



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL

TEMA: “METODOLOGÍA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPLEADAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SUELOS NO COHESIVOS.”

AUTOR: MONICA PAOLA SANCHO SOLANO

TUTOR: ING.M.SC. DILON MOYA

AMBATO ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

Yo Ing. Dilon Moya Medina certifico que el presente trabajo experimental bajo el tema “METODOLOGÍA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPLEADAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SUELOS NO COHESIVOS.”, realizado por la señorita Monica Paola Sancho Solano estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi inspección, siendo un trabajo elaborado de manera personal.

Ambato, Julio del 2018

Ing. Dilon Moya Medina

TUTOR

AUTORÍA

Yo, Monica Paola Sancho Solano, con CI. 1805219449 egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que los criterios y el contenido del trabajo experimental con el tema **“METODOLOGÍA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPLEADAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SUELOS NO COHESIVOS.”** es de mi completa autoría.

Ambato, Julio del 2018

Monica Paola Sancho Solano

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución. Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Julio del 2018

Monica Paola Sancho Solano

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“METODOLOGÍA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPLEADAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SUELOS NO COHESIVOS.”**, realizado por Monica Paola Sancho Solano, egresada de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Ing. Mg. Fricson Moreira
DOCENTE CALIFICADOR

Ing.Mg. Lorena Pérez
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por darme la vida, la fuerza y la sabiduría para aprender de los obstáculos y pruebas que se me han presentado durante este recorrido y haberme permitido llegar a culminar una etapa más de mi vida y cumplir con esta meta.

A mis padres, Edison y Monica, pilar fundamental de mi vida, quienes han sido mi ejemplo, y han sabido guiarme y apoyarme en todo momento, levantarme cuando he caído, motivándome a siempre dar lo mejor de mí y enseñándome que “todo esfuerzo siempre tiene su recompensa”.

A Michelle y Edison, mis hermanos, quienes han estado a mi lado, brindándome palabras de aliento y siempre han sabido como sacarme una sonrisa.

A mí enamorado, Carlos, por haberme acompañado en este camino, y haberme brindado su apoyo incondicional en todas las circunstancias que se me han presentado.

Finalmente, a mis abuelitos por sus sabios consejos y por las buenas vibras que han sabido transmitirme.

Paola Sancho Solano

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por bendecir cada paso que he dado en mi vida, por haberme permitido llegar a cumplir este sueño y compartirlo con las personas que más amo.

Agradezco a mis padres por su amor, confianza, apoyo y sus consejos, por impulsarme siempre a seguir adelante, influyendo de manera significativa en mi formación tanto personal, como profesional, por el esfuerzo y sacrificio que han dado para que no me falte nada y lo principal les agradezco por darme una carrera para formar mi futuro.

A mis hermanos y abuelitos por estar conmigo en todos los momentos de mi vida y brindarme sus palabras de aliento. A mi enamorado, por haberme ayudado cuando lo he necesitado a medida que sus alcances lo permitían, y por haber compartido conmigo muchos triunfos y derrotas que a lo largo de mi vida estudiantil se me han presentado.

Agradezco al Ing. M.SC. Dilon Moya, tutor del presente trabajo, por haberme brindado todos sus conocimientos y su tiempo, dirigiendo y colaborando con este proyecto de la mejor manera.

Finalmente agradezco a mis familiares, amigos y maestros, quienes de una u otra manera han contribuido para que este sueño se haga realidad.

Paola Sancho Solano

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	XI
RESUMEN EJECUTIVO	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1. Tema de investigación	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo general:	4
1.1.2. Objetivos específicos:	4
CAPÍTULO 2	5
FUNDAMENTACIÓN	5
2.1. Fundamentación teórica	5
2.1.1. Granulometría	5
2.1.2. Clasificación de suelos	6
2.1.3. Suelos no cohesivos	7

2.1.4. Talud o Ladera	8
2.1.5. Caracterización de los Movimientos.....	9
2.1.6. Estabilidad de taludes.....	17
2.1.7. Estructuras de contención	17
2.1.8. Ensayos de carga de clavos	23
2.2. Variables	25
2.2.1. Variable independiente	25
2.2.2. Variable dependiente.....	25
2.3. Hipótesis.....	25
2.3.1. Hipótesis nula (h_0).....	25
2.3.2. Hipótesis alternativa (h_1).....	25
CAPÍTULO 3.....	26
METODOLOGÍA	26
3.1. Tipo de investigación	26
3.2. Población y muestra	26
3.2.1. Población.....	26
3.2.2. Muestra.....	27
3.3. Operacionalización de las variables	29
3.3.1. Variable independiente	29
3.3.2. Variable dependiente.....	30
3.4. Plan de recolección de información	31
3.5. Plan de procesamiento y análisis	32
3.5.1. Plan de procesamiento.....	32
3.5.2. Plan de análisis.....	32
3.5.3. Información del sitio de estudio: Paso Lateral de Ambato.	33
3.5.4. Diseño del equipo de pruebas de adherencia	38
3.5.5. Metodología del ensayo de adherencia	45
CAPÍTULO 4.....	63
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	63
4.1. Recolección de datos.....	63
4.1.1. Datos de los anclajes y programa de carga	63

4.2. Análisis de los resultados	73
4.2.1. Presentación de resultados	73
4.3. Verificación de la hipótesis	105
CAPÍTULO 5.....	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
5.1. Conclusiones	107
5.2. Recomendaciones.....	108
MATERIALES DE REFERENCIA.....	109
1. Bibliografía	109
2. Anexos	112

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación granulométrica de los suelos.....	6
Tabla 2: Símbolos de grupo (SUCS).....	6
Tabla 3: Tipología de suelos (SUCS).....	7
Tabla 4: Formato para toma de datos de deslizamiento.....	28
Tabla 5: Operacionalización de la variable independiente	29
Tabla 6: Operacionalización de la variable dependiente.....	30
Tabla 7: Plan de recolección de información.....	31
Tabla 8: Materiales y costo del equipo	45
Tabla 9: Fuerza de adherencia según el tipo de perforación y tipo de suelo	47
Tabla 10: Programa de carga en pruebas de verificación	51
Tabla 11: Datos y carga a aplicar del anclaje de 2 metros de longitud.....	64
Tabla 12: Datos y carga a aplicar del anclaje de 3 metros de longitud.....	65
Tabla 13: Datos y carga a aplicar del anclaje de 3.5 metros de longitud.....	66
Tabla 14: Datos y carga a aplicar del anclaje de 6 metros de longitud.....	67
Tabla 15 Programa de carga para anclaje de 2 metros de longitud.....	69
Tabla 16: Programa de carga para anclaje de 3 metros de longitud.....	70
Tabla 17: Programa de carga para anclaje de 3.5 metros de longitud.....	71
Tabla 18: Programa de carga para anclaje de 6 metros de longitud.....	72
Tabla 19: Desplazamiento de anclaje#1, longitud 3 metros	73
Tabla 20: Parámetros del Ensayo Creep anclaje#1 en la primera carga	76
Tabla 21: Desplazamiento de anclaje#1 en la segunda carga.	77
Tabla 22: Parámetros del Ensayo Creep anclaje#1 en la segunda carga.....	79
Tabla 23: Desplazamiento de anclaje#2, longitud 3 metros, instalado a 45 grados respecto la superficie de terreno.....	80
Tabla 24: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#2 en la primera carga.	82
Tabla 25: Desplazamiento de anclaje#2 en la segunda carga.	83
Tabla 26: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#2 en la segunda carga.....	85
Tabla 27: Desplazamiento de anclaje#3 de 2 metros de longitud.....	86
Tabla 28: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#3 en la primera carga	88
Tabla 29: Desplazamiento de anclaje#3 de 2 metros de longitud, segunda carga.	89

Tabla 30: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#3 en la segunda carga.....	90
Tabla 31: Desplazamiento de anclaje#4 de 6 metros de longitud, primera carga.....	91
Tabla 32: Adherencia determinada para el anclaje #4 en la primera carga.	93
Tabla 33: Desplazamiento de anclaje#5 de 3 metros de longitud, primera carga.....	94
Tabla 34: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#5 en la primera carga.	96
Tabla 35: Desplazamiento de anclaje#5 de 3 metros de longitud, segunda carga.	97
Tabla 36: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#5 en la segunda carga.....	99
Tabla 37: Desplazamiento de anclaje#6 de 3.5 metros de longitud, primera carga.	100
Tabla 38: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#6 en la primera carga.	102
Tabla 39: Desplazamiento de anclaje#6 de 3.5 metros de longitud, segunda carga.	103
Tabla 40: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#6 en la segunda carga.....	104
Tabla 41: Resumen de resultados obtenidos de ensayo de adherencia en pernos de anclaje	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva granulométrica	5
Figura 2 Nomenclatura de taludes y laderas	8
Figura 3 Procesos de deterioro	11
Figura 4 Mecanismos de falla de los caídos.....	13
Figura 5 Volteo o inclinación de materiales	14
Figura 6 Deslizamiento de suelo blando	15
Figura 7 Esquema del esparcimiento lateral	15
Figura 8 Flujo lento y rápido.....	16
Figura 9 Depósito de materiales en un río a causa de una avalancha	17
Figura 10 Anclaje activo	19
Figura 11 Anclaje pasivo	20
Figura 12 Esquema de ensayo de carga en anclajes.....	23
Figura 13 Mapa del Ecuador	34
Figura 14 Mapa de Tungurahua	35
Figura 15 Paso Lateral de Ambato.....	37
Figura 16 Ubicación de los anclajes en el talud.....	38
Figura 17 Equipo de prueba de adherencia	39
Figura 18 Gato hidráulico	40
Figura 19 Viga de soporte	40
Figura 20 Vástago y acople.....	41
Figura 21 Bomba manual	41
Figura 22 Manguera de presión y manómetro	42
Figura 23 Manguera de presión y acople	42
Figura 24. Manómetro.....	43
Figura 25. Base magnética para reloj comparador.....	43
Figura 26. Reloj comparador.....	44
Figura 27 Placas de apoyo.....	44
Figura 28 Área efectiva del cilindro.....	50
Figura 29 Desbroce del área de ensayo.....	52
Figura 30 Perfilar la superficie de apoyo del equipo	52
Figura 31 Corte de la barra de anclaje	53
Figura 32 Retiro de restos de lechada del anclaje	53

