámetros asiduos en pilotes van de 400 a 2000 mm y pueden utilizarse en toda clase de suelo, incluso en roca, si se utilizan las herramientas de perforación o excavación apropiadas. (Pilotes Terratest, 2022)

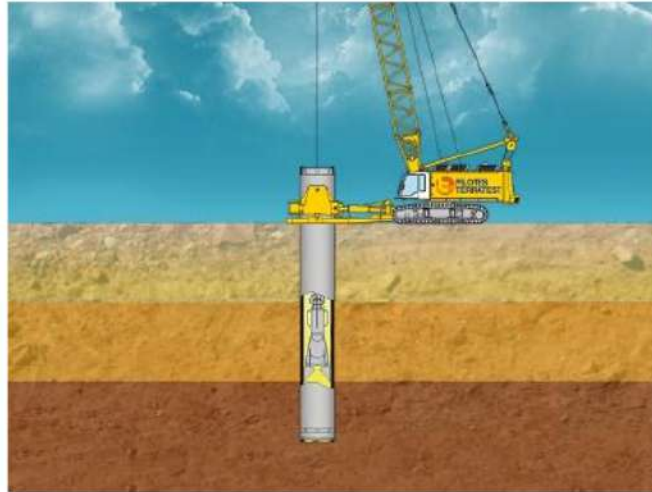


Figura 2.15 Pilotes Pre-excavados

Fuente. Pilotes Terratest (2022)

2.2.14. Puente

²⁷ El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual de Puentes (2018) define un puente como “la estructura requerida para atravesar un accidente geográfico o un obstáculo natural o artificial” (p.30).

2.2.14.1. Partes de un puente

En todo puente se puede notar dos componentes principales: superestructura y subestructura.

2.2.14.2. Superestructura

Para Torres y Yuquilema (2018) “es el conjunto de tramos que salvan los vanos situados entre soportes. Está conformada por el tablero o piso que soporta directamente las cargas, vigas, diafragma, cables, armaduras, arcos, quienes transmiten las cargas del tablero a los apoyos” (p.6).

2.2.14.3. Subestructura

Según Torres y Yuquilema (2018) “son los apoyos o soportes formados por pilares (apoyos centrales); estribos (apoyos extremos), que soportan directamente la superestructura y las fundaciones que transmiten los esfuerzos al terreno” (p7).

- ⁷ Estribos: Estos elementos estructurales están localizados a los extremos de luz del puente, cuya función es soportar el tablero en estos puntos.
- Pilas: Estos elementos se ubican en zonas intermedias a lo largo del puente y su función es resistir el tablero.
- Fundaciones: En este caso estas estructuras ⁷ transmiten las cargas de los estribos y pilotes a los estratos.

2.3. Marco conceptual

Suelo Colapsable. – Redolfi (2007) menciona que ³ los suelos colapsables conservan una estructura permeable, con un índice de vacíos, entre alto a muy alto, la granulometría fina con limos y arcillas poco distribuido donde una fracción de arcilla es escasa, pero tiene el comportamiento importante de la estructura intergranular, la estructura mal acomodada presenta granos de tamaño separadas, clasifican a los suelos colapsables y desmoronables. (p. 16)

Fundas metálicas. – Son tubos que tienen ³² la misma función de un encofrado; esta funda o camisa se va incrustando al tiempo que se efectúa la excavación. Estas camisas pueden

ser aprovechables o desechadas si se dejan en el terreno; la camisa metálica puede ser ³² tratado en su cara externa con pintura apropiada para impedir la corrosión. Tener en cuenta que el diámetro de las camisas o fundas requiere ser superior al diámetro del pilote gracias a que estas se ponen en la parte superior de la excavación, y deben dar libre ingreso del balde de perforación de Ø 1.50 m en su interior. (Ingeniería Civil Templates, 2022)

Estratos. – Según Guerreiro (2020) un estrato representa cada una de las capas que componen una formación de sedimentos o rocas estratificadas, y está constituido por dos elementos. Los suelos ⁴⁰ se forman típicamente como capas marcadas de profundidad (espesor) uniforme, delimitadas por superficies de estratos, que son interfases notorias ⁴⁰ respecto el estrato más joven (situado encima) y el más viejo (debajo). Estos perfiles de suelo horizontales y similares pueden transformarse en contacto con fuerzas tectónicas, sufriendo desplazamientos. (p. 10)

Rendimiento. – Para Porras (2019) en el sector constructivo, ¹⁰ la definición de rendimiento está conectada con la magnitud de tiempo que necesita un trabajador, cuadrilla o maquinaria, concluir un proyecto en un plazo determinado. El rendimiento puede verse influenciados por diversos parámetros como aspectos laborales, clima, la actividad, el equipamiento, supervisión y el trabajador. (p. 8)

Cargas Permanentes. – Según ²⁷ el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual de Puentes (2018) “son aquellas cargas que actúan durante toda la vida útil de la estructura sin variar significativamente, o que varían en un solo sentido hasta alcanzar un valor límite” (p. 88).

Cargas Variables. – Para ²⁷ el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual de Puentes (2018) se denominan a las cargas para que tiene variaciones usuales y frecuentes en términos relativos a su valor intermedio. Las cargas que varían consideran ²⁶ las masas de los vehículos y personas, así como los efectos dinámicos correspondientes, las fuerzas de frenado y aceleración, y las fuerzas centrífugas como las fuerzas laterales sobre rieles. (p. 88)

Cargas Excepcionales. – Según ²⁷ el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual de Puentes (2018) “son aquellas cargas cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, pero que en determinadas condiciones deben ser consideradas por el proyectista, como por ejemplo las debidas a colisiones, explosiones o incendio” (p. 89).

CAPITULO III

HIPOTESIS

3.1. Hipótesis General

- El nivel freático tiene efecto negativo en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.

3.2. Hipótesis Especificas

- La profundidad de excavación varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.
- La longitud de fundas varía considerablemente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.
- El rendimiento de la perforación varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.

3.3. Variables

3.3.1. Variables Independientes

- Nivel freático

3.3.2. Variables Dependientes

- Perforación de Pilotes Pre – Excavados

8

3.3.3. Operacionalización de las Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Nivel Freático	"El agua que cae sobre el suelo parte escurre y parte se infiltra por acción de la gravedad hasta estratos impermeables más profundos, formando la napa freática. El límite superior de este manto acuífero se llama nivel freático" (Crespo, 2004, p. 143)	La variable V1: Nivel freático se operacionaliza mediante tres dimensiones que son, D1: Profundidad del nivel freático así mismo cada dimensión se subdivide en indicadores.	D1: Profundidad del nivel freático	I1: Profundidad (m)	Fichas de recopilación de información.	Razón
V2: Perforación de Pilotes	"El uso de pilotes es una de las técnicas más antiguas del hombre para superar las dificultades de la cimentación de estructuras en suelos blandos" (Alva, 1998, p. 358)	La variable V2: La perforación de pilotes se operacionaliza mediante tres dimensiones que son, D1: Profundidad de excavación, D2: Longitud de Furdas y D3: Rendimiento; A su vez cada una de estas dimensiones se subdividen en un indicador.	D1: Variación entre la profundidad de excavación final teórica y real D2: Longitud de Furdas D3: Rendimiento	I1: Profundidad (m) I1: Longitud (m) I1: Rendimiento (metros de excavación/día)	Fichas de recopilación de información.	Razón

CAPITULO IV

METODOLOGIA

4.1. Método de Investigación: Científico

Según Arias (2012) menciona que, “El método científico es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis” (p.18).

La investigación comienza con la observación directa de los hechos, en este caso se describirá el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, verificando las hipótesis planteadas mediante la experimentación, llegando finalmente a las conclusiones.

Acorde a las consideraciones en la presente investigación se aplica el *método científico*.

4.2. Tipo de Investigación: Aplicada

Según Borja (2012) considera que, en la investigación de tipo aplicada, se diseña una forma confiable para conocer el entorno a través de la recolección y análisis de datos, por cual se podría responder las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y usualmente en el uso de la estadística para instaurar con exactitud patrones de comportamiento en una población. (p.11)

En la investigación se va a medir los materiales usados, la cantidad de pilotes excavados, las características del suelo, la profundidad del nivel freático, teniéndose como producto el análisis del rendimiento en el proceso de perforación de pilotes.

De acuerdo a los antecedentes analizados, esta investigación se clasifica como del *tipo aplicada*.

4.3. Nivel de la Investigación: Explicativo

Según Hernández et al. (2014), los estudios explicativos llegan más allá de la representación de conceptos o fenómenos o de la presentación de relaciones entre conceptos; quiere decir que, están llamados a contestar por los principios de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué sucede un fenómeno y en qué condiciones se muestra o por qué se relacionan dos o más variables. (p.95)

En la investigación se pretende dar a conocer los efectos del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comunceros II y las condiciones en las que se realiza. Bajo este análisis la investigación corresponde al *nivel explicativo*.

4.4. Diseño de Investigación: Experimental

Según Sánchez (2019) en el diseño experimental con pre experimentos la capacidad de control del experimento es mínima, esto se debe a que el investigador no tiene control sobre la variable independiente, sino que se registran los eventos que se desarrollan en el estado natural del objeto de estudio. (p.49)

Para la actual investigación se propone incluir todos los pilotes perforados en la margen izquierda que componen las pilas ubicadas a lo largo del desarrollo del puente en los cuales varía la disposición del nivel freático y la estratigrafía, variando el tipo de suelo y el rendimiento de la perforación.

Según el análisis realizado, el diseño a aplicar en la presente investigación es el *diseño experimental con pre experimentos*.

8

4.5. Población, Muestra y Muestreo

4.5.1. Población

Según Arias et al. (2016) la población de estudio es un grupo de casos, determinado, limitado y viable, que creará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de variables predeterminados. Importante mencionar que cuando nos referimos a la población de estudio, los términos no definen ⁵ exclusivamente a grupos humanos, sino que también puede incluir a animales, muestras biológicas, expedientes, hospitales, objetos, familias, organizaciones, etc. (p.202)

Para la presente investigación la población coincide con la muestra de estudio, siendo un total de 36 pilotes ubicados en la margen izquierda como unidades de estudio.



Figura 4.1 Ubicación de los pilotes

Fuente. Google Maps (2022)

4.5.2. Muestra

Según Toledo (2012) considera que “una muestra es una parte de la población. La muestra puede ser definida como un subgrupo de la población o universo. Para

seleccionar la muestra, primero deben delimitarse las características de la población” (p.6).

La muestra está constituida por todos los pilotes perforados que componen las estructuras denominadas “Pilas” 3, 4, 5, 6, 7 y 8 en la margen izquierda, ubicados de manera correlativa y a diferentes profundidades, es decir, se va analizar un total de 36 pilotes.

4.5.3. Muestreo: No probabilístico

Según Hernández et al. (2016) en las muestras no probabilísticas, la elección de los componentes no surge de la probabilidad, por el contrario, salen ²⁸ de causas afines con las características de la investigación o los objetivos del investigador. Debido a esto, el procedimiento no es mecánico ni se fundamenta en fórmulas de probabilidad, sino que es el producto del proceso de toma de decisiones del investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas cumplen a otros criterios de investigación. (p.176)

³ En la presente investigación se emplea el muestreo no probabilístico, por lo que el investigador ha asumido la muestra por conveniencia en tiempo y costo. La cual está distribuida de la siguiente manera.

Tabla N°4.1

Número de Ensayos

ESTRUCTURA	PILOTES
Pila 3	06
Pila 4	06
Pila 5	06
Pila 6	06
Pila 7	06
Pila 8	06
Total:	36

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnica: observación directa

Según Arias (2012) “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.69).

En la presente investigación se aplicó la técnica de la observación. Todos los datos observados se deberán plasmar en formatos adecuados de recolección de información.

Se realizaron las mediciones de Abril del 2021 hasta Marzo del 2022, y los datos fueron tomadas in situ.

4.6.2. Instrumentos de recolección de datos: Ficha de Recopilación de Información

Según Hernández et al. (2014) “un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente” (p.199).

³ En la presente investigación se empleó como instrumento la ficha de recopilación de información; por lo cual se tiene los siguientes instrumentos de medición:

- Formato de control de fundas metálicas
- Formato de reporte diario de excavación
- Formato para el perfil estratigráfico

Se utilizó adicionalmente otros instrumentos de medición como:

- Formato para el control de muestras extraídas

Los datos recolectados en los instrumentos de medición son resumidos en la siguiente tabla, como se muestra a continuación:

Tabla N°4.2

Ficha de resumen de datos para la Variación de la Profundidad de Excavación

Estructura	Pilote	N.F.	Variación de la profundidad de excavación
Pila 3	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 4	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 5	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 6	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 7	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 8	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°4.3

Ficha de resumen de datos para la Longitud de Fundas Metálicas

Estructura	Pilote	N.F.	Longitud de fundas
Pila 3	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 4	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 5	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 6	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 7	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 8	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°4.4

Ficha de resumen de datos para el Rendimiento en la Perforación

Estructura	Pilote	N.F.	% Rendimiento
Pila 3	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 4	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 5	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 6	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 7	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
Pila 8	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		

Fuente: Elaboración Propia.