Figura 33 Limpieza de la rosca del anclaje.	54
Figura 34 Acople del vástago al anclaje.	54
Figura 35 Ubicación de las placas.	55
Figura 36 Colocación del equipo sobre las placas de apoyo.	55
Figura 37 Aseguramiento del equipo con la tuerca de ajuste.	56
Figura 38 Conexión de la manguera al gato hidráulico.	56
Figura 39 Alineación del equipo con el anclaje.	57
Figura 40 Abriendo la llave de paso	57
Figura 41 Bombeando para aplicar carga.	58
Figura 42 Colocando y encerando el reloj comparador.	59
Figura 43 Tomando lectura a los 10 minutos de un paso de carga	59
Figura 44 Registrando los desplazamientos del anclaje.	60
Figura 45 Comportamiento del anclaje#1 en la primera carga.	75
Figura 46. Ensayo creep del anclaje#1 en la primera carga.	75
Figura 47 Comportamiento del anclaje#1 en la segunda carga.	78
Figura 48 Ensayo creep del anclaje#1 en la segunda carga	78
Figura 49 Comportamiento del anclaje#2 en la primera carga	81
Figura 50 Ensayo creep del anclaje#2 en la primera carga.	81
Figura 51 Comportamiento del anclaje#2 en la segunda carga.	84
Figura 52 Ensayo creep del anclaje#2 en la segunda carga	84
Figura 53 Comportamiento del anclaje#3 en la primera carga	87
Figura 54 Ensayo creep del anclaje#3 en la primera carga.	87
Figura 55 Comportamiento del anclaje#3 en la segunda carga.	90
Figura 56 Ensayo creep del anclaje#3 en la segunda carga.	90
Figura 57 Comportamiento del anclaje#4 en la primera carga.	93
Figura 58 Comportamiento del anclaje#5 en la primera carga.	95
Figura 59 Ensayo creep del anclaje#5 en la primera carga.	95
Figura 60 Comportamiento del anclaje#5 en la segunda carga.	98
Figura 61 Ensayo creep del anclaje#5 en la segunda carga.	98
Figura 62 Comportamiento del anclaje#6 en la primera carga.	101
Figura 63 Ensayo creep del anclaje#6 en la primera carga.	101
Figura 64 Comportamiento del anclaje#6 en la segunda carga.	104
Figura 65 Ensayo creep del anclaje#6 en la segunda carga.	104

RESUMEN EJECUTIVO

Tema: “METODOLOGÍA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPLEADAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SUELOS NO COHESIVOS.”

Autor: Monica Paola Sancho Solano

Tutor: Ing.M.Sc. Dilon Moya

Fecha: Mayo 2018

Para la ejecución del proyecto en primer lugar se ha efectuado una investigación documental – bibliográfica, donde se ha encontrado la normativa que regula la ejecución del ensayo y las especificaciones técnicas con las que se ensambló el equipo, de manera que se obtengan resultados veraces sobre el estado del anclaje.

Se efectuó la calibración del equipo, ensayando anclajes en un banco de pruebas, lo cual ayudó a identificar todas las variables que se presentarían durante el ensayo, proceso que aportó de manera significativa en la elaboración de la metodología, en la cual se detalla el procedimiento desde el cálculo que se efectúa para determinar la carga con la que se debe evaluar el funcionamiento del anclaje mediante la medición de su adherencia , y también se describe la forma con la que se debe instalar y manejar el equipo y todos sus componentes.

Por último, mediante la instalación de 6 pernos de anclaje en un sector del Paso Lateral de Ambato que posee estratos de suelos no cohesivos, se ha podido comprobar el buen funcionamiento del equipo al efectuar los correspondientes ensayos.

Al existir varias zonas donde se ha realizado estabilización de taludes con el empleo de pernos de anclaje, con el presente proyecto se quiere aportar para la verificación del óptimo funcionamiento de los mismos y poner a disposición una herramienta manual de control de los futuros trabajos que se ejecuten en la localidad.

ABSTRACT

Theme: "METHODOLOGY TO CARRY OUT ADHERENCE TESTS IN ANCHORAGE BARS USED FOR THE STABILIZATION OF SLOPES IN NON-COHESIVE SOILS."

Author: Monica Paola Sancho Solano

Tutor: Ing.M.Sc. Dilon Moya

Date: May 2018

For the execution of the project, first of all, a documentary - bibliographic investigation has been carried out, where the regulations that regulate the execution of the test and the technical specifications with which the equipment was assembled have been found, in such a way that truthful results are obtained on the Anchor status.

The calibration of the equipment was carried out, testing anchors in a test bench, which helped to identify all the variables that would be presented during the test, a process that contributed significantly in the elaboration of the methodology, in which the procedure is detailed from the calculation that is made to determine the load with which the operation of the anchor must be evaluated by measuring its adherence, and also describes the way in which the equipment and all its components must be installed and operated.

Finally, through the installation of 6 anchor bolts in a sector of the Lateral Passage of Ambato that has layers of non-cohesive soils, it has been possible to verify the proper functioning of the equipment when carrying out the corresponding tests.

When there are several areas where slope stabilization has been done with the use of anchor bolts, with the present project we want to provide for the verification of their optimal functioning and to make available a manual tool to control future work run in the locality.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Tema de investigación

“METODOLOGÍA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPLEADAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SUELOS NO COHESIVOS.”

1.2. Antecedentes

En la provincia de Tungurahua las diversas entidades públicas que se dedican a velar por el bienestar y comodidad de sus habitantes se han visto en la necesidad de efectuar varias obras de estabilización de taludes en distintos estratos de suelo, principalmente utilizando un método que se basa en el empleo de barras de anclaje con inyecciones de lechada y concreto proyectado. Sin embargo, ninguno de estos proyectos cuenta con ensayos para la verificación de que dichas barras se encuentran adheridas correctamente al suelo, principalmente porque las máquinas que determinan este parámetro, en primer lugar no se encuentran disponibles en la provincia y en segundo lugar porque las máquinas que se han encontrado son muy grandes y adicionalmente por el tipo de base de reacción que poseen su aplicación está destinada únicamente en suelos con estratos de macizos rocosos, mas no para estratos de suelos cohesivos los cuales poseemos en varias partes de los taludes de la provincia, generando incertidumbre acerca del período de vida que tendrán las obras de estabilización realizadas.

En otros países le han dado mucha importancia a este tema como es el caso de Canadá en el cual se desarrolló un tema de investigación en el que los resultados obtenidos indicaban que “el esfuerzo de tensión normal que actúa sobre los anclajes (disminuye) debido a la tendencia a la dilatación o contracción del suelo” cómo se indica en la publicación “Laboratory study of soil nail interaction in loose, completely decomposed granite” realizada por la revista geotécnica de Canadá [1].

Por otra parte en una investigación han generado una propuesta al modelar el procedimiento de este ensayo en un programa de elementos finitos, ya que según los resultados el modelo actual es capaz de capturar las principales características de las variaciones de esfuerzo del suelo y el comportamiento de extracción durante las pruebas de control de adherencia con el fin de obtener indicadores de los resultados que deben presentarse al momento de realizar el ensayo en sitio, como se demuestra en la publicación “ Finite element modelling of pullout testing on a soil nail in a pullout box under different overburden and grouting pressures” realizada por Wan-Huan Zhou, Jian-Hua Yin, and Cheng-Yu Hong [2].

Finalmente, otro factor que influye tanto en la estabilidad del suelo y en los resultados que se podrían obtener del ensayo es la consideración de la humectación que tengan los estratos del talud puesto que en Taiwán, se han efectuado pruebas como se puede ver en [3] ,y como resultados se ha obtenido que la tensión de cizallamiento de la interfaz de extracción inicialmente alcanzó un valor máximo con un suelo no saturado. Al humedecerse, la resistencia a la extracción máxima observada disminuyó al simular inundación más larga. La resistencia máxima de extracción cayó inmediatamente alrededor del 15% durante solo un día de remojo. La reducción fue de hasta aproximadamente 60% durante 28 días de remojo. Esta relación indicó que el contenido de agua jugó un papel importante en la movilización de la resistencia al corte por extracción.

1.3. Justificación

Uno de los elementos más importantes de una carretera es el de los taludes los cuales pueden ser de tipo natural o artificial [4]. Los problemas que pueden presentar éstos son los deslizamientos, meteorización, erosión y hundimiento, siendo el primero el más común de todos, al poseer el país una difícil y complicada geografía, las diferentes entidades públicas se han visto en la necesidad de diseñar y construir diversos sistemas de estabilización, entre los cuales se encuentra el sistema de estabilización con barras de anclaje, inyecciones de lechada y hormigón lanzado como se indica en [5], método que para su correcto funcionamiento es necesario efectuar diversos ensayos tanto en la etapa de diseño, construcción y funcionamiento especificado en [6].

En el manual de Carlos Lazarte y colaboradores [7], se indica que uno de los ensayos empleados tanto en la etapa de construcción y funcionamiento es el denominado como “Ensayo de Carga” y consiste en aplicar carga a las barras de anclaje con el objetivo de determinar la adherencia que existe entre las barras, el suelo y la lechada, para así verificar que cumple con las especificaciones de diseño en cuanto al parámetro de adherencia, como también comprobar los procedimientos de perforación e instalación.

Sin embargo, no se encuentra disponible un equipo para efectuar los ensayos que permitan verificar la adherencia existente entre el suelo con los anclajes utilizados para estabilizar los Taludes, considerando principalmente que en varios sectores se cuenta con una estratigrafía de suelo no cohesivo, lo cual con máquinas comunes es difícil y poco preciso efectuar ensayos de carga especialmente en la corona de los taludes, razón por la cual las obras realizadas en la ciudad, no cuentan con estos ensayos de verificación.

Con el presente proyecto se plantea implementar un equipo junto con una metodología que pueda ser utilizado para efectuar ensayos de carga (pull-out) en anclajes colocados en suelos no cohesivos y además que sea de fácil empleo para que los profesionales que lo requieran lo puedan utilizar y así satisfaga las necesidades del medio.

1.4.Objetivos

1.1.1.Objetivo general:

Desarrollar una metodología de ensayo de adherencia para barras de anclaje empleadas en la estabilización de taludes de suelos no cohesivos.

1.1.2.Objetivos específicos:

- Determinar la resistencia mínima al deslizamiento que debe tener una barra de anclaje colocada en suelos no cohesivos.
- Construir un equipo que permita obtener la resistencia al deslizamiento de las barras de anclaje en suelos no cohesivos.
- Ensayar una muestra de barras de anclaje colocadas en suelos no cohesivos en el Paso Lateral de Ambato.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN

2.1.Fundamentación teórica

2.1.1.Granulometría

Independientemente de su origen, los tamaños de partículas que conforman el suelo pueden variar en un amplio intervalo. Los suelos son generalmente llamados grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas dentro del suelo [8].

Los límites de tamaño de las partículas que constituyen un suelo, ofrecen un criterio para la clasificación descriptiva del mismo, lo cual se encuentra representado gráficamente en la curva granulométrica como se presenta en la Figura 1 [9], donde en el eje X, a escala logarítmica, se indica el tamaño del tamiz con el que se efectuó el ensayo y en el eje Y , a escala normal, el porcentaje de suelo que pasó dicho tamiz [10].

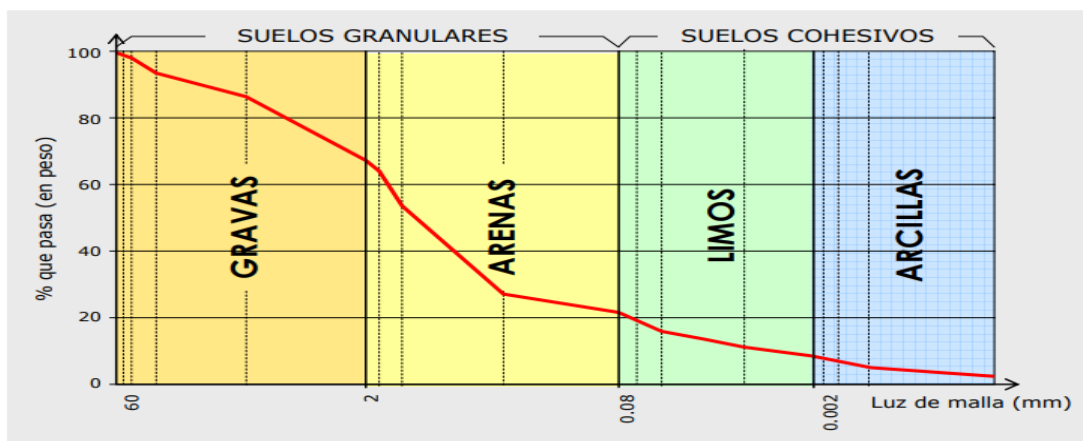


Figura 1 Curva granulométrica

Fuente: L. Bañón, *Manual de Carreteras*, Alicante: Universidad de Alicante, 2000.

Se evidencia que los tipos de suelo que van a ser objeto de estudio en este proyecto se encuentran identificados como suelos granulares, dentro de los cuales las gravas y arenas, los cuales poseen tamaños de partículas entre 60 mm a 0.1mm como se indica en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1: Clasificación granulométrica de los suelos

Tipo	Denominación		Tamaño
Suelos Granulares	Bolos y bloques		>60
	Grava	Gruesa	60-20
		Media	20-6
		Fina	2-6
	Arena	Gruesa	0.6-2
		Media	0.2-0.6
Fina		0.08-0.2	
Suelos Cohesivos	Limo	Gruesa	0.02-0.08
		Media	0.006-0.02
		Fina	0.002-0.006
	Arcilla		<0.002

Fuente: L. Bañón, *Manual de Carreteras*, Alicante: Universidad de Alicante, 2000.

2.1.2. Clasificación de suelos

Para efectuar la clasificación de los suelos se puede emplear el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) el cual cubre suelos gruesos y finos distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200 [10].

Este sistema emplea unos símbolos que sirven para identificar los tipos de suelos, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 2 y en la Tabla 3 respectivamente, donde se especifica el tipo de suelo con su respectiva simbología y característica general [9].

Tabla 2: Símbolos de grupo (SUCS)

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto	H

Turba	Pt	Límite líquido bajo	L
--------------	----	---------------------	---

Fuente: L. Bañón, Manual de Carreteras, Alicante: Universidad de Alicante, 2000.

Tabla 3: Tipología de suelos (SUCS)

Símbolo	Características generales		
GW	Gravas	Limpias (finos < 5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		Con finos (finos >12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	Arenas	Limpias (finos < 5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (finos >12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	Limos	Baja plasticidad (LL < 50)	
MH		Alta plasticidad (LL >50)	
CL	Arcillas	Baja plasticidad (LL < 50)	
CH		Alta plasticidad (LL >50)	
OL	Suelos orgánicos	Baja plasticidad (LL < 50)	
OH		Alta plasticidad (LL >50)	
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: L. Bañón, Manual de Carreteras, Alicante: Universidad de Alicante, 2000.

2.1.3.Suelos no cohesivos

También conocidos como suelos granulares, este tipo de suelos está formado por partículas agregadas y sin cohesión entre ellas dado el tamaño de las mismas. Su origen obedece fundamentalmente a procesos de meteorización física: lajamiento, termoclastia, haloclastia o fenómenos de hidratación física.

Las características principales de este tipo de suelo son su buena capacidad portante y su elevada permeabilidad, lo que permite una rápida evacuación del agua en presencia de cargas externas.

Dentro de esta clase de suelos se distinguen dos grandes grupos: el de las gravas y el de las arenas. El límite entre ambos grupos viene dado por su granulometría,

considerándose la arena la fracción de suelo de tamaño inferior a 2mm, como se especifica en [9].

2.1.4. Talud o Ladera

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica indicada en [11], se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente.

Los taludes y laderas pueden permanecer estables durante muchos años, sin embargo de forma imprevista puede verse comprometida su estabilidad debido a diversos factores como son: cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua superficial y subterránea, cambios de resistencia del suelo, meteorización, etc., los cuales, en [12] indica que, al provocar movimientos de las masas de suelo, podrían afectar considerablemente estructuras aledañas como son las vías, viviendas y edificaciones

Los taludes y laderas tienen diversas partes las cuales son identificadas con la nomenclatura presentada a continuación e indicadas en la Figura 2.