Los formatos para la recolección de datos se encuentran en el Anexo.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

³⁰ Una vez recolectado la data utilizando el método de la experimentación pasamos a procesar los datos con los programas Excel y Minitab. Para el análisis de los datos se utilizara los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales para la presentación, descripción, análisis e interpretación de datos obtenidos en la observación por cada indicador ensayado.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

Según Alvarez (2018), “es esencial incluir principios éticos fundamentales en el diseño y la puesta en práctica de las investigaciones en que participan seres humanos. Se considera que los principios de la investigación ética son universales y trascienden los límites geográficos, culturales, económicos, legales y políticos” (p.126)

Para el desarrollo de la presente investigación se contemplaron los siguientes aspectos éticos.

- Respetar los resultados tal y como fueron obtenidos al momento de utilizar los instrumentos aplicados.
- Justicia al momento de seleccionar y citar la bibliografía utilizada para esta investigación.
- Brindar resultados veraces y provechosos para la sociedad.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción de resultados

5.1.1. Descripción del trabajo de campo

Se desarrollado un plan de trabajo de campo para la toma de datos como parte del control de calidad de suelo en la excavación de pilotes pre excavados.

Posterior al plan, las muestras extraídas, la recolección de datos, implican desarrollar actividades como, previsión del equipo necesario, personal especializado, fichas para la toma datos, etc. En campo se ha realizado el control de la excavación de 36 pilote, agrupados en 6 pilas de acuerdo a la distribución pre establecida en la margen izquierda que contempla, de los cuales se extrajo los datos, la cual fue administrada en formatos que se muestran en los anexos, para su posterior análisis.

5.1.2 Presentación de los resultados

Los resultados son presentados en función a los objetivos específicos y a los indicadores. De los datos tomados en campo, se han logrado identificar, el nivel freático, la profundidad de excavación, longitud de fundas y el rendimiento de perforación de pilotes.

5.1.3 Determinación de la variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II

En este apartado se muestra las diferentes profundidades de excavación que se obtuvo de los perfiles estratigráficos que son parte del anexo de la presente investigación, en relación con la profundidad en la que se encuentra el nivel freático.

Tabla 5.1

Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 3

ESTRUCTURA: PILA 3				
Pilote	Profundidad Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación teórica (m)	Profundidad de excavación (m)	Variación (m)
A	26.20	39.50	41.50	2.00
B	26.30	39.50	42.00	2.50
C	25.80	39.50	41.00	1.50
D	26.10	39.50	41.00	1.50
E	26.40	39.50	41.00	1.50
F	25.90	39.50	41.00	1.50

Interpretación:

En la tabla 5.1, se puede ver que los resultados para la profundidad de excavación en los 6 pilotes de la Pila 3 son similares respecto a profundidad en la que se encuentra el nivel freático, siendo el pilote B el que tiene una profundidad de excavación mayor con 42 m y una variación de 2.50 m más en relación a la profundidad de excavación teórica, mientras que los pilotes C, D, E y F tienen una profundidad de excavación de 41 m y varían 1.50 m más respecto a la profundidad de excavación teórica.

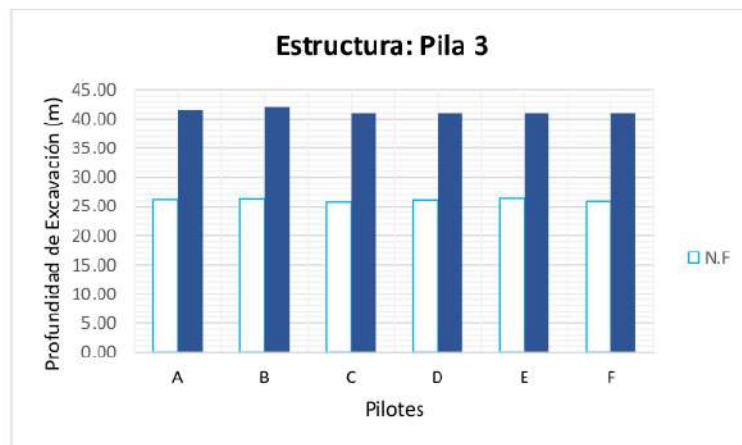


Figura 5.1 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 3

19 Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.1, se observa la variación de resultados respecto a la profundidad de excavación final teórica y real en relación a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes en la estructura de la Pila 3.

Tabla 5.2
Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 4

ESTRUCTURA: PILA 4				
Pilote	Profundidad Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación teórica (m)	Profundidad de excavación (m)	Variación (m)
A	27.20	37.50	41.00	3.50
B	26.80	37.50	41.00	3.50
C	26.90	37.50	41.00	3.50
D	27.00	37.50	41.00	3.50
E	27.10	37.50	41.00	3.50
F	27.30	37.50	41.00	3.50

3 Interpretación:

En la tabla 5.2, se nota que los resultados para la profundidad de excavación en los 6 pilotes de la Pila 4 son iguales a una profundidad de 41m respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, así mismo todos los pilotes varían en 3.50 m más en relación a la profundidad de excavación teórica.

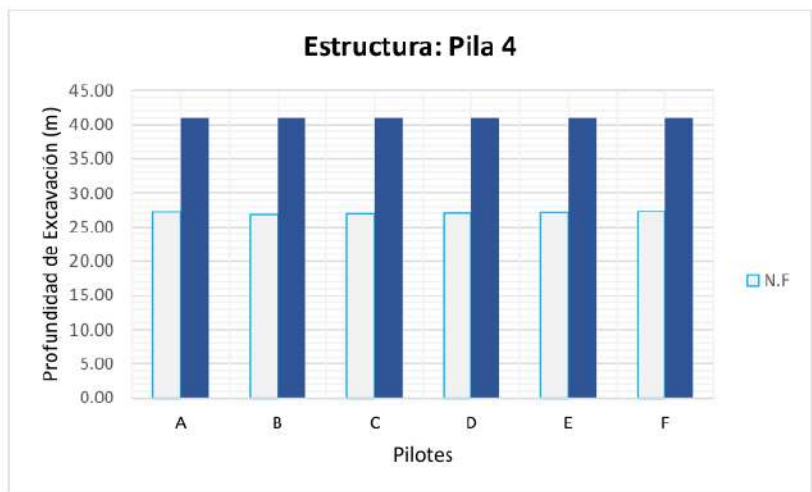


Figura 5.2 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 4

19

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.2, se presenta la variación de resultados respecto a la profundidad de excavación final teórica y real en relación a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes en la estructura de la Pila 4.

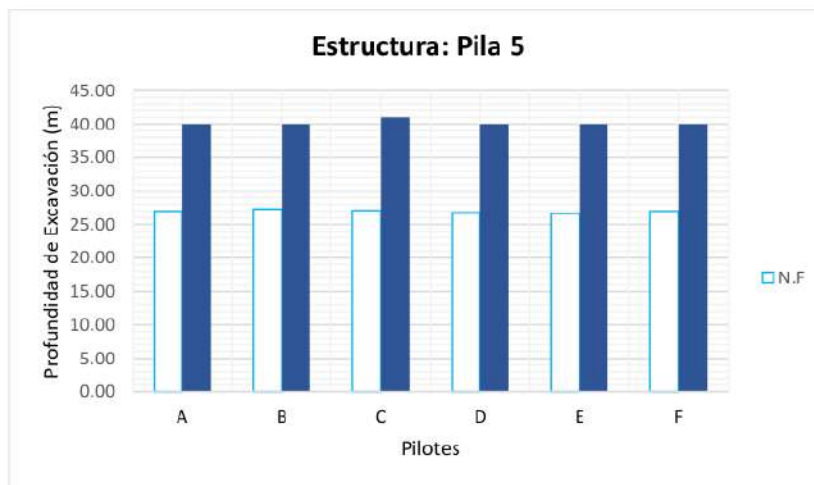
Tabla 5.3

Variación de la profundidad de excavación final en relación al nivel freático en la estructura - Pila 5

ESTRUCTURA: PILA 5				
Pilote	Profundidad Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación teórica (m)	Profundidad de excavación (m)	Variación (m)
A	27.00	37.50	40.00	2.50
B	27.30	37.50	40.00	2.50
C	27.10	37.50	41.00	3.50
D	26.80	37.50	40.00	2.50
E	26.70	37.50	40.00	2.50
F	27.00	37.50	40.00	2.50

Interpretación:

2 En la tabla 5.3, se observa que los resultados para la profundidad de excavación en los 6 pilotes de la Pila 5 son similares respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, siendo el pilote C el que tiene una profundidad de excavación mayor con 41m y una variación de 3.50 m más respecto a la profundidad de excavación teórica, por otro lado, los pilotes A, B, D, E y F tienen una profundidad de excavación de 40 m y varían en 2.50 m más en relación a la profundidad de excavación teórica.



19 *Figura 5.3 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 5*

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.3, se observa la variación de resultados respecto a la profundidad de excavación final teórica y real en relación a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes en la estructura de la Pila 5.

Tabla 5.4

Variación de la profundidad de excavación final en relación al nivel freático en la estructura - Pila 6

ESTRUCTURA: PILA 6				
Pilote	Profundidad Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación teórica (m)	Profundidad de excavación (m)	Variación (m)
A	27.10	36.50	40.00	3.50
B	26.70	36.50	40.00	3.50
C	26.60	36.50	40.00	3.50
D	26.90	36.50	39.60	3.10
E	27.00	36.50	40.00	3.50
F	27.30	36.50	40.00	3.50

3 Interpretación:

En la tabla 5.4, se observa que los resultados para la profundidad de excavación en los 6 pilotes de la Pila 6 son similares respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, siendo el pilote D el que tiene una profundidad de excavación menor de 39.60 m y una variación de 3.10 m más en relación a la profundidad de excavación teórica, por otro lado, los pilotes A, B, C, E y F tienen una profundidad de 40 m y varían 3.50 m más respecto a la profundidad de excavación teórica.

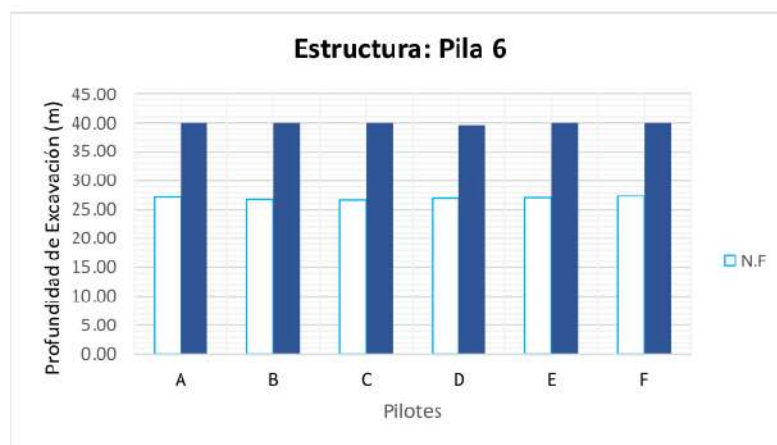


Figura 5.4 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 6

3 Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.4, se observa la variación de resultados respecto a la profundidad de excavación final teórica y real en relación a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes en la estructura de la Pila 6.

Tabla 5.5
Variación de la profundidad de excavación final en relación al nivel freático en la estructura - Pila 7

ESTRUCTURA: PILA 7				
Pilote	Profundidad Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación teórica (m)	Profundidad de excavación (m)	Variación (m)
A	25.10	35.50	39.40	3.90
B	25.30	35.50	39.40	3.90
C	24.80	35.50	39.40	3.90
D	25.00	35.50	39.40	3.90
E	24.70	35.50	39.40	3.90
F	25.20	35.50	39.40	3.90

3 Interpretación:

En la tabla 5.5, se observa que los resultados para la profundidad de excavación en los 6 pilotes de la Pila 7 son iguales a una profundidad de 39.40 m, respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático y una variación de 3.90 m más en relación a la profundidad de excavación teórica.

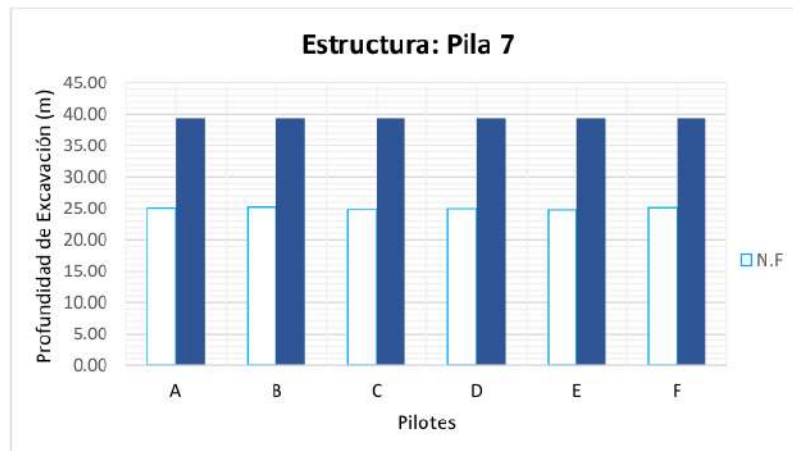


Figura 5.5 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 7

19

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.5, se presenta la variación de resultados respecto a la profundidad de excavación final teórica y real en relación a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes en la estructura de la Pila 7.

Tabla 5.6

Variación de la profundidad de excavación final en relación al nivel freático en la estructura - Pila 8

ESTRUCTURA: PILA 8				
Pilote	Profundidad Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación teórica (m)	Profundidad de excavación real (m)	Variación (m)
A	24.10	34.60	34.60	0.00
B	23.90	34.60	34.60	0.00
C	23.70	34.60	34.60	0.00
D	24.00	34.60	34.60	0.00
E	24.20	34.60	34.60	0.00
F	24.10	34.60	34.60	0.00

Interpretación:

3 En la tabla 5.6, se observa que los resultados para la profundidad de excavación en los 6 pilotes de la Pila 8 son iguales a una profundidad de 34.60 m respecto a la profundidad 13 en la que se ubica el nivel freático, y no existe variación alguna en relación a la profundidad de excavación teórica.

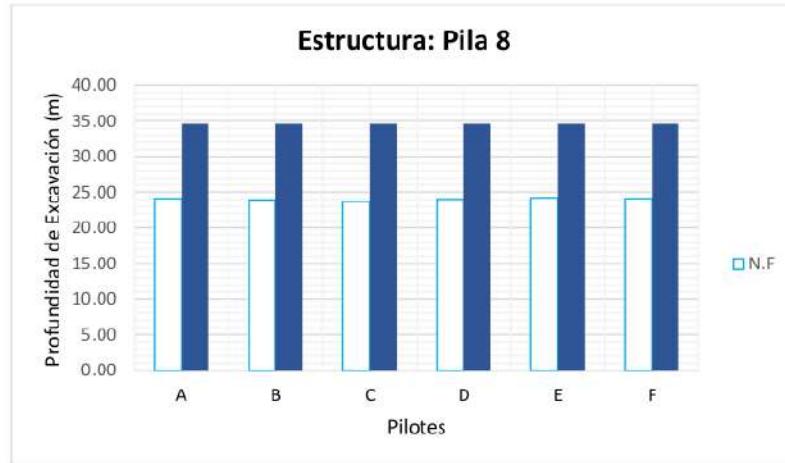


Figura 5.6 Variación de la profundidad de excavación en la Pila 8

19 Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.6, se observa la variación de resultados respecto a la profundidad de excavación final teórica y real en relación a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes en la estructura de la Pila 8.

5.1.4 Medición de la variación de la longitud de fundas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II

En este apartado se muestran las tablas que denotan la cantidad de fundas metálicas utilizadas, la longitud de funda por estructura, por pilote y la profundidad a la que se encuentra el nivel freático.

Tabla 5.7

Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura - Pila 3

FUNDAS ESTRUCTURA: FUNDAS PILA N°3						
NF	26.20	26.30	25.80	26.10	26.40	25.90
N°	A	B	C	D	E	F
1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
2	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
3	4.8	4.8	4.8	4.3	4.8	6.0
4	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
5	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	6.0
6	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
7	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
8	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
9	3.0	3.0	3.0	3.0	6.0	3.0
TOTAL (m)	48.6	48.6	48.6	48.14	49.6	49.8

3 Interpretación:

En la tabla 5.7, se observa que los resultados para la cantidad de fundas metálicas no varían, mientras que para la longitud final de fundas metálicas por cada uno de los pilotes varían respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, siendo el pilote F el que tiene una mayor longitud de fundas con 49.8 m, y el pilote D tiene menor longitud de fundas con 48.14 m.

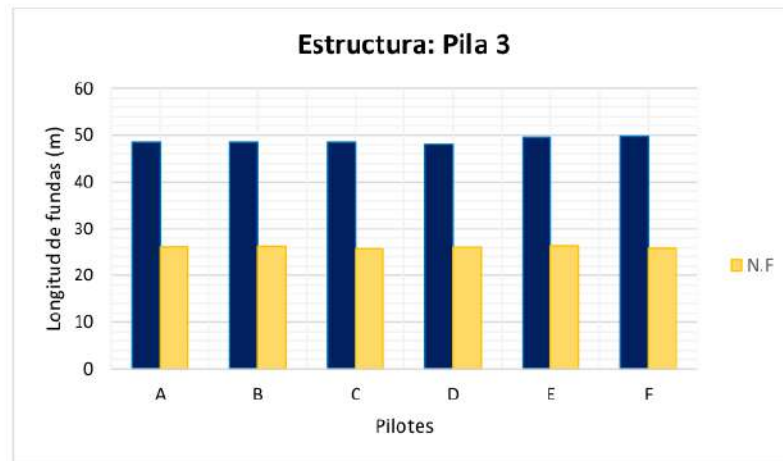


Figura 5.7 Variación de la longitud de fundas en la Pila 3

3
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.7, se observa la variación de la longitud de fundas respecto a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes de la estructura de la Pila 3.

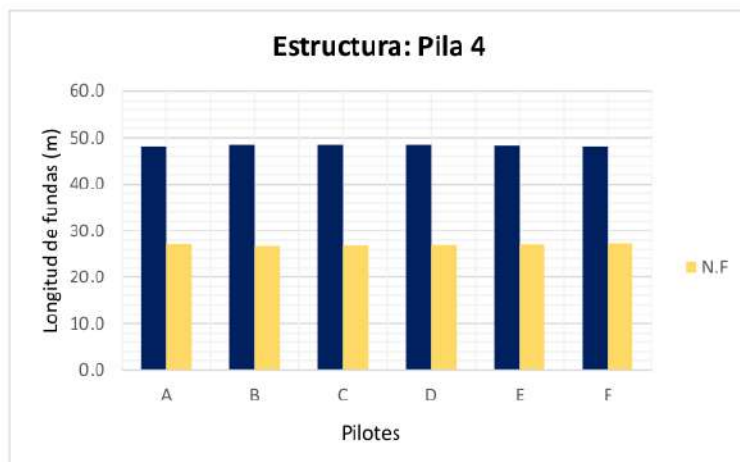
Tabla 5.8

Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura - Pila 4

FUNDAS ESTRUCTURA: PILA N°4						
N.F	27.20	26.80	26.90	27.00	27.10	27.30
N°	A	B	C	D	E	F
1	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
2	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
3	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
4	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
5	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
6	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
8	6.0	3.0	3.0	3.0	2.9	6.0
9	5.4	3.0	3.0	6.0	2.9	3.0
10	3.0	3.0	6.0	6.0	6.0	5.4
11		3.0	3.0		3.0	
12		3.0				
TOTAL (m)	48.0	48.6	48.6	48.6	48.4	48

3
Interpretación:

En la tabla 5.8, se observa que los resultados para la cantidad de fundas metálicas no varían, mientras que para la longitud final de fundas metálicas por cada uno de los pilotes varían respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, siendo los pilotes B, C y D los que tienen una mayor longitud de fundas con 48.6 m, y el pilote A y F tienen menor longitud de fundas con 48 m.



39
Figura 5.8 Variación de la longitud de fundas en la Pila 4

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.8, se observa la variación de la longitud de fundas respecto a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes de la estructura de la Pila 4.

Tabla 5.9

Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura - Pila 5

FUNDAS ESTRUCTURA: FUNDAS PILA N°5						
N.F	27.00	27.30	27.10	26.80	26.70	27.00
N°	A	B	C	D	E	F
1	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
2	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
3	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
4	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
5	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
6	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
9	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
10	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
TOTAL (m)	48	48	48	48	48	48

3 Interpretación:

En la tabla 5.9, se observa que los resultados para la cantidad de fundas metálicas y la longitud final de fundas metálicas por cada uno de los pilotes tienen el mismo valor respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, con una longitud de 48 m.

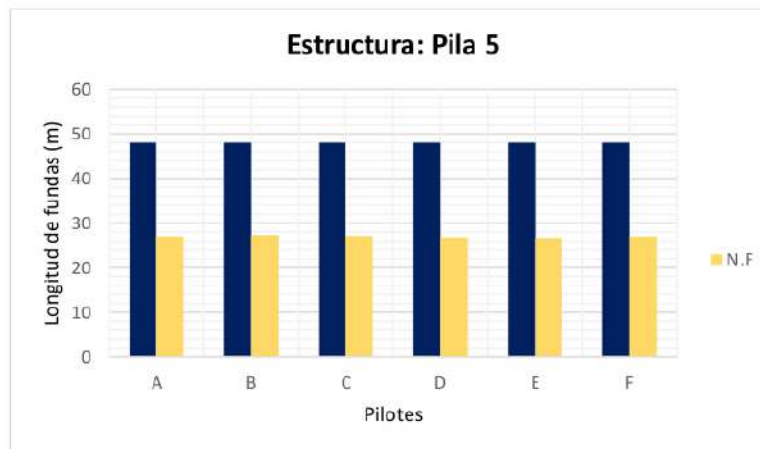


Figura 5.9 Variación de la longitud de fundas en la Pila 5

39 Fuente. Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.9, se observa la variación de la longitud de fundas respecto a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes de la estructura de la Pila 5.

Tabla 5.10
Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura - Pila 6

FUNDAS ESTRUCTURA: FUNDAS PILA N°6						
N.F	27.10	26.70	26.60	26.90	27.00	27.30
N°	A	B	C	D	E	F
1	4.8	4.8	4.8	6.0	4.8	4.8
2	4.8	4.8	4.8	6.0	4.8	4.8
3	4.8	4.8	4.8	6.0	4.8	4.8
4	4.8	4.8	4.8	6.0	4.8	4.8
5	4.8	4.8	4.8	6.0	4.8	4.8
6	4.8	4.8	4.8	3.0	4.8	4.8
7	4.8	6.0	4.8	3.0	4.8	4.8
8	3.0	6.0	4.8	3.0	4.8	4.8
9	6.0	4.2	4.8	3.0	4.8	4.8
10	6.0	4.2	4.8	4.2	4.8	4.8
TOTAL (m)	48.6	49.2	48.0	46.2	48	48

3 Interpretación:

En la tabla 5.10, se observa que los resultados para la cantidad de fundas metálicas no varían, mientras que para la longitud final de fundas metálicas por cada uno de los pilotes varían respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, siendo el pilote B el que tiene una mayor longitud de fundas con 49.2 m, y el pilote D tiene menor longitud de fundas con 46.2 m.

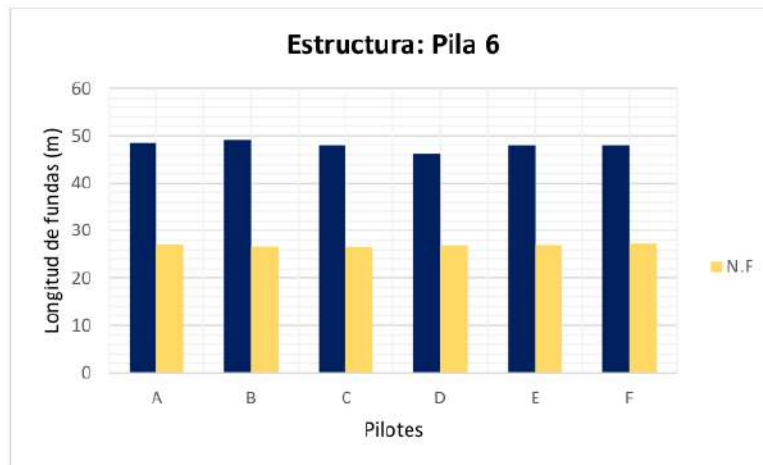


Figura 5.10 Variación de la longitud de fundas en la Pila 6

3
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.10, se observa la variación de la longitud de fundas respecto a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes de la estructura de la Pila 6.

Tabla 5.11

Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura - Pila 7

FUNDAS ESTRUCTURA: FUNDAS PILA N°7						
N.F	25.10	25.30	24.80	25.00	24.70	25.20
N°	A	B	C	D	E	F
1	5.7	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
4	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
6	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
7	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
8	6.0	4.2	6.0	4.8	6.0	3.5
9	1.3					3.2
TOTAL (m)	49.0	46.2	48	46.8	48	48.7

Interpretación:

En la tabla 5.11, se ve que los resultados para la cantidad de fundas metálicas varía, al igual que para la longitud final de fundas metálicas por cada uno de los pilotes varían respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, siendo el pilote A el que tiene una mayor longitud de fundas con 49 m, y el pilote B tiene menor longitud de fundas con 46.2 m.