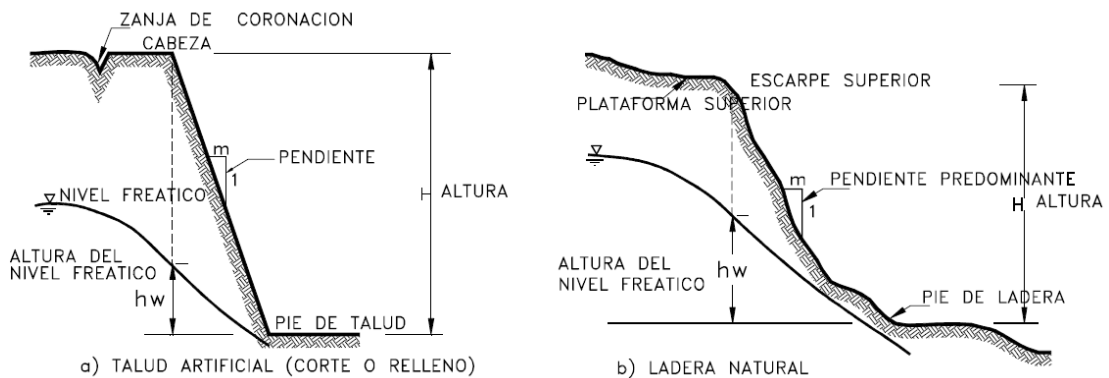


Figura 2 Nomenclatura de taludes y laderas

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

2.1.4.1. Altura

Distancia vertical comprendida entre el pie y la cabeza del talud o ladera [12]

2.1.4.2.Pie

Ubicado en la parte inferior del talud o ladera y delimitado por el cambio de pendiente brusco que tiene [12].

2.1.4.3.Cabeza o escarpe

Situado en la parte superior del talud o ladera y se delimita por el cambio brusco de pendiente que ocurre en esa zona [12].

2.1.4.4.Altura de nivel freático

Distancia medida desde el pie del talud o ladera hacia arriba hasta el nivel donde se encuentra un afluyente de agua subterránea [12].

2.1.4.5.Pendiente

Grado de inclinación que posee el talud o ladera, medido en grados, porcentaje o relación $m/1$, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical [12].

2.1.5.Caracterización de los Movimientos

Los taludes y laderas pueden perder su estabilidad al estar expuestos a una serie de modificaciones de carácter artificial o natural en su estructura y forma, provocando generalmente movimientos que se dan a lo largo de una superficie de falla, desplazando a los materiales hacia abajo, hacia arriba y hacia afuera [12].

2.1.5.1.Proceso de Falla

El proceso de falla de un talud o ladera ocurre conforme transcurren estas cuatro etapas de movimientos:

- Etapa de deterioro o antes de la falla donde el suelo se encuentra intacto, es decir no se ha movido.
- Etapa de falla donde se visualiza la formación de una superficie de falla o el movimiento de una cantidad importante de material.

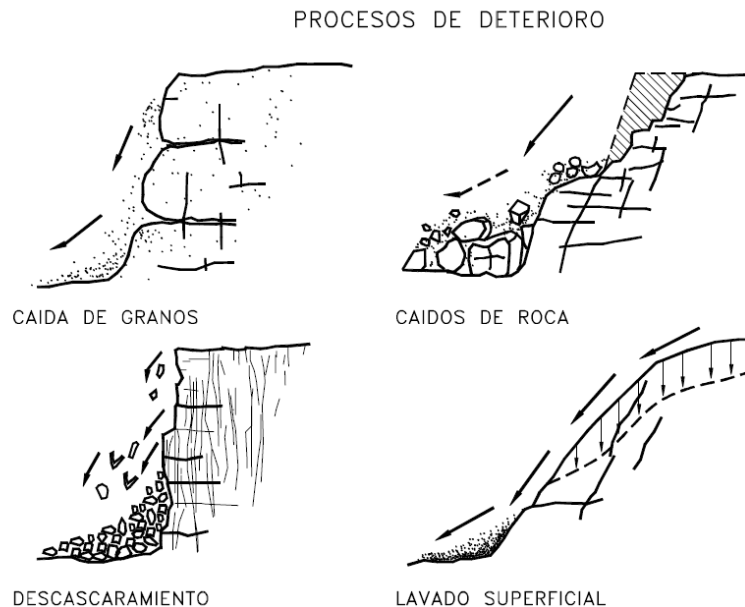
- La etapa post-falla la cual tiene su inicio una vez que el movimiento de los materiales se ha detenido completamente.
- La etapa de posible reactivación en la cual pueden ocurrir nuevos movimientos dando como resultado la formación de una nueva falla, incluyendo en ella las tres etapas anteriores [12].

2.1.5.1.1. Etapa de deterioro

El deterioro comprende la alteración física y química de los materiales y su subsecuente desprendimiento o remoción, cuyo origen puede estar dado en función de obras efectuadas sobre el talud como son los cortes efectuados para la construcción de una infraestructura vial, causando una relajación de los esfuerzos de confinamiento y una exposición al medio ambiente, cambiándose la condición de equilibrio del suelo por una de deterioro [12].

El deterioro, con el tiempo puede dar lugar a la necesidad de mantenimiento o construcción de obras de estabilización.

En la Figura 3 se ilustra las posibles formas de deterioro que se pueden presentar en un talud o ladera y que son brevemente descritas a continuación.



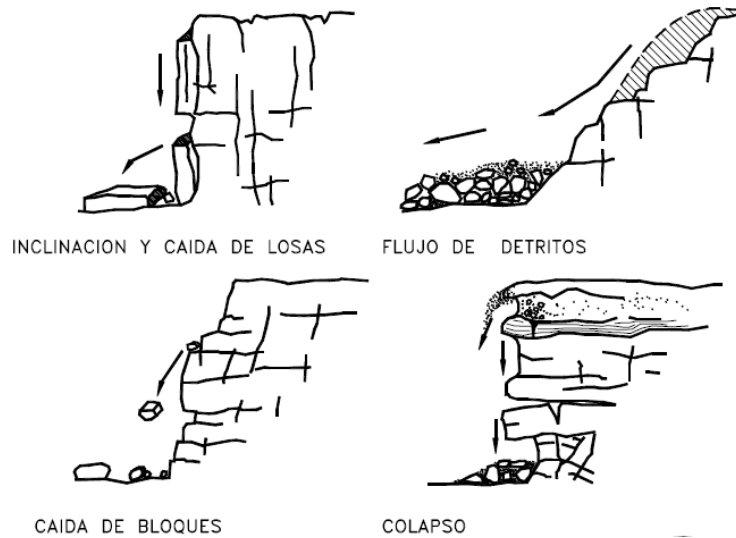


Figura 3 Procesos de deterioro

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

a)Caída de granos

Proceso de desintegración física de la masa de roca a granos y su subsecuente caída [12].

b)Descascaramiento

Caída de material en forma de cáscaras las cuales tienen forma de láminas; es decir, con una dimensión significativamente menor a las otras [12].

c)Formación, inclinación y caída de losas de roca

Aparición de partículas en forma de prismas o pequeñas placas con dimensión mínima de 50 mm, a causa de las fracturas a tensión paralelas a la superficie del talud, generando consigo una pérdida de soporte y causando deslizamiento y rotación o pandeo de los materiales [12].

d)Caídos de bloques

Masas de roca en forma de bloque que pueden caer por gravedad, en forma ocasional individualmente, produciendo un deterioro en la estructura del talud [12].

e)Desmoronamiento del talud

Caída de bloques de diversas dimensiones en forma semicontinua [12].

f)Caídos de roca

Es la caída de muchos bloques de roca “en un solo evento” ocasionado por un debilitamiento de la masa de roca, debido a la fragmentación y a la ausencia de soporte lateral [12].

g)Lavado superficial o erosión

Es el desprendimiento, transporte y depósito de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua. El flujo puede concentrarse en canales produciendo surcos y cárcavas [12].

h)Flujo de detritos

El desprendimiento y transporte de partículas gruesas y finas en una matriz de agua y granos en forma de flujo seco o saturado [12].

i)Expansión y contracción

Efecto producido generalmente en los suelos arcillosos a causa del cambio de volumen que experimentan por el nivel de saturación de agua que presentan acorde a las condiciones ambientales que se encuentran expuestos. Estas expansiones y contracciones producen agrietamientos y cambios en la estructura del suelo generalmente, con pérdida de la resistencia al cortante [12].

j)Agrietamiento cosísmico

Deterioro asociado a los eventos sísmicos los cuales pueden producir agrietamientos especialmente en los materiales rígidos y frágiles debilitando la masa de talud y generando superficies de falla [12].

2.1.5.2.Movimientos en masa

a)Caído

En los caídos una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco

desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando, movimientos esquematizado en la Figura 4 [12].

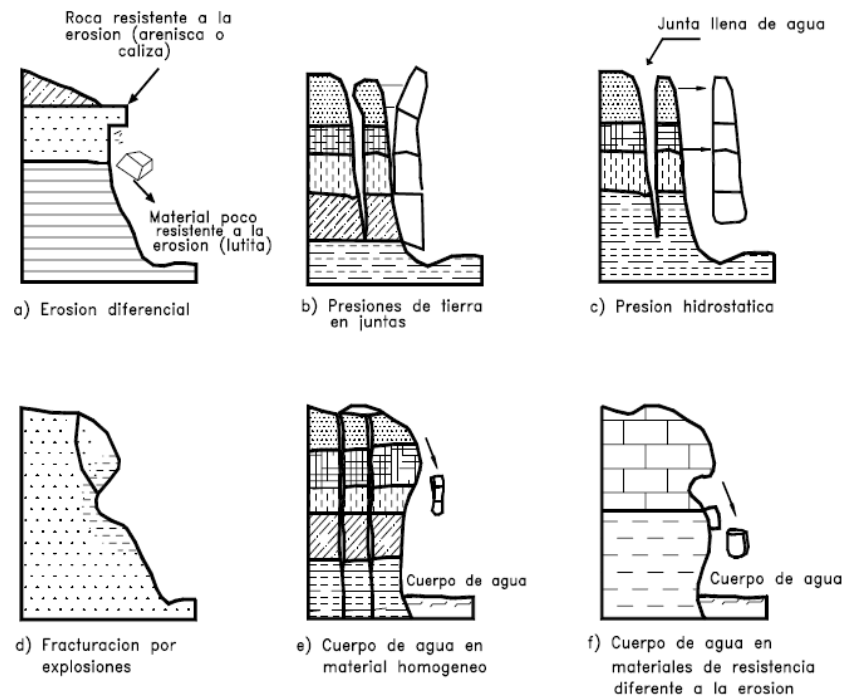


Figura 4 Mecanismos de falla de los caídos.