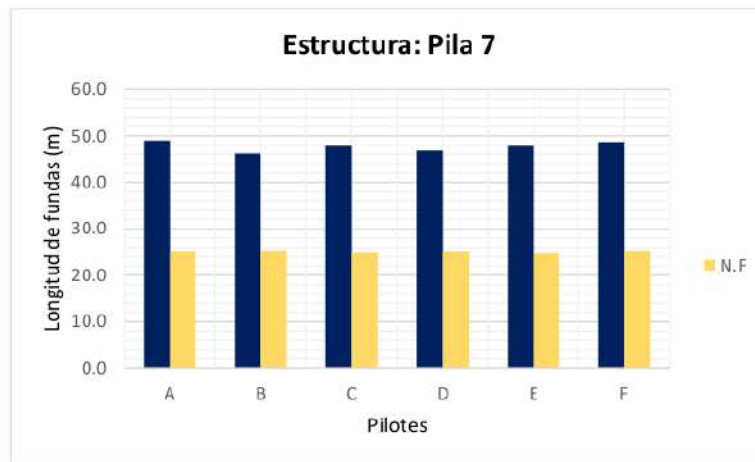


Figura 5.11 Variación de la longitud de fundas en la Pila 7

3 Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.11, se observa la variación de la longitud de fundas respecto a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes de la estructura de la Pila 7.

Tabla 5.12

Longitud total de fundas metálicas en relación al nivel freático en la estructura - Pila 8

FUNDAS ESTRUCTURA: FUNDAS PILA N°8						
N.F	24.10	23.90	23.70	24.00	24.20	24.10
N°	A	B	C	D	E	F
1	4.8	6.0	4.8	4.8	4.8	4.8
2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
4	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
6	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
7	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
8	1.6		1.6	1.6		
TOTAL (m)	42.4	42	42.4	42.4	40.8	40.8

3 Interpretación:

En la tabla 5.12, se observa que los resultados para la cantidad de fundas metálicas varía, al igual que para la longitud final de fundas metálicas por cada uno de los pilotes varían respecto a la profundidad en la que se localiza el nivel freático, siendo los pilotes A, C y D los que tienen una mayor longitud de fundas con 42.4 m, y el pilote E y F tienen menor longitud de fundas con 40.8 m.

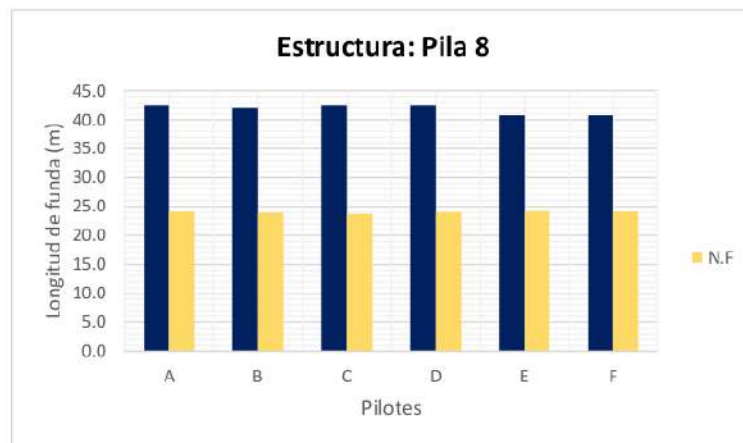


Figura 5.12 Variación de la longitud de fundas en la Pila 8

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.12, se observa la variación de la longitud de fundas respecto a la profundidad del nivel freático, visualizando que no hay variaciones relevantes entre los pilotes de la estructura de la Pila 8.

5.1.5 Estimación de la variación del rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II

En este apartado se muestran los rendimientos en la perforación de pilotes, según las fechas de inicio y fin del proceso de perforación, con el comportamiento respecto a la profundidad a la que se localiza el nivel freático.

Tabla 5.13

Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 3

ESTRUCTURA: PILA 3				
Pilotes	Profundidad del Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación (m)	Periodo de excavación (días)	% Rendimiento
A	26.20	41.50	140	30%
B	26.30	42.00	134	31%
C	25.80	41.00	144	28%
D	26.10	41.00	135	30%
E	26.40	41.00	143	29%
F	25.90	41.00	132	31%

Interpretación:

En la tabla 5.13, se observa que los resultados para la obtención de los rendimientos por pilotes en relación con la profundidad del nivel freático varían significativamente, en el pilote F de la estructura se tiene el mayor rendimiento con 30%, mientras que el pilote C de la estructura se obtuvo el menor rendimiento con 28%.

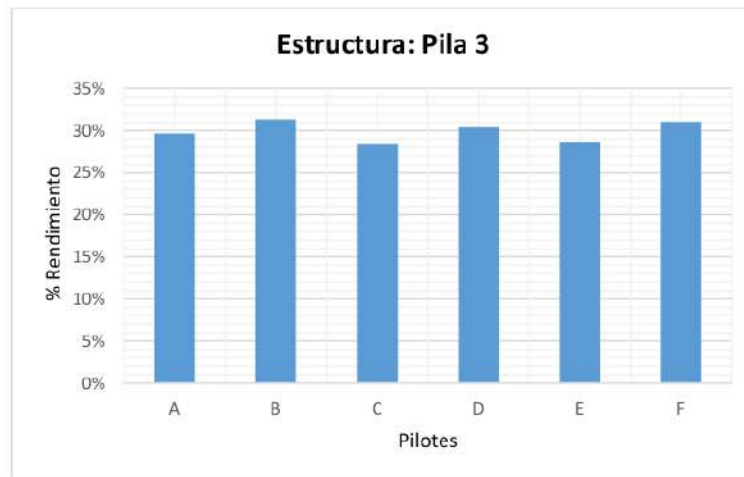


Figura 5.13 Variación del rendimiento en la Pila 3

22

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.13, se puede observar las variaciones en el rendimiento de la perforación de los pilotes de la estructura de la Pila 3, notándose cierta tendencia al 30% de rendimiento.

Tabla 5.14

Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 4

ESTRUCTURA: PILA 4				
Pilotes	Profundidad del Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación (m)	Periodo de excavación (días)	% Rendimiento
A	27.20	41.00	72	57%
B	26.80	41.00	82	50%
C	26.90	41.00	71	58%
D	27.00	41.00	82	50%
E	27.10	41.00	71	58%
F	27.30	41.00	73	56%

Interpretación:

3 En la tabla 5.14, se observa que los resultados para la determinación de los rendimientos por pilotes en relación con la profundidad del nivel freático varían significativamente, 1 en el pilote C y E de la estructura se tiene el mayor rendimiento con 58%, mientras que el pilote B y D de la estructura se obtuvo el menor rendimiento con 50%.

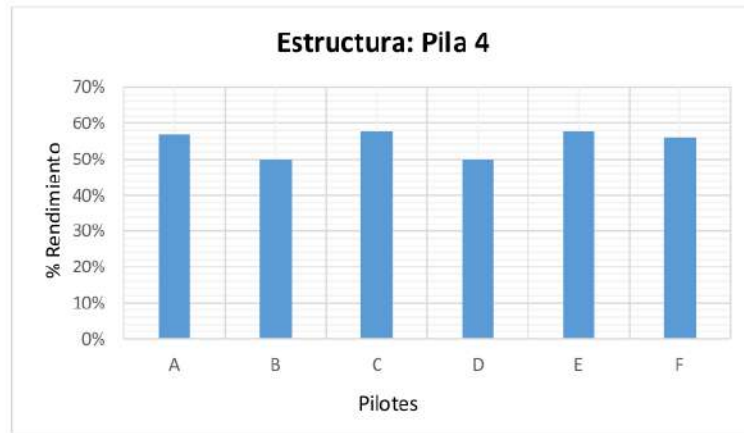


Figura 5.14 Variación del rendimiento en la Pila 4

22 Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.14, se logra observar las variaciones en el rendimiento de la perforación de los pilotes de la estructura de la Pila 4, notándose cierta tendencia al 60% de rendimiento.

Tabla 5.15

Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 5

ESTRUCTURA: PILA 5				
Pilotes	Profundidad del Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación (m)	Periodo de excavación (días)	% Rendimiento
A	27.00	40.00	39	103%
B	27.30	40.00	38	105%
C	27.10	41.00	34	121%
D	26.80	40.00	38	105%
E	26.70	40.00	40	100%
F	27.00	40.00	37	108%

3 Interpretación:

En la tabla 5.15, se observa que los resultados para la determinación de los rendimientos por pilotes en relación con la profundidad del nivel freático varían significativamente y superan el 100%, en el pilote C de la estructura se tiene el mayor rendimiento con 121%, mientras que el pilote E de la estructura se obtuvo el menor rendimiento con 100%.

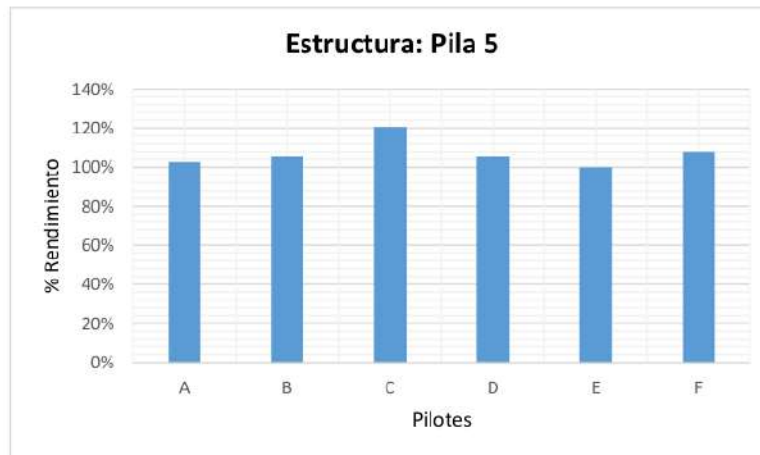


Figura 5.15 Variación del rendimiento en la Pila 5

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.15, se puede observar las variaciones en el rendimiento de la perforación de los pilotes de la estructura de la Pila 5, y se puede notar que los rendimientos superan el 100% de metros perforados por día.

Tabla 5.16

Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 6

ESTRUCTURA: PILA 6				
Pilotes	Profundidad del Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación (m)	Periodo de excavación (días)	% Rendimiento
A	27.10	40.00	79	51%
B	26.70	40.00	88	45%
C	26.60	40.00	71	56%
D	26.90	39.60	66	60%
E	27.00	40.00	62	65%
F	27.30	40.00	67	60%

3 Interpretación:

En la tabla 5.16, se observa que los resultados para la obtención de los rendimientos por pilotes en relación con la profundidad del nivel freático varían significativamente, en el pilote E de la estructura se tiene el mayor rendimiento con 65%, mientras que el pilote A de la estructura se obtuvo el menor rendimiento con 51%.

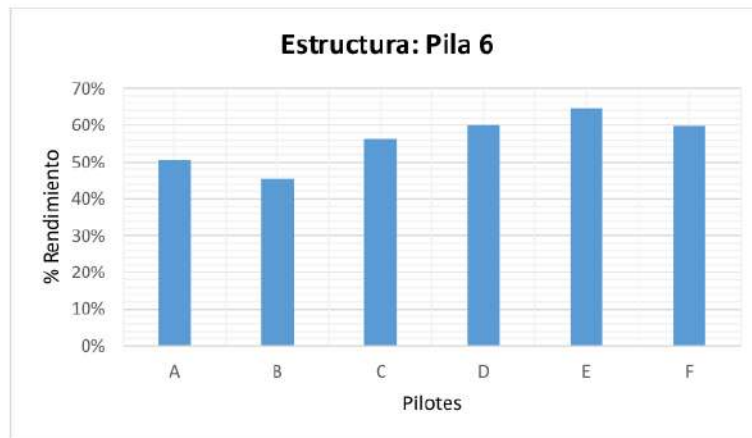


Figura 5.16 Variación del rendimiento en la Pila 6

22

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.16, se puede observar las variaciones en el rendimiento de la perforación de los pilotes de la estructura de la Pila 6, notándose cierta tendencia al 60% de rendimiento.

Tabla 5.17

Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 7

ESTRUCTURA: PILA 7				
Pilotes	Profundidad del Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación (m)	Periodo de excavación (días)	% Rendimiento
A	25.10	39.40	49	80%
B	25.30	39.40	52	76%
C	24.80	39.40	48	82%
D	25.00	39.40	51	77%
E	24.70	39.40	48	82%
F	25.20	39.40	51	77%

3

Interpretación:

En la tabla 5.17, se observa que los resultados para la determinación de los rendimientos por pilotes en relación con la profundidad del nivel freático varían significativamente,

1

en el pilote C y E de la estructura se tiene el mayor rendimiento con 82%, mientras que el pilote B de la estructura se obtuvo el menor rendimiento con 76%.

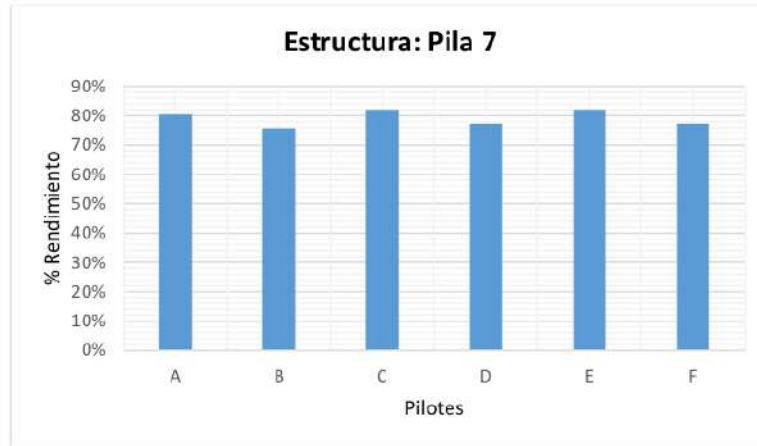


Figura 5.17 Variación del rendimiento en la Pila 7

22
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.17, se logra observar las variaciones en el rendimiento de la perforación de los pilotes de la estructura de la Pila 7, notándose cierta tendencia al 80% de rendimiento.

Tabla 5.18

Rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en la estructura - Pila 8

ESTRUCTURA: PILA 8				
Pilotes	Profundidad del Nivel Freático (m)	Profundidad de excavación (m)	Periodo de excavación (días)	% Rendimiento
A	24.10	34.60	12	288%
B	23.90	34.60	23	150%
C	23.70	34.60	11	315%
D	24.00	34.60	20	173%
E	24.20	34.60	21	165%
F	24.10	34.60	22	157%

Interpretación:

³ En la tabla 5.18, se observa que los resultados para la determinación de los rendimientos por pilotes en relación con la profundidad del nivel freático varían significativamente y superan el 100%, en el pilote C de la estructura se tiene el mayor rendimiento con 315%, mientras que el pilote B de la estructura se obtuvo el menor rendimiento con 150%.

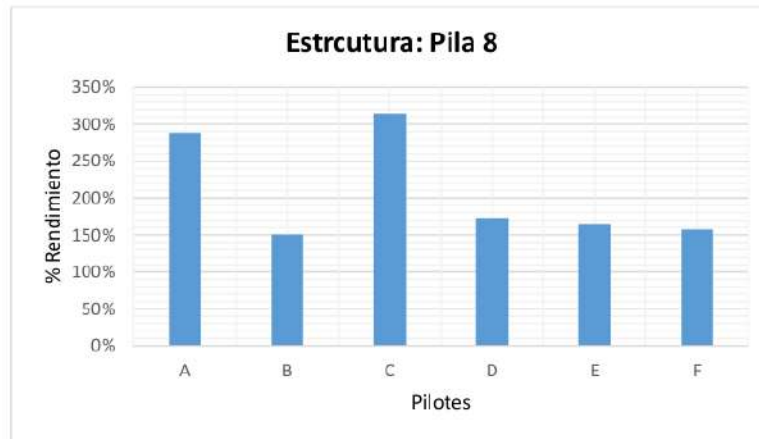


Figura 5.18 Variación del rendimiento en la Pila 8

²² Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la figura 5.18, se puede observar las variaciones en el rendimiento de la perforación de los pilotes de la estructura de la Pila 7, notándose cierta tendencia al 80% de rendimiento.

5.1.6 Determinación del efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II

¹¹ Luego de analizar el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados podemos presentar el comportamiento de la profundidad de excavación, longitud de fundas y rendimiento de la perforación en esta investigación.

Tabla 5.19

*Variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente
Comuneros II*

Estructura	Pilote	N.F.	Variación de la profundidad de excavación
Pila 3	A	26.20	2.00
	B	26.30	2.50
	C	25.80	1.50
	D	26.10	1.50
	E	26.40	1.50
	F	25.90	1.50
Pila 4	A	27.20	3.50
	B	26.80	3.50
	C	26.90	3.50
	D	27.00	3.50
	E	27.10	3.50
	F	27.30	3.50
Pila 5	A	27.00	2.50
	B	27.30	2.50
	C	27.10	3.50
	D	26.80	2.50
	E	26.70	2.50
	F	27.00	2.50
Pila 6	A	27.10	3.50
	B	26.70	3.50
	C	26.60	3.50
	D	26.90	3.10
	E	27.00	3.50
	F	27.30	3.50
Pila 7	A	25.10	3.90
	B	25.30	3.90
	C	24.80	3.90
	D	25.00	3.90
	E	24.70	3.90
	F	25.20	3.90
Pila 8	A	24.10	0.0
	B	23.90	0.0
	C	23.70	0.0
	D	24.00	0.0
	E	24.20	0.0
	F	24.10	0.0

Interpretación:

³ En la tabla 5.19, se observa que los resultados para la variación entre la profundidad de excavación final teórica y real, difieren entre pilotes y estructuras aun siendo afectadas por el nivel freático a profundidades similares.

Tabla 5.20

Variación de la longitud de fundas metálicas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II

Estructura	Pilote	N.F.	Longitud de fundas
Pila 3	A	26.20	48.60
	B	26.30	48.60
	C	25.80	48.60
	D	26.10	48.14
	E	26.40	49.60
	F	25.90	49.80
Pila 4	A	27.20	48.00
	B	26.80	48.60
	C	26.90	48.60
	D	27.00	48.60
	E	27.10	48.40
	F	27.30	48.00
Pila 5	A	27.00	48.00
	B	27.30	48.00
	C	27.10	48.00
	D	26.80	48.00
	E	26.70	48.00
	F	27.00	48.00
Pila 6	A	27.10	48.60
	B	26.70	49.20
	C	26.60	48.00
	D	26.90	46.20
	E	27.00	48.00
	F	27.30	48.00
Pila 7	A	25.10	49.00
	B	25.30	46.20
	C	24.80	48.00
	D	25.00	46.80
	E	24.70	48.00
	F	25.20	48.70
Pila 8	A	24.10	42.40
	B	23.90	42.00
	C	23.70	42.40
	D	24.00	42.40
	E	24.20	40.80
	F	24.10	40.80

³ **Interpretación:**

En la tabla 5.20, se ve que los resultados para la variación de la longitud de fundas, difieren entre pilotes y estructuras aun siendo afectadas por el nivel freático a profundidades similares.

Tabla 5.21

Variación del rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II

Estructura	Pilote	N.F.	% Rendimiento
Pila 3	A	26.20	30%
	B	26.30	31%
	C	25.80	28%
	D	26.10	30%
	E	26.40	29%
	F	25.90	31%
Pila 4	A	27.20	57%
	B	26.80	50%
	C	26.90	58%
	D	27.00	50%
	E	27.10	58%
	F	27.30	56%
Pila 5	A	27.00	103%
	B	27.30	105%
	C	27.10	121%
	D	26.80	105%
	E	26.70	100%
	F	27.00	108%
Pila 6	A	27.10	51%
	B	26.70	45%
	C	26.60	56%
	D	26.90	60%
	E	27.00	65%
	F	27.30	60%
Pila 7	A	25.10	80%
	B	25.30	76%
	C	24.80	82%
	D	25.00	77%
	E	24.70	82%
	F	25.20	77%
Pila 8	A	24.10	288%
	B	23.90	150%
	C	23.70	315%
	D	24.00	173%
	E	24.20	165%
	F	24.10	157%

Interpretación:

En la tabla 5.21, se observa que los resultados para la variación del rendimiento de la perforación, difieren entre pilotes y estructuras aun siendo afectadas por el nivel freático a profundidades similares.

5.2. Contratación de hipótesis

En esta sección se realizó el análisis inferencial estadístico para demostrar la hipótesis general en función de la contrastación de las hipótesis específicas de acuerdo con los objetivos específicos establecidos, en los capítulos anteriores.

Hipótesis Específica 1:

- Hipótesis Nula (H_0): La profundidad de excavación no varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.
- Hipótesis Alterna (H_a): La profundidad de excavación varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.

Consideraciones

- Las pruebas de hipótesis se realizan para las variaciones en la profundidad de excavación en todas las estructuras compuestas por pilotes.
- Para todas las pruebas se utilizará un valor de significancia de 5% y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido.

Prueba de Normalidad

- Prueba de Normalidad para los datos del nivel freático:

Para determinar si el conjunto de datos referentes al Nivel Freático ¹¹ proviene de una población distribuida normalmente se utilizó ¹⁸ la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para datos inferiores a 50.

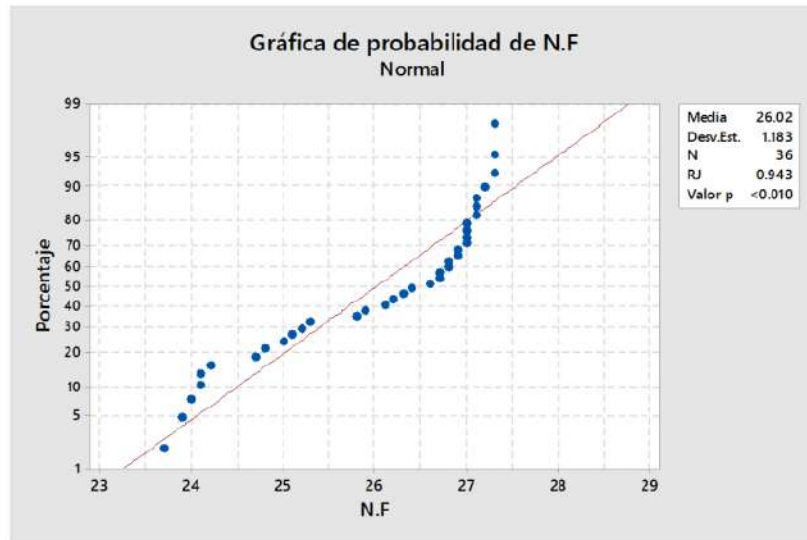


Figura 5.19 Prueba de normalidad para el Nivel Freático

Fuente. Minitab 2018

Según ¹ los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk el valor de significancia para los datos del nivel freático es inferior a 0.01, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna debido a que trabajamos con un nivel de significancia del 5 % y se puede concluir que los datos no tienen una distribución normal por ello se tiene que utilizar pruebas no paramétricas.

- Prueba de Normalidad para los datos de la variación de la profundidad de excavación:

Para determinar si el conjunto de datos referentes a la variación de la profundidad de excavación viene de una población distribuida normalmente se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para datos menores a 50.

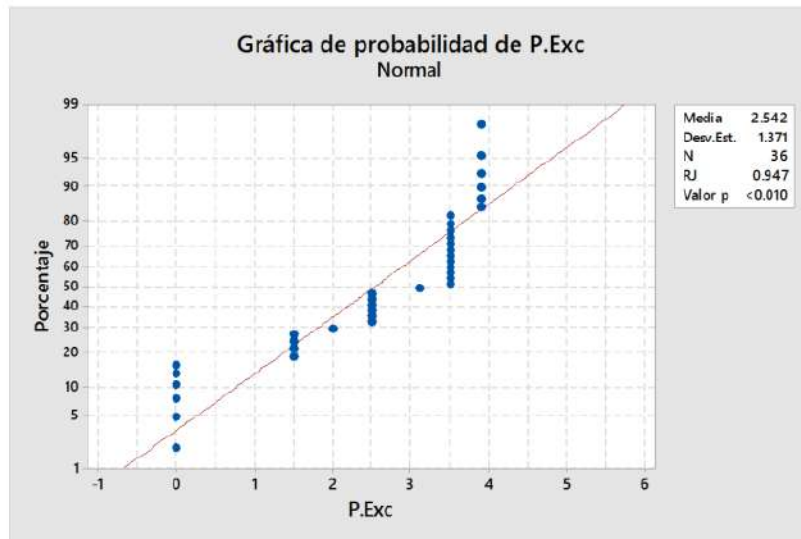


Figura 5.20 Prueba de normalidad para la variación de profundidad de excavación

Fuente. Minitab 2018

A razón de los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk el valor de significancia para los datos de la variación de la profundidad de excavación es menor a 0.01, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna debido a que trabajamos con un nivel de significancia del 5 % y se concluye que los datos no tienen una distribución normal por ello se tiene que emplear pruebas no paramétricas.