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

b)Inclinación o volteo

Rotación hacia adelante de una o más unidades de material terroso con centro de giro por debajo del centro de gravedad de las mismas, en la Figura 5 se presenta cómo se produce el volteo o inclinación de los materiales [12].

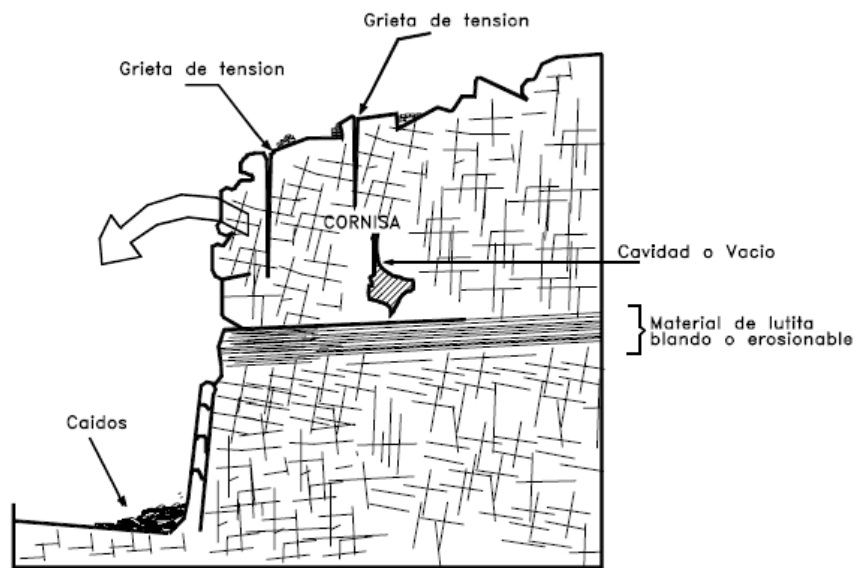


Figura 5 Volteo o inclinación de materiales

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

c) Reptación

Movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno [12].

d) Deslizamiento

Desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que puede ser de carácter progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda, la que sería, la superficie de falla [12].

Pueden ser ocasionados por procesos naturales o desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc. En la Figura 6 se esquematiza un deslizamiento de suelo blando.

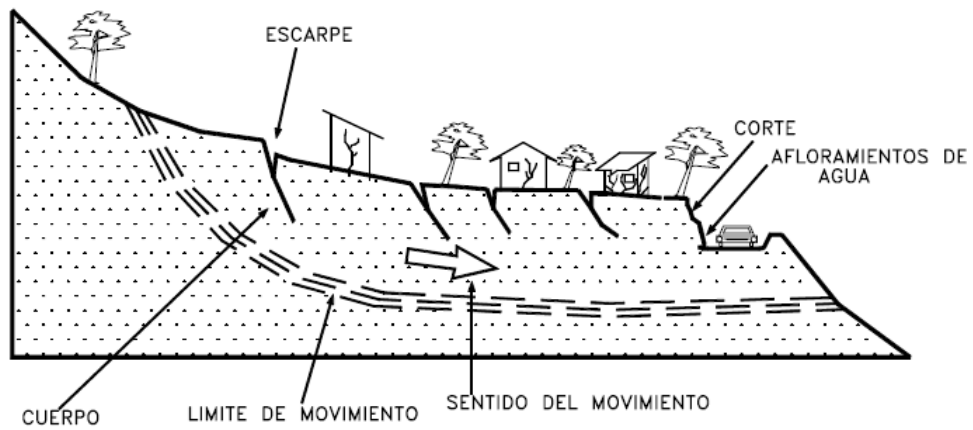


Figura 6 Deslizamiento de suelo blando

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

e) Esparcimiento lateral

En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión como se muestra en la Figura 7. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y translación sino también de flujo. Se presentan comúnmente en masas de roca sobre suelos plásticos y también se forman en suelos finos, tales como arcillas y limos sensitivos que pierden gran parte de su resistencia al remodelarse [12].

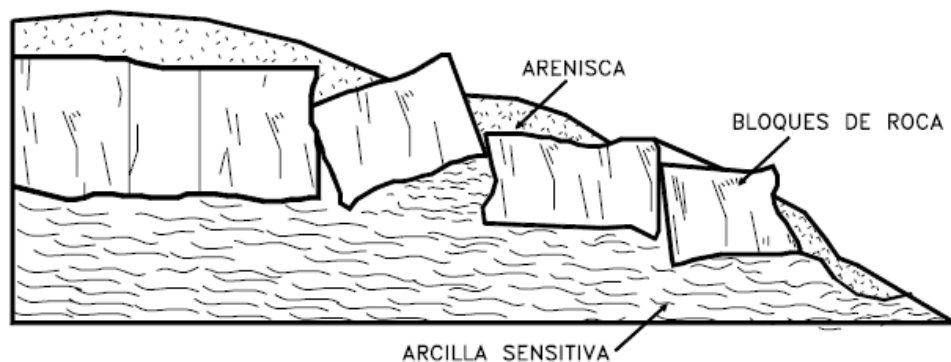


Figura 7 Esquema del esparcimiento lateral

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

f) Flujo

Movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, como se representa en la Figura 8, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra [12].

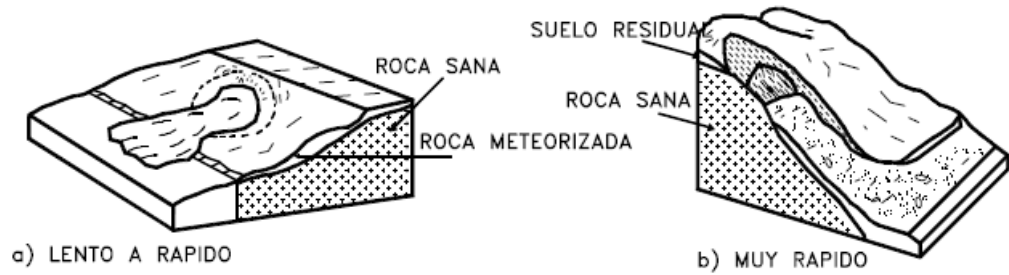


Figura 8 Flujo lento y rápido

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

g) Avalanchas

Formación de “ríos de roca y suelo” a causa de una falla progresiva muy rápida, como se encuentra representado en la Figura 9, estos materiales se depositan en la base de los taludes o terraplenes. Estos flujos comúnmente se relacionan con lluvias ocasionales de índices pluviométricos excepcionales muy altos, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas de alta montaña y la ausencia de vegetación, aunque es un factor influyente, no es un prerrequisito para que ocurran [12].

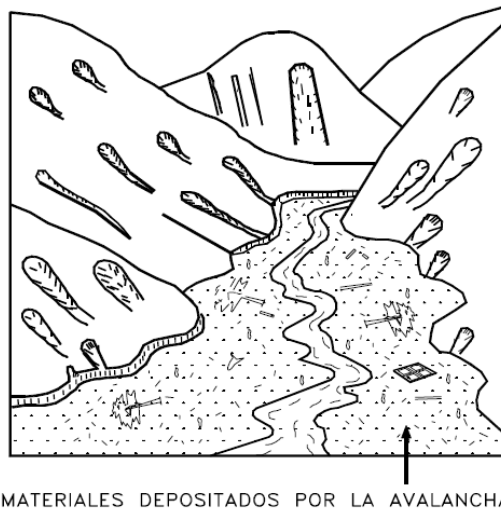


Figura 9 Depósito de materiales en un río a causa de una avalancha

Fuente: J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.

2.1.6. Estabilidad de taludes

Consiste en la evaluación de variables como la estratificación del suelo y sus parámetros de resistencia al corte, además consideración de filtraciones y la elección de una superficie de deslizamiento para que la masa de suelo o roca no tenga movimientos significativos que puedan provocar daños a las poblaciones o estructuras cercanas [8].

2.1.7. Estructuras de contención

Existen varios tipos de estructuras que pueden ser empleadas para efectuar la estabilización de taludes, las cuales tienen diferentes sistemas para transmitir cargas, a continuación, se enuncian los siguientes que son consideradas en [12]:

- Muros masivos rígidos
- Muros masivos flexibles
- Tierra Reforzada
- Estructuras ancladas
- Estructuras enterradas

2.1.7.1.Estructuras ancladas

Los anclajes son elementos estructurales que transfieren cargas de tracción al terreno, ya sea suelo o roca. Éstos se ejecutan mediante inyección o relleno de lechada o mortero de cemento con diversas técnicas (no se utiliza hormigón en esta tecnología), o se puede inyectar resinas [13].

En las estructuras ancladas como se indica en [12], se colocan varillas o tendones generalmente, de acero en perforaciones realizadas con taladro y en [14] las clasifica considerando su nivel de carga inicial de tracción en:

2.1.7.2.Anclajes activos

Dentro de esta clasificación se introduce el término “postensados”, se refiere a que los anclajes son tensados posteriormente a la inyección y fragüe del medio aglomerante utilizado, permitiendo entonces aplicar cargas de tracción a elementos estructurales que son estabilizados mediante los anclajes, antes que los procesos constructivos siguientes induzcan la puesta en carga de los mismos [13].

Esta técnica se caracteriza principalmente por el empleo de torones, cables, o barras, como se visualiza en la Figura 10, los cuales, como se ve en [15] serán tensados posteriormente mediante el empleo de un gato hidráulico.

Sus principales aplicaciones incluyen estabilización de deslizamientos de alto volumen, muros y pantallas de contención, estabilización de excavaciones, estabilización de taludes en presas y control de levantamiento o falla de fondo [16].

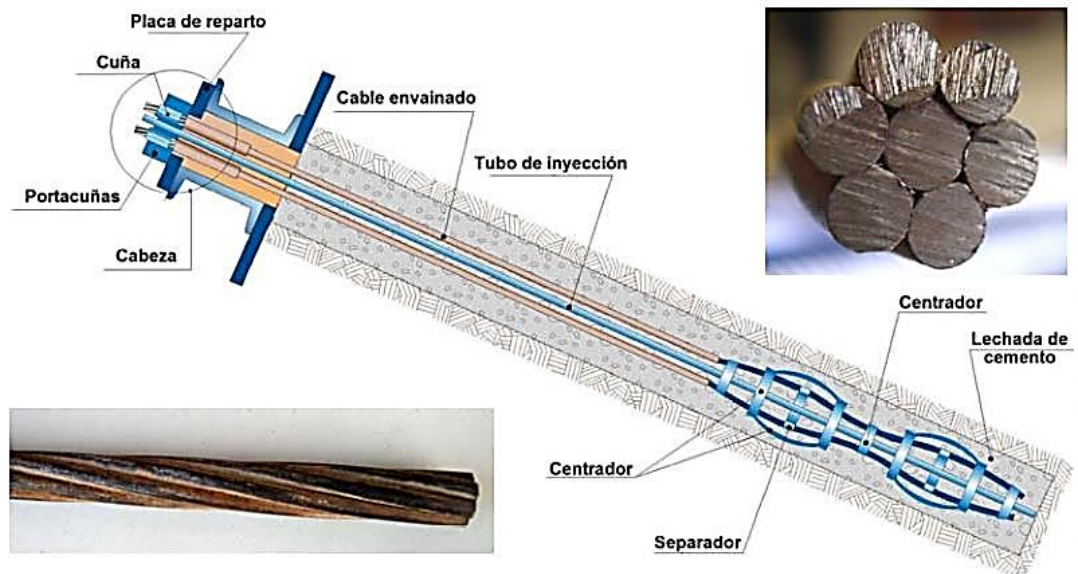


Figura 10 Anclaje activo

Fuente: Indigo Construcciones, “Anclajes Activos y Pasivos,” [En línea]. Available: <http://www.indigoconstrucciones.com/anclajes-activos-y-pasivos-pernos/>. [Último acceso: 22 febrero 2018].

2.1.7.3. Anclajes pasivos

En esta técnica se emplea pernos o micropilotes los cuales también son denominados “nails” y son elementos pasivos de refuerzo que se perforan y se colocan de manera sub horizontal en el suelo, este tipo de anclajes no se tensionan luego de su instalación.

La transferencia de carga hacia y desde el suelo circundante se desarrolla a través de tensiones de corte que actúan a lo largo de la interfaz de lechada que envuelve el anclaje del suelo, a medida que el bloque de suelo reforzado se deforma. Debido a que el suelo retenido se deforma hacia el corte del talud, los anclajes del suelo se someten a una extensión que resulta en fuerzas axiales de tracción en el perno, dicha carga de tracción axial aumenta desde la cabeza del perno hasta un valor máximo; luego disminuye a medida que el perno transfiere la carga al suelo circundante. La resistencia a la tracción y la resistencia a la extracción del perno, son los principales mecanismos de resistencia [7].

Su aplicación incluye deslizamientos potenciales de bajo volumen, control de falla de fondo y control de caídas en taludes rocoso acompañados de malla triple torsión.

En la Figura 11 se presenta las partes principales de un anclaje pasivo.

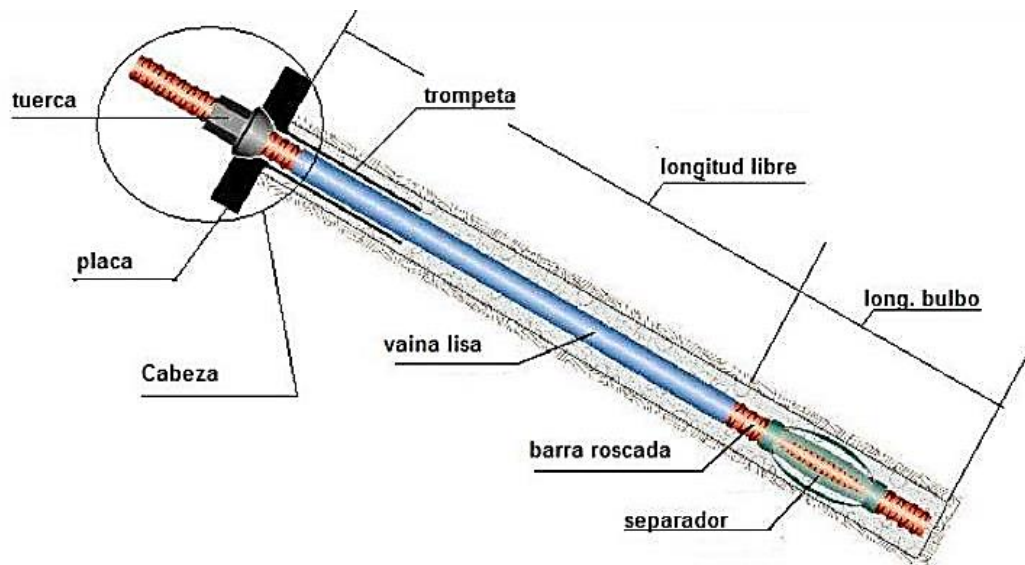


Figura 11 Anclaje pasivo

Fuente: Indigo Construcciones, "Anclajes Activos y Pasivos," [En línea]. Available: <http://www.indigoconstrucciones.com/anclajes-activos-y-pasivos-pernos/>. [Último acceso: 22 febrero 2018].

2.1.7.3.1. Elementos básicos de los anclajes pasivos

a) Perforación

Las perforaciones se realizan utilizando algunos de los muchos sistemas disponibles de perforación incluyendo rotación, percusión, roto-percusión y "auger". La selección del tipo de perforación generalmente, depende de la disponibilidad de equipos en la localidad. Sin embargo, en ocasiones el diseñador especifica un sistema de perforación de acuerdo a las condiciones del sitio y especialmente cuando se requiere proteger estructuras o utilidades cercanas. Los diámetros de las perforaciones varían entre 3 y 12 pulgadas, pero algunos autores como se indica en [17], sugieren que el diámetro debe ser igual al diámetro del perno más el diámetro del dispositivo centralizador, ya que al ser un diámetro demasiado pequeño puede evitar que la estructura se tense correctamente y los agujeros sobredimensionados pueden provocar pérdida de sujeción del anclaje.

La inclinación de las perforaciones varía generalmente de 10° a 20° y la típica es de 15°. Las inclinaciones de menos de 10° no son recomendables por la dificultad para inyectar la lechada. En ocasiones se requieren inclinaciones diferentes para evitar

ductos o estructuras, o para que no se presente traslapo entre los clavos. Los espaciamientos varían generalmente entre 1 y 3 metros. Entre mayor sea el espaciamiento mayor es la carga sobre los clavos y menor su efectividad como estructura de contención. El espaciamiento horizontal es comúnmente el mismo vertical. En ocasiones se especifica un espaciamiento mínimo y uno máximo para lograr los efectos deseados. En [18] indica que las longitudes de los clavos dependen de la localización de la superficie de falla real o potencial. Es muy común que se utilicen longitudes uniformes, pero en ocasiones se diseñan longitudes diferentes de acuerdo a las características geológicas y al comportamiento de la estructura. Comúnmente los clavos superiores son más largos que los inferiores.

b) Barras de acero de refuerzo.

El componente principal de un clavo es una varilla de acero sólida, la cual se coloca en las perforaciones pre-excavadas y luego se inyecta. Se utilizan generalmente varillas con resistencia a la tensión de 420 a 520 MPa (grado 60 ó 75). Se utilizan diámetros entre 19 y 43 milímetros (varillas número 6 a número 14). Las longitudes de los refuerzos generalmente se ajustan a las longitudes comerciales de las varillas (6, 12 y 18 metros). En los Estados Unidos se acostumbran varillas con la punta roscada, con el objeto de colocar una pequeña fuerza de tensión utilizando una tuerca y una llave, característica indicada en [18].

c) Centralizadores.