Prueba de Homogeneidad

Para determinar la homogeneidad se utiliza la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, que se basa en la media de los datos del nivel freático y la variación de la profundidad de excavación.

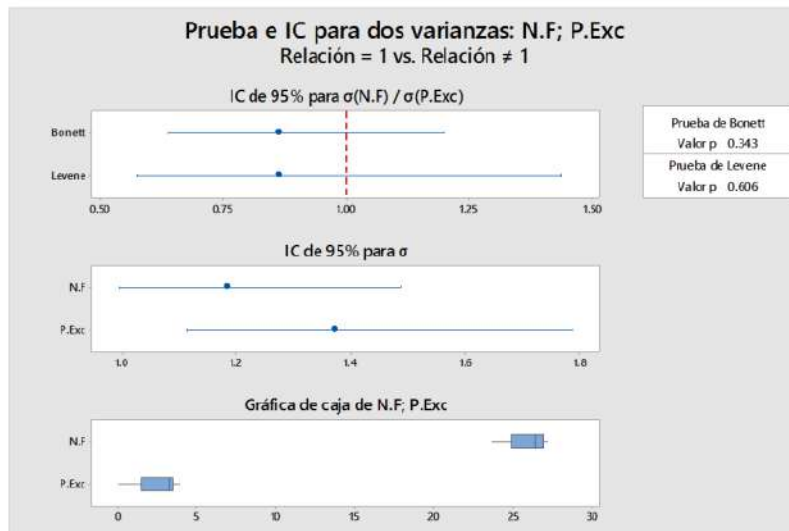


Figura 5.21 Prueba de homogeneidad de varianzas

Fuente. Minitab 2018

Acorde a los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene el valor de significancia es 0.606 que es mayor a 0.05, por lo tanto, se admite la hipótesis nula y se concluye que para un nivel de significancias al 5% si existe igualdad de varianzas entre los datos.

Prueba de Correlación de Spearman

Una vez determinada la normalidad y la homogeneidad se puede concluir que los datos no tienden a la normalidad por lo tanto la prueba no paramétrica para correlación es la correlación de Spearman.

Tabla 5.22

Correlación de Spearman

Rho de Spearman	0.326
Valor p	0.052

¹ Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5%, existe certeza suficiente para aceptar la hipótesis de nula, a razón de que el valor de significancia de la prueba es 0.052 que es mayor a ¹ 0.05.

Interpretación:

Los resultados obtenidos en la prueba de la correlación de Spearman, nos indica que entre el nivel freático y la variación de la profundidad de excavación no existe correlación, entonces, concluimos que ¹ con un nivel de significancia del 5%, hay evidencia suficiente para afirmar que la profundidad de excavación no varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.

Hipótesis Específica 2:

- Hipótesis Nula (H₀): La longitud de fundas no varía considerablemente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.
- Hipótesis Alterna (H_a): La longitud de fundas varía considerablemente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.

Consideraciones

- Las pruebas de hipótesis se realizan para las variaciones en la longitud de fundas en todas las estructuras compuestas por pilotes.
- Para todos los experimentos se tomará ¹⁴ un valor de significancia de 5% y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido.

Prueba de Normalidad

- Prueba de Normalidad para los datos del nivel freático:

Para establecer si el conjunto de datos referentes al Nivel Freático proviene de una población distribuida normalmente se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para datos inferiores a 50.

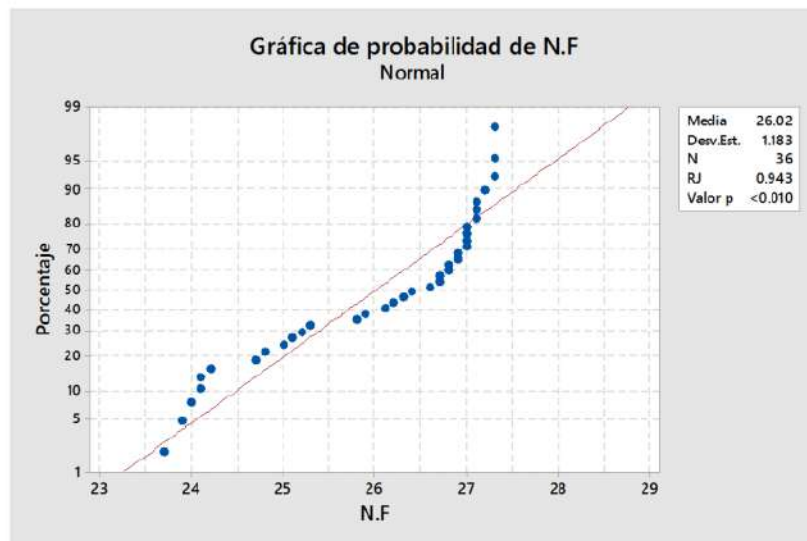


Figura 5.22 Prueba de normalidad para el Nivel Freático

Fuente. Minitab 2018

Acorde a los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk el valor de significancia para los datos del nivel freático es inferior a 0.01, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna debido a que trabajamos con un nivel de significancia del 5 % y se concluye que los datos no poseen una distribución normal por ello se tiene que utilizar pruebas no paramétricas.

- Prueba de Normalidad para los datos de la variación de la longitud de fundas:

Para determinar si el conjunto de datos referentes a la variación de la longitud de fundas ¹¹ proviene de una población distribuida normalmente ¹⁸ se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para datos inferiores a 50.

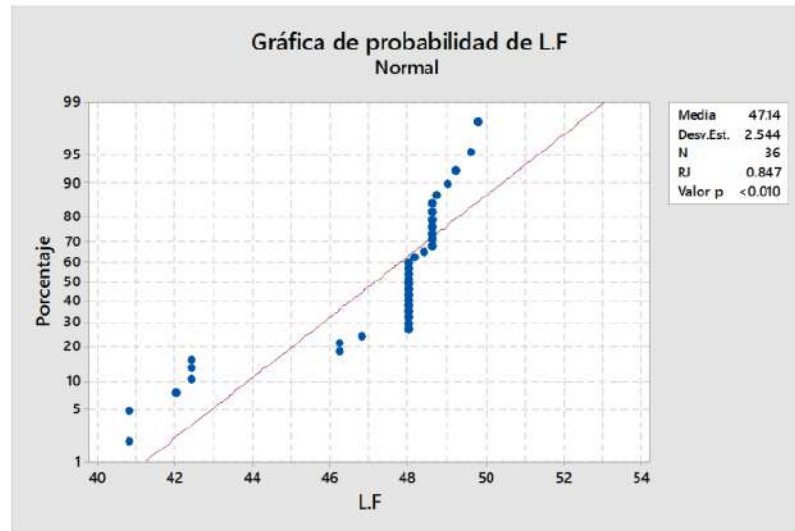


Figura 5.23 Prueba de normalidad para la variación de la longitud de fundas

Fuente. Minitab 2018

Acorde a lo ¹ resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk el valor de ³¹ significancia para los datos de la variación de la longitud de fundas es menor a 0.01, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna debido a que trabajamos ³⁸ con un nivel de ³⁸ significancia del 5 % y se concluye que los ³⁸ datos no poseen una distribución normal por ello se tiene que emplear pruebas no paramétricas.

Prueba de Homogeneidad

Para determinar la homogeneidad se utiliza ²⁴ la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, que se fundamenta en la media de los datos del nivel freático y la variación de la longitud de fundas

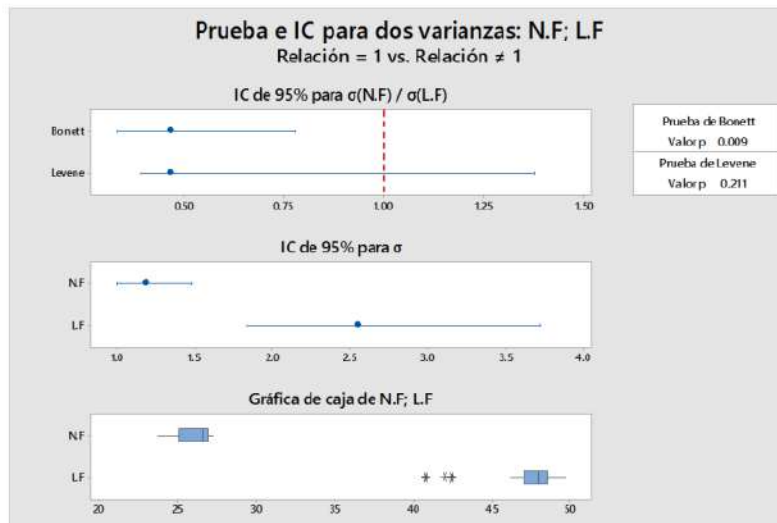


Figura 5.24 Prueba de homogeneidad de varianzas

Fuente. Minitab 2018

Según los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene el valor de significancia es 0.211 que es superior a 0.05, por lo tanto, se admite la hipótesis nula y se concluye que para un nivel de significancias al 5% si hay igualdad de varianzas entre los datos.

Prueba de Correlación de Spearman

Una vez determinada la normalidad y la homogeneidad se puede concluir que los datos no tienden a la normalidad por lo tanto la prueba no paramétrica para correlación es la correlación de Spearman.

Tabla 5.23

Correlación de Spearman

Rho de Spearman	0.282
Valor p	0.096

Los resultados de la prueba señalan que, con un nivel de significancia del 5%, existe evidencia suficiente para admitir la hipótesis de nula, debido a que el valor significancia del experimento es 0.096 que es mayor a 0.05.

Interpretación:

De los resultados obtenidos en la prueba de la correlación de Spearman, nos indica que entre el nivel freático y la variación de la longitud de fundas no existe correlación, por lo tanto, concluimos que con un nivel de significancia del 5%, existe certeza suficiente para afirmar que la longitud de fundas no varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.

Hipótesis Específica 3:

- Hipótesis Nula (H₀): El rendimiento de la perforación no varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.
- Hipótesis Alterna (H_a): El rendimiento de la perforación varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021

Consideraciones

- Las pruebas de hipótesis se realizan para las variaciones del rendimiento de la perforación en todas las estructuras compuestas por pilotes.
- Para todas las pruebas se tomará un valor de significancia de 5% y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es superior al valor de significancia asumido.

Prueba de Normalidad

- Prueba de Normalidad para los datos del nivel freático:

Para determinar si el conjunto de datos referentes al Nivel Freático procede de una población distribuida normalmente se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para datos menores a 50.

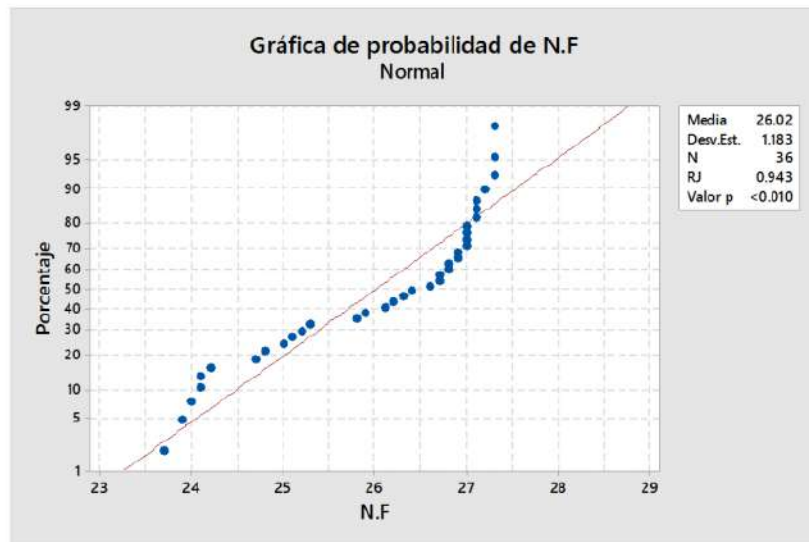


Figura 5.25 Prueba de normalidad para el Nivel Freático

Fuente. Minitab 2018

Según los datos de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk el valor de significancia para los datos del nivel freático es menor a 0.01, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna debido a que trabajamos con un nivel de significancia del 5 % y se concluye que los datos no tienen una distribución normal por ello se tiene que utilizar pruebas no paramétricas.

- Prueba de Normalidad para los datos en la variación del rendimiento de la perforación:

Para decretar si el conjunto de datos referentes al rendimiento de la perforación proviene de una población distribuida normalmente se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para datos menores a 50.