Los centralizadores son elementos de PVC u otro tipo de plástico que se instalan a lo largo de la varilla, en espaciamientos de aproximadamente 2.0 metros. El objeto de estos centralizadores es evitar el contacto del refuerzo con el suelo y servir de guía para que la varilla quede centrada en el agujero, puede proveer protección contra la corrosión [18].

d) Lechada.

La lechada se coloca en la perforación después de instalar el refuerzo. La lechada actúa como el elemento que transfiere el esfuerzo del suelo al refuerzo. Igualmente, la lechada actúa como protección contra la corrosión de la varilla. En la mayoría de los casos se utiliza cemento tipo I. La relación agua/cemento típico varía de 0.4 a 0.6, pero en ocasiones se utiliza una lechada más viscosa con un revenimiento de

aproximadamente 30 milímetros (1 ½”). La lechada viscosa se utiliza cuando hay suelos muy permeables o roca muy fracturada. Cuando se inyectan lechadas muy espesas, se requiere no colocar centralizadores de plástico, debido a que éstos impiden el paso de la lechada. No se recomienda la utilización de aditivos plastificantes, pero en ocasiones se requieren para permitir la inyectabilidad del material, especialmente en climas cálidos, en los cuales son necesarios para permitir el manejo de la lechada durante aproximadamente una hora. La lechada debe colocarse inmediatamente después de realizada la perforación y colocada la varilla para evitar que el hueco se cierre. La lechada comúnmente se coloca utilizando una manguera plástica que se baja hasta el fondo de la excavación. Esta manguera debe retirarse después de inyectada la lechada [18].

e)Cabeza del clavo.

Se denomina así a la rosca en la punta de la varilla donde se coloca una platina y una tuerca que sirven de conexión al anclaje con el muro o pantalla superficial. La platina puede quedar embebida en el concreto o apoyada sobre la superficie de la pantalla de concreto armado [18].

f)Pantalla superficial.

La pantalla superficial es una placa maciza de concreto reforzado, la cual se construye generalmente utilizando concreto lanzado. Esta pantalla une las cabezas de los refuerzos para contener el suelo y al mismo tiempo transmitir esfuerzos del suelo a los clavos.

Como refuerzo generalmente se utilizan mallas electrosoldadas. La magnitud del refuerzo debe ser determinada por un Ingeniero estructural, con base en las presiones de tierras que le suministre el estudio del Ingeniero Geotecnista.

El concreto lanzado puede colocarse en mezcla seca o húmeda, con una relación agua/cemento de aproximadamente 0.4. El concreto lanzado con mezcla húmeda generalmente, da mejores resultados de resistencia.

Recientemente se han utilizado concretos lanzados con fibras de refuerzo para mejorar su dureza y resistencia, y evitar el agrietamiento. El espesor de la pantalla de concreto

generalmente varía entre 15 y 30 centímetros. En ocasiones, se han utilizado clavos con pantalla de concreto prefabricada por segmentos [18].

2.1.8. Ensayos de carga de clavos

Los ensayos de carga en clavos se realizan generalmente, con el objeto de verificar que se realizó la perforación, instalación e inyección de forma adecuada. Según [19] el número de ensayos depende del tamaño del proyecto y de las diferencias de estratos en el terreno y en el diseño. En [7] la FHWA (Federal Highway Administration) sugiere ensayar hasta el 5% de la totalidad de los clavos. Para el ensayo se utiliza un gato como se indica en la figura 12 y se miden las deformaciones a medida que se coloca la carga. En [18] se establece que ningún caso el tendón debe esforzarse a más del 80% de la resistencia de la varilla de acero. El ensayo permite cuantificar la adhesión entre la lechada y el suelo.

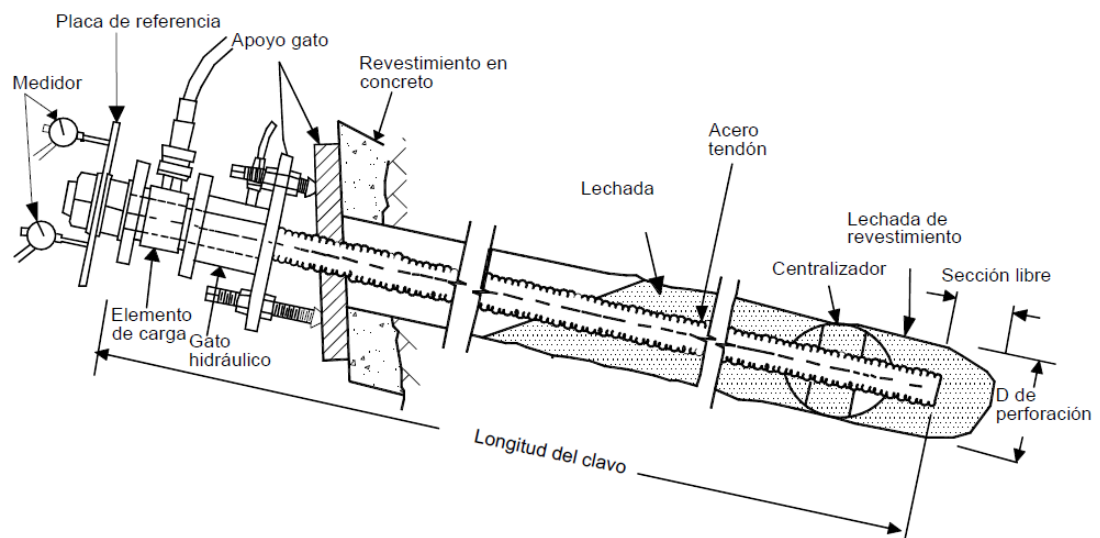


Figura 12 Esquema de ensayo de carga en anclajes

Fuente: J. Suárez, “Deslizamientos - Técnicas de Remediación,” Bucaramanga, 2013, p. 451.

Los ensayos de carga se subdividen en [20]:

2.1.8.1.Pruebas de carga de verificación

Las pruebas de carga de verificación se llevan a cabo para verificar el cumplimiento de la capacidad de extracción resultante de los métodos de instalación del Contratista con los valores de capacidad de extracción y las resistencias de unión utilizadas en el diseño. Las pruebas de verificación deben realizarse hasta una carga máxima que induce tensiones de adherencia al menos iguales (o mayores si se desea) que la resistencia nominal de la unión utilizada en el diseño para estratos específicos. Cuando se pretende realizar pruebas de verificación para completar el retiro, puede ser necesario usar un tendón sobredimensionado para garantizar que se logre la unión de la lechada de tierra antes de que el tendón se someta a un esfuerzo excesivo [7].

2.1.8.2.Pruebas de comprobación

Se realizan pruebas de comprobación durante la construcción con un mínimo del 5 por ciento de los clavos de producción total que se instalan. Las pruebas de comprobación están destinadas a verificar que no haya variaciones significativas en el rendimiento de los clavos del suelo a lo largo de la pared. Se deben realizar pruebas de comprobación donde se observaron problemas durante la instalación de los clavos de producción adyacentes, como un avance de perforación irregular, más bajo que la toma de lechada típica, o los que tuvieron que ser redestinados. Las pruebas de verificación no deben contar para el mínimo del 5 por ciento del total de los anclajes de producción [7].

2.1.8.3.Pruebas de creep

Las pruebas de creep se realizan como parte de las pruebas de verificación y comprobación. Una prueba de creep consiste en medir el movimiento del anclaje del suelo a una carga constante durante un período de tiempo específico, lo que requiere un período sostenido de carga de 10 a 60 minutos. Esta prueba se realiza para garantizar que el clavo pueda transportar con seguridad la carga prevista durante toda la vida útil de la estructura con desplazamientos de fluencia bajos o predecibles bajo cargas constantes [7].

2.2. Variables

2.2.1. Variable independiente

Barras de anclaje empleadas para la estabilización taludes de suelos no cohesivos.

2.2.2. Variable dependiente

Metodología de Ensayo de Adherencia.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis nula (h_0)

La metodología permitirá efectuar ensayos de adherencia en barras de anclaje empleadas en la estabilización de taludes de suelos no cohesivos.