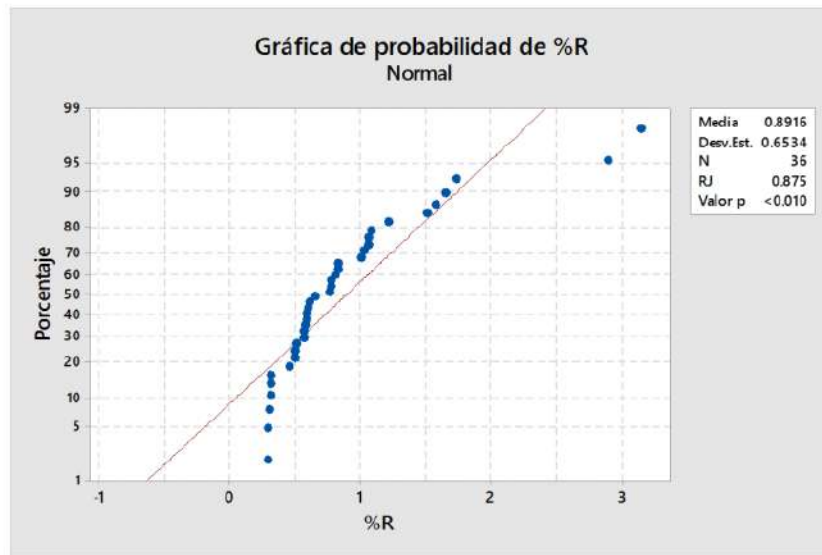


Figura 5.26 Prueba de normalidad para la variación del rendimiento de la perforación

Fuente. Minitab 2018

1 Acorde a los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk el valor de significancia para los datos de la variación en el rendimiento de la perforación es 31 menor a 0.01, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna debido a que trabajamos con un nivel de significancia del 5 % 33 y se concluye que los datos no tienen una distribución normal por ello se tiene que utilizar pruebas no paramétricas.

Prueba de Homogeneidad

24 Para determinar la homogeneidad se utiliza la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, que se basa en la media de los datos del nivel freático y la variación del rendimiento de la perforación.

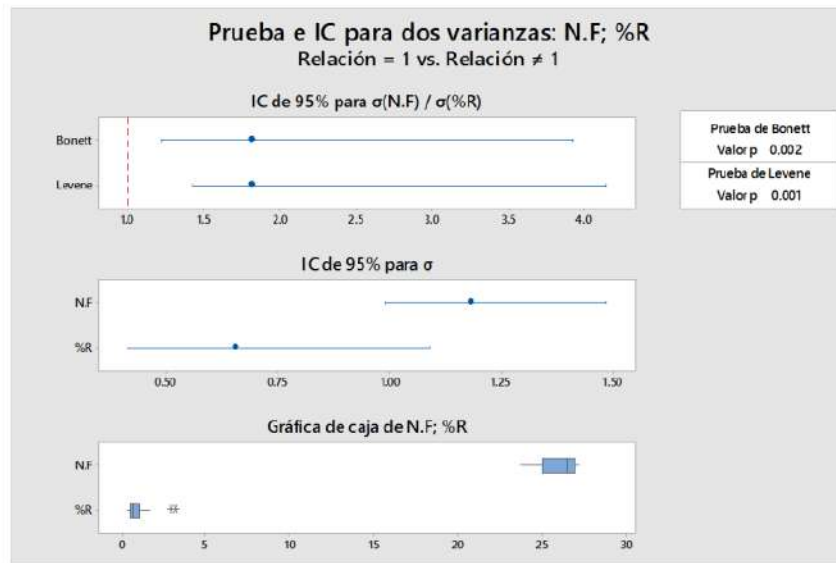


Figura 5.27 Prueba de homogeneidad de varianzas

Fuente. Minitab 2018

Acorde de los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene el valor de significancia es 0.001 que es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que para un nivel de significancias al 5% no existe igualdad de varianzas entre los datos.

Prueba de Correlación de Spearman

Una vez determinada la normalidad y la homogeneidad se puede concluir que los datos no tienden a la normalidad por lo tanto la prueba no paramétrica para correlación es la correlación de Spearman.

Tabla 5.24

Correlación de Spearman

Rho de Spearman	-0.348
Valor p	0.038

Los resultados de la prueba indican que existe una correlación inversa, a un nivel de significancia del 5%, existe certeza suficiente para rechazar la hipótesis de nula, debido a que el valor de significancia de la prueba es 0.038 que es menor a 0.05.

Interpretación:

De los datos obtenidos en la prueba de la correlación de Spearman, nos indica que entre el nivel freático y la variación en rendimiento de la perforación existe correlación, por lo tanto, concluimos que con un nivel de significancia del 5%, se puede afirmar que el rendimiento de la perforación varía significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021.

CAPITULO VI

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. La variación de la profundidad de excavación teórica en comparación de la variación de la profundidad real presenta leves diferencias entre las estructuras (Pilas), conformadas por pilotes siendo el más relevante el de la estructura de la pila 7 con un valor de 3.90 m, por el contrario en la estructura de la pila 8 no hay diferencia alguna entre la profundidad de excavación teórica y real, y de acuerdo al análisis estadístico realizado el nivel freático no influye en estas diferencias por lo que al ser estos empotrados por fricción y por punta es necesario tener en cuenta otro factor como puede ser la estratigrafía en las estructuras.

⁴³ Al respecto Beltrán y Díaz, (2018), citado como antecedente nacional encontró que, ¹⁵ aplicando las metodologías de Terzaghi, Meyerhof y Hansen, determinó el valor máximo de la capacidad de carga admisible de los suelos afectados por la variación del nivel freático. A raíz de estos estudios y análisis se notó, que el nivel freático alcanza 0.80 m de profundidad, con ello la capacidad de carga que brindan estos suelos es 1.20 kg/cm²; sin embargo, la estimación de equilibrio límite señala que si el nivel freático asciende a 0.40 m de profundidad, la capacidad de carga del suelo disminuye soportando 1.17 kg/cm². Como se puede observar de los resultados no puede decretar la afectación del nivel freático en la profundidad de excavación, pero si en las propiedades del suelo, por consiguiente, el objetivo fue alcanzado.

6.2. La longitud de fundas dentro del proceso de perforación de los pilotes varia indistintamente en cada estructura conformada por pilotes, siendo la pila 3 la estructura en la que se utilizó mayor longitud de fundas metálicas utilizadas siendo 49.80 m el valor, y la estructura de la pila 8 la estructura donde se utilizó la menor cantidad de fundas metálicas con un valor promedio de 42.00 m. De acuerdo al análisis estadístico no existe correlación con el nivel freático.

Al respecto Cépeda, (2020), citado como antecedente nacional encontró que, ⁴ los pilotes excavados con funda desperdiciada tienen relación con el ítem anterior, salvo que no se hace el retiro de la funda metálica. Este procedimiento se ejecuta en suelos agresivos al concreto, es decir suelos que contengan elevadas concentraciones de sulfatos, presencia de nivel freático ⁴ y la aplicación de cemento tipo V para la mezcla de concreto no ofrezca un concreto duro, denso y con un alto grado de impermeabilidad. Además, es aplicable cuando se planea realizar demoliciones cerca de los pilotes.

Como se puede evidenciarlas en los resultados, las fundas metálicas guardan su importancia en el proceso constructivo y no sufre incidencia alguna de parte del nivel freático.

6.3. El rendimiento de la perforación dentro del proceso de perforación de los pilotes varia indistintamente en cada estructura (Pila), la Pila 8 fue donde se logró excavar en un menor tiempo, por el contrario, la Pila 3 fue la estructura que más tiempo duro su excavación y de acuerdo al análisis estadístico se evidencio que en este caso se tiene relación con el nivel freático.

Al respecto Santillana y Silva, (2018), citado como antecedente nacional encontró ² que la actividad crítica en la realización de caissons mediante el procedimiento constructivo Well foundation es la excavación para hincado, teniendo un 47% de influencia respecto de la opinión de especialistas en dicha práctica. Otras actividades influyentes en el flujo de procesos son: el encofrado u obra falsa (21%) y el control del nivel freático (21%), según

los especialistas. Como se puede observar de los resultados se infiere la afectación del nivel freático en el rendimiento en la perforación de excavaciones profundas, por consiguiente, el objetivo fue alcanzado.

6.4. Luego de analizar el proceso de perforación de pilotes con camisas perdidas y sus dimensiones tales como la variación en la profundidad de excavación, longitud de fundas y rendimiento de la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junín 2021, se puede mencionar que los pilotes de la estructura de la pila 8 no tienen variación alguna entre la profundidad teórica y real de excavación, así también se utilizó la menor cantidad de fundas sin embargo es la estructura con mejor rendimiento en la perforación de pilotes, caso contrario la estructura de la pila 3 tiene el menor rendimiento de excavación, se utilizó la mayor longitud de fundas metálicas y la mayor variación en la profundidad de excavación real y teórica.

Finalmente, se puede resumir que el nivel freático no guarda relación con la variación de la profundidad de excavación, así como la longitud de fundas, sin embargo, el rendimiento de la perforación si varía significativamente en relación al nivel freático, debido al factor climático y a que la perforación se realizó en diferentes meses del año, considerando temporadas de lluvia y estiaje.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

7.1. La variación de la profundidad de excavación con camisas perdidas en las 6 estructuras (pilas) difieren respecto a la profundidad en la que se ubica el nivel freático, siendo la estructura de la pila 7, la estructura que muestra una variación de 3.90 m siendo el valor más alto y la estructura de la pila 8, la estructura que presenta la menor variación al no presentar diferencias entre la profundidad de excavación real y teórica.

7.2. Al cuantificar la variación de la longitud de fundas en las 6 estructuras (pilas), se puede notar que la longitud de fundas metálicas varía entre los 40 m a 50 m, siendo la estructura de la pila 3 en la que se utilizó la mayor cantidad de fundas metálicas y en la estructura de la pila 8 la menor cantidad de estructuras metálicas, algo que va relacionado con la profundidad de excavación y que según el análisis estadístico no guarda relación con el nivel freático.

7.3. El rendimiento en la perforación de pilotes en las 6 estructuras (pilas) de acuerdo a los días y a los metros excavados varían significativamente. Para la estructura de la pila 3 se tienen los rendimientos más bajos siendo el 28 % el valor mínimo, caso contrario en la pila 8 el avance en la perforación de pilotes fue el más alto siendo el valor de 315% el valor máximo, y según el análisis estadístico el rendimiento de la perforación guarda correlación con el nivel freático en las estructuras.

11

7.4. Luego de analizar el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados con camisas perdidas en el Puente Comuneros II, se puede resumir que, dentro de las dimensiones analizadas como la variación de la profundidad de excavación real y teórica, longitud de fundas metálicas y el rendimiento en la perforación en relación al nivel freático, luego de haber recopilado la información de campo, gabinete y realizado el análisis estadístico, se concluyó que el rendimiento de la perforación de pilotes en base al indicador planteado guarda relación respecto a la presencia del nivel freático en el proceso de perforación, caso contrario para la excavación de pilotes y la utilización de fundas metálicas.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

8.1. En base a los resultados obtenidos se recomienda evaluar la variación de la profundidad de excavación en la perforación de pilotes por otros métodos, como pueden ser por recuperación de camisas perdidas o por la utilización de lodos en la perforación de estas estructuras en función del nivel freático, a fin de generar información y poder comparar estos resultados.

8.2. Se recomienda evaluar la variación de la longitud de fundas en relación de las características mecánicas del suelo y en proyectos donde el nivel freático se encuentre a otras profundidades diferentes de las que se encontró en la presente investigación.

8.3. Extender la variación del rendimiento de la perforación de pilotes evaluando otros factores como parte del proceso constructivo como la mano de obra, maquinaria, capacidad técnica, así como evaluar el rendimiento de la perforación para cimentaciones profundas en otros proyectos.

8.4. Después de analizar la ¹¹ el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, se recomienda extender la investigación utilizando otros métodos en la excavación de cimentaciones profundas y evaluando las mismas variables y dimensiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMEIDA RODRIGUEZ, N. G., & VARGAS BENAVIDES, B. A. (2020). Comparacion de la Capacidad Portante de Pilotes Fundidos In Situ, Realizando Pruebas de Carga y Metodologias de Calculo Basados en los Ensayos SPT y CPT. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad Politecnica Salesiana, Quito.
- ALVA, J. (1998). *Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones*. Lima, Perú: ACI. Capítulo Peruano.
- ALVAREZ, P. (2018). Ethics and Research Primer. *Ética e Investigación*, 122-149. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-EticaEInvestigacion-6312423.pdf
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. Michigan: ACI 318.
- ARIAS, F. (2012). *El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica* (Sexta ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- ARIAS, J., VILLASÍS, M., & MIRANDA, M. (2016). El Protocolo de Investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia Mexico*, 63(2), 201-206. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>
- BELTRAN CUEVA, J. R., & DIAZ VARGAS, D. A. (2018). Análisis de la Capacidad de Carga Admisible de los Suelos de Cimentación del Complejo Arqueológico Chan Chan debido al Ascenso del Nivel Freático. (*Tesis de Ingeniería Civil*). UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, Lima.
- BORJA, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo.
- BRAJA M., D. (2001). *Principio de Ingeniería de Cimentaciones* (Cuarta Edición ed.). Mexico: International Thomson Editores.
- CAMACHO CORREA, P. A., & MEDIAVILLA BECERRA, L. K. (2019). Diseño geotécnico – estructural de pilotes y pilas mediante el método matricial en diversas estratigrafías y niveles freáticos en Ecuador. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- CEPEDA ALCAZAR, D. E. (2020). *Análisis Comparativo de Cimentación Profunda de un Centro Comercial con Pilotes Excavados y Micropilotes*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- COBALEDA ZAPATA, D., BELTRÁN GAMBOA, S. G., ARISTIZABAL GÓMEZ, J., OMAÑA DUARTE, M. A., GONZÁLEZ B, P. P., ALCAZAR LÓPEZ, R., & PERÉZ CAMINOS, S. M. (1983). *Cimentaciones*. Bogota, Colombia: SENA. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11404/6867>
- DUQUE ESCOBAR, G., & ESCOBAR POTES, C. (2002). *Mecánica de los Suelos*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- GONZALES CABALLERO, M. (2001). *El terreno*. Barcelona, España: EDICIONES UPC. Obtenido de <https://www.casadellibro.com/libro-el-terreno/9788483015308/800488>
- GUERREIRO, E. I. (2020). Estratos. (*Trabajo Final de Carrera*). Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires.
- GUTIERREZ CHACON, J. G. (2020). Analisis del efecto de la rugosidad en el contacto roca-pilote sobre la resistencia por fuste de pilotes. *Titulado Doctoral*. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.
- HERNANDEZ RODRIGUEZ, S. P. (2013). Diseño y Construcción de Cimentaciones Profundas. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, M. (2014). *Metología de la Investigación* (Sexta ed.). México, México: McGRAW-HILL.
- INACAL. (2019). *NTP.339.128.Método de ensayo para el análisis granulométrico*. (1ra.ed.).Lima: INACAL.
- INACAL. (2019). *NTP.339.129. Método de Ensayo para Determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos*. (1ra.ed.).Lima: INACAL.
- INACAL. (2019). *NTP.339.134.Método para la Clasificación de Suelos con Propósito de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS)*. (1ra.ed.).Lima: INACAL.
- INACAL. (2019). *NTP.339.135.Método para la clasificación de suelos para uso de vías de transporte*. (1ra.ed.).Lima: INACAL.
- INGENIERIA CIVIL TEMPLATES. (6 de Mayo de 2022). *Pilotes*. Obtenido de <http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/06/pilotes.html>
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- MEXICANO, S. G. (22 DE MARZO DE 2017). <http://www.gob.mx/sgm/articulos/consulta-el-lexico-estratigrafico?idiomes=es>.
- MEZA CÁRDENAS, L. (2022). *La Ingeniería en el Perú: Evolución y Perspectivas*. Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (2018). *Manual de Puentes*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima: El Peruano.
- MONTOYA, J., & PINTO VEGA, F. (2010). *Cimentaciones*. Universidad de los Andes, Escuela de Ingeniería Geologica. Merida: Escuela de Ingeniería Geologica.
- NORMA E.070. (2021). *Albañilería*. Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- ORDOÑEZ GALVEZ, J. (2011). *Aguas Subterráneas - Acuíferos*. Lima, Perú: SENAMHI.

- PARDO FATTORINI, E. J., & RUIZ RIOS, C. A. (2020). Manual de Control de Calidad en los Procesos Constructivos de Pilotes Excavados de Concreto Armado. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- PILOTES TERRATEST. (09 de Mayo de 2022). *Pilotes Pre-excavados*. Obtenido de <https://www.terratest.cl/tecnologias-2/pilotes-pre-excavados/>
- PORRA GONZALES, G. (2019). Determinación de rendimientos y productividad en la construcción de pilotes pre excavados de concreto. (*Proyecto final de graduación*). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- REDOLFI, E. (2007). *Suelos Colapsables*. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Cordova.
- ROSALES BERMÚDEZ, R. (2007). *Variación de la cohesión y el ángulo de fricción interna obtenidos por los ensayos de corte directo y triaxial con materiales granulares y arcillosos*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2749_C.pdf
- SALAS, F., SÁEZ, E., OVALLE, C., & FERNANDEZ, J. M. (2019). Análisis dinámico de una excavación profunda contenida mediante pilotes anclados en la grava de Santiago. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad Católica de Chile, Santiago.
- SÁNCHEZ ESPEJO, F. (2019). *Tesis, Desarrollo Metodológico de la Investigación* (Primera ed.). Lima: Normas Jurídicas.
- SANTILLANA RIVERO, A. A., & SILVA TREBEJO, L. J. (2018). *Análisis y Propuesta de Mejora del Método de Excavación con Presencia de Agua para Fundaciones de Puentes en la Costa de la Región Arequipa*.
- SARDÓN TUPAYACHI, T., & SASAKI SALAZAR, A. P. (2020). Estudio comparativo entre la capacidad de carga de pilotes excavados, estimados mediante métodos analíticos, semiempíricos y pruebas de carga. Aplicaciones en suelos gravosos y arcillosos en la costa del Perú. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- TOLEDO, N. (2012). *Población y Muestra*. Ciudad de México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- TORRES CHAMBA, A. S., & YUQUILEMA YUNGAN, J. A. (2018). Proyecto de diseño estructural de un puente con vigas presforzadas sobre cimentación profunda, ubicado en un tramo de la carretera E-25, cantón Guabo, parroquia Río Bonito, provincia de El Oro. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad Central de Ecuador, Quito.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA. (2012). *Cimentaciones superficiales*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250240/2012/tema_4_ciment_super.p

ANEXOS

ANEXO I: Matriz de Consistencia
EFFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PERFORACION DE PILOTES PRE-EXCAVADOS EN EL PUENTE COMUNEROS II, CHUPACA – HUANCAYO, JUNIN 2021

Linea de Investigación: TRANSPORTE Y URBANISMO

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar el efecto del nivel freático en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El nivel freático tiene efecto negativo en la perforación de pilotes pre-excavados en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021</p>	<p>V1: Nivel Freático</p>	<p>D1: Profundidad del nivel freático</p>	<p>I1: Profundidad del nivel freático (m)</p>	<p>TIPO: Aplicada</p> <p>NIVEL: Explicativo</p> <p>DISEÑO: Experimental</p> <p>POBLACION Y MUESTRA:</p> <p>Para la presente investigación la población coincide con la muestra de estudio, siendo un total de 36 pilotes ubicados en la margen izquierda como unidades de estudio.</p> <p>MUESTREO:</p> <p>Muestreo es no probabilístico</p> <p>TECNICAS E INSTRUMENTOS:</p> <p>-Observación directa</p> <p>-Ficha de recopilación de información</p>
<p>Problemas Específicos:</p> <p>¿En cuánto varia la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021?</p>	<p>Objetivos Específicos:</p> <p>Determinar la variación de la profundidad de excavación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021</p>	<p>Hipótesis Específicas:</p> <p>La profundidad de excavación varia significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021</p>				
<p>¿De qué manera varia la longitud de fundas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021?</p>	<p>Quantificar la variación de la longitud de fundas en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021.</p>	<p>La longitud de fundas varia considerablemente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021</p>	<p>V2: Perforación de Pilotes</p>	<p>D2: Longitud de Fundas</p> <p>D3: Rendimiento</p>	<p>I1: Longitud (m)</p> <p>I1: Rendimiento (metros de excavación/día)</p>	<p>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO E DATOS:</p> <p>Una vez obtenida la información mediante el método de la experimentación pasamos a procesar los datos con los programas Excel y Minitab</p>
<p>¿En cuánto varia el rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021?</p>	<p>Estimar la variación del rendimiento de la perforación en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021</p>	<p>El rendimiento de la perforación varia significativamente en relación al nivel freático en el Puente Comuneros II, Chupaca – Huancayo, Junin 2021</p>				

ANEXOS 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Nivel Freático	<p>"El agua que cae sobre el suelo parte oscura y parte se filtra por acción de la gravedad hasta estratos impermeables más profundos, formando la napa freática. El límite superior de este manto acuífero se llama nivel freático" (Crespo, 2004, p. 143)</p>	<p>La variable V1: Nivel freático se operacionaliza mediante tres dimensiones que son, D1: Profundidad del nivel freático así mismo cada dimensión se subdivide en indicadores.</p>	D1: Profundidad del nivel freático	I1: Profundidad (m)	Fichas de recopilación de información.	Razón
V2: Perforación de Pilotes	<p>"El uso de pilotes es una de las técnicas más antiguas del hombre para superar las dificultades de la cimentación de estructuras en suelos blandos" (Alva, 1998, p. 358)</p>	<p>La variable V2: La perforación de pilotes se operacionaliza mediante tres dimensiones que son, D1: Profundidad de excavación, D2: Longitud de Fundas y D3: Rendimiento; A su vez cada una de estas dimensiones se subdivide en un indicador.</p>	<p>D1: Variación entre la profundidad de excavación final teórica y real</p> <p>D2: Longitud de Fundas</p> <p>D3: Rendimiento</p>	<p>I1: Profundidad (m)</p> <p>I1: Longitud (m)</p> <p>I1: Rendimiento (metros de excavación/día)</p>	Fichas de recopilación de información.	Razón

ANEXO 3

EFFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PERFORACION DE PILOTES PRE-EXCAVADOS EN EL PUENTE COMUNEROS II, CHUPACA – HUANCAYO, JUNIN 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	oa.upm.es Fuente de Internet	1 %
10	1library.co Fuente de Internet	1 %
11	qdoc.tips Fuente de Internet	1 %
12	www.kerwa.ucr.ac.cr Fuente de Internet	1 %
13	www.minas.upm.es Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Peruana Los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
15	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
16	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1 %
17	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
18	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	vsip.info Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
27	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
29	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.uaustral.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

33	repositorio.utesup.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	www.ecured.cu Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
36	www.biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
37	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	"Análisis del efecto del tratamiento superficial por láser en la microestructura, dureza y desgaste del hierro nodular ferrítico", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020 Publicación	<1 %
40	es.winelib.com Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC Trabajo del estudiante	<1 %
42	repositorio.escuelamilitar.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

repositorio.unamba.edu.pe

43	Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
45	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
48	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Exclude assignment Activo

template

Excluir coincidencias < 20 words

EFFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PERFORACION DE PILOTES PRE-EXCAVADOS EN EL PUENTE COMUNEROS II, CHUPACA – HUANCAYO, JUNIN 2021

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

/20

COMENTARIOS GENERALES

Instructor

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

PÁGINA 21

PÁGINA 22

PÁGINA 23

PÁGINA 24

PÁGINA 25

PÁGINA 26

PÁGINA 27

PÁGINA 28

PÁGINA 29

PÁGINA 30

PÁGINA 31

PÁGINA 32

PÁGINA 33

PÁGINA 34

PÁGINA 35

PÁGINA 36

PÁGINA 37

PÁGINA 38

PÁGINA 39

PÁGINA 40

PÁGINA 41

PÁGINA 42

PÁGINA 43

PÁGINA 44

PÁGINA 45

PÁGINA 46

PÁGINA 47

PÁGINA 48

PÁGINA 49

PÁGINA 50

PÁGINA 51

PÁGINA 52

PÁGINA 53

PÁGINA 54

PÁGINA 55

PÁGINA 56

PÁGINA 57

PÁGINA 58

PÁGINA 59

PÁGINA 60

PÁGINA 61

PÁGINA 62

PÁGINA 63

PÁGINA 64

PÁGINA 65

PÁGINA 66

PÁGINA 67

PÁGINA 68

PÁGINA 69

PÁGINA 70

PÁGINA 71

PÁGINA 72

PÁGINA 73

PÁGINA 74

PÁGINA 75

PÁGINA 76

PÁGINA 77

PÁGINA 78

PÁGINA 79

PÁGINA 80

PÁGINA 81

PÁGINA 82

PÁGINA 83

PÁGINA 84

PÁGINA 85

PÁGINA 86

PÁGINA 87

PÁGINA 88

PÁGINA 89

PÁGINA 90

PÁGINA 91

PÁGINA 92

PÁGINA 93

PÁGINA 94

PÁGINA 95

PÁGINA 96

PÁGINA 97

PÁGINA 98

PÁGINA 99

PÁGINA 100

PÁGINA 101

PÁGINA 102

PÁGINA 103

PÁGINA 104

PÁGINA 105

PÁGINA 106

PÁGINA 107

PÁGINA 108

PÁGINA 109

PÁGINA 110

PÁGINA 111

PÁGINA 112

PÁGINA 113

PÁGINA 114

PÁGINA 115

PÁGINA 116

PÁGINA 117

PÁGINA 118

PÁGINA 119