2.3.2. Hipótesis alternativa (h_1)

La metodología no permitirá efectuar ensayos de adherencia en barras de anclaje empleadas en la estabilización de taludes de suelos no cohesivos.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Para efectuar el presente proyecto se empleará los siguientes tipos de investigación:

- Investigación Exploratoria: Para determinar la adherencia existente entre los anclajes del talud y el suelo mediante los ensayos de carga aplicados con el equipo que se va a diseñar.
- Investigación Descriptiva: Esta modalidad se utilizará para contextualizar el marco teórico, definiendo términos importantes en el tema de estudio y citando investigaciones efectuadas por otros autores sobre el tema, tomando criterios tanto de diseño como de solución a problemas similares.
- Investigación de Laboratorio: Previo a efectuar los ensayos en sitio se realizará ensayos en laboratorio, donde se verifique que el equipo funcione acorde a la normativa y esté calibrado para obtener resultados adecuados.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población para pernos de anclaje está en función al área de talud que se plantea estudiar, considerando que en ésta existen estratos de suelo no cohesivo.

$$A = L * H$$

Donde:

L= Longitud del tramo a estudiar

H= Altura promedio del talud

A= Área de estudio

$$A=2m*3m=6m^2$$

Por tanto, la población considerada para el presente proyecto es de $6m^2$

3.2.2.Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población. Para este proyecto se han instalado 6 pernos de anclaje de diferentes longitudes los cuales tienen un área de anclaje detallada a continuación:

$$\text{Área de anclaje} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$\text{Área de anclaje} = \frac{\pi * (0.0762m)^2}{4}$$

$$\text{Área de anclaje} = 0.00456 m^2$$

$$6 \text{ anclajes} \times 0.00456 m^2 = 0.02736 m^2$$

La muestra es: $0.02736 m^2$ de talud

3.2.2.1.Plan de muestreo

El muestreo se lo realizará efectuando los ensayos de los anclajes instalados y tomando los valores de desplazamiento en el formato indicado en la Tabla 4 basada en [21].

Tabla 4: Formato para toma de datos de deslizamiento

PRUEBA DE VERIFICACIÓN			
PROYECTO: _____ CONSTRUCTOR: _____ LOCALIZACIÓN: _____ FECHA DE PERFORACIÓN: _____ REALIZADO POR: <u>PAOLA SANCHO</u> CONTROLADO POR: <u>ING.MSC.DILON MOYA</u>	FECHA DE ENSAYO: _____ ANCLAJE #: _____ ENSAYO #: _____ TIPO DE SUELO: _____		
LONGITUD DE LA BARRA: <u>6 m</u>	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: <u>4200 kg/cm2</u>		
LONGITUD NO ADHERIDA: <u>0.2 m</u>	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN: <u>3 pulg.</u>		
LONGITUD ADHERIDA: <u>5.8 m</u>	DIÁMETRO DE LA BARRA: <u>1 pulg.</u>		
	CARGA A APLICAR: <u>9.54 Ton</u>		
	MÓDULO DE ELASTICIDAD <u>2100000 kg/cm2</u>		

CARGA				TIEMPO TRANSCURRIDO (MIN)	MOVIMIENTO DE ANCLAJE (mm)	OBSERVACIONES
% CARGA	PRESIÓN APLICADA (PSI)	CARGA APLICADA (KG)	CARGA APLICADA (TON)			
3	55.87	381.55	0.38			CARGA DE ALINEACIÓN
13	242.12	1653.38	1.65	0:01		
13	242.12	1653.38	1.65	0:10		
25	465.61	3179.58	3.18	0:01		
25	465.61	3179.58	3.18	0:10		
38	707.73	4832.96	4.83	0:01		
38	707.73	4832.96	4.83	0:10		
50	931.22	6359.15	6.36	0:01		
50	931.22	6359.15	6.36	0:10		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:01		INICIO DE PRUEBA CREEP
75	1396.83	9538.73	9.54	0:02		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:04		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:05		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:06		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:10		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:20		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:30		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:50		
75	1396.83	9538.73	9.54	1:00		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:01		

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.3.Operacionalización de las variables

3.3.1.Variable independiente

Barras de anclaje empleadas para la estabilización taludes de suelos no cohesivos.

Tabla 5: Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnica, Instrumentos, Población
Varillas de acero sólida, la cual se coloca en las perforaciones pre-excavadas y luego se inyecta, donde los mecanismos de resistencia están dados en función de la resistencia a la tracción y la resistencia a la extracción de la misma.	Resistencia a la Tracción	Resistencia a la Tensión	¿Cuál es la resistencia a tensión de la barra de anclaje?	Ensayos Observación Estudios Previos
	Resistencia a la Extracción	Tipo de Suelo	¿Cuál es el tipo de suelo en el que están instaladas las barras de anclaje?	Observación Estudios Previos
		Mecanismo de perforación	¿Qué método se empleó para efectuar la perforación de los agujeros para la instalación de las barras de anclaje?	Estudios Previos

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.3.2.Variable dependiente

Metodología de ensayo de adherencia.

Tabla 6: Operacionalización de la variable dependiente

Concepto	Categoría Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnica, Instrumentos, Población
El ensayo de adherencia consiste en medir el deslizamiento del anclaje del suelo a una carga constante durante un período de tiempo específico, lo que requiere un período sostenido de carga de 10 a 60 minutos.	Deslizamiento	Desplazamiento del reloj comparador	¿Cuál es el desplazamiento registrado en el reloj comparador?	Observación
		Desplazamiento de la barra	¿Cuál es el desplazamiento de la barra de anclaje?	Observación Estudios Previos
	Carga	Fuerza de Adherencia	¿Cuánta carga es necesaria para deslizar una barra de anclaje colocada en suelos no cohesivos?	Observación Ensayos Estudios Previos

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.4. Plan de recolección de información

Tabla 7: Plan de recolección de información

Preguntas Básicas	Explicación
1) ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación: <ul style="list-style-type: none"> – Desarrollar una metodología de ensayo de adherencia para barras de anclaje empleadas en la estabilización de taludes de suelos no cohesivos. – Determinar la resistencia mínima al deslizamiento que debe tener una barra de anclaje colocada en suelos no cohesivos. – Construir un equipo que permita obtener la resistencia al deslizamiento de las barras de anclaje en suelos no cohesivos. – Ensayar una muestra de barras de anclaje colocadas en suelos no cohesivos en el Paso Lateral de Ambato.
2) ¿De qué objetos?	De un área de 6 m ²
3) ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia al deslizamiento - Desplazamiento de la barra de anclaje
4) ¿Quién o quiénes?	Mónica Paola Sancho Solano
5) ¿Dónde?	Paso Lateral de Ambato abscisa 3+500 – 10+500
6) ¿Cuántas veces?	6 veces
7) ¿Con qué técnica o instrumento?	<ul style="list-style-type: none"> - Observación - Ensayos

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.Plan de procesamiento y análisis

3.5.1.Plan de procesamiento

Para poder obtener la información necesaria y plantear un plan de procesamiento y análisis, se detallará a continuación la manera de cómo se alcanzará cada uno de los objetivos mencionados en el Capítulo 1:

- a) Se efectuará en primer lugar una investigación documental - bibliográfica, donde empleando los recursos de plataformas virtuales y libros proporcionados por la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de donde se obtendrá información acerca del tema, como investigaciones efectuadas por otros autores, normativas que regulan el ensayo, principios y definiciones de importancia para el desarrollo del trabajo.
- b) En segundo lugar, se construirá un equipo para efectuar los ensayos, el cual deberá estar acorde a estándares especificados en normativas y se diseñará una base de reacción que permita aplicar el ensayo en barras de anclaje colocadas en suelos no cohesivos (ver anexo 2).
- c) Se visitará varios sectores de la ciudad de Ambato para ubicar taludes con estratos de suelos no cohesivos, para así construir una muestra colocando anclajes o ensayar los ya colocados.
- d) En el caso de pernos ya instalados, se buscará las especificaciones empleadas para la construcción, de donde se pueda obtener datos técnicos necesarios para poder efectuar el ensayo y analizar los resultados.
- e) Mediante cálculos se determinará la carga a ser aplicada en los pernos de anclaje como se indica en el inciso 3.5.5.
- f) Se tabulará y graficará los datos y resultados obtenidos de desplazamientos vs carga aplicada en el anclaje y desplazamiento vs tiempo.

3.5.2.Plan de análisis

- a) Interpretación y análisis de los resultados obtenidos con los objetivos y la hipótesis propuesta.

- b) Verificación de la hipótesis según resultados obtenidos en los ensayos de adherencia.
- c) Desarrollo de conclusiones y recomendaciones.

3.5.3. Información del sitio de estudio: Paso Lateral de Ambato.

El Paso Lateral de Ambato es uno de los proyectos viales más importantes de la Sierra central. Por allí circulan a diario cerca de 25.000 vehículos de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Pastaza, Bolívar, etc.

El Paso Lateral de Ambato, cuenta con cuatro carriles, dos por sentido, los mismos que fueron construidos en pavimento flexible desde el intercambiador del parque industrial y culminaron en el intercambiador del mercado Mayorista.

Esta vía permite la descongestión vehicular del casco urbano, ya que en los últimos años se incrementó el parque automotor en la zona centro, además facilita la distribución de productos agrícolas a todo el país con mayor agilidad.

Su construcción inició en el año 1998 a cargo de la empresa DUAYINE y fue entregada 4 años después, pero sin haberse estabilizado los taludes que le rodean. Por ello la caída de material pétreo era constante, mucho más en época invernal, por lo que los 2 carriles unidireccionales junto a los paredones permanecieron parcialmente cerrados por 14 años, como se indica en [22].

Ante la necesidad de la población del centro del país, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas decidió retomar los trabajos pendientes. En enero del 2015, esta cartera de Estado contrató la terminación de estabilización de taludes con la empresa ambateña Alvarado Ortiz – HTO, obra que tiene una longitud de 6.8km y una inversión de 6'829.525,89 de dólares.

Entre los trabajos realizados consta perfilación de taludes, colocación de malla, hormigón lanzado, colocación de pernos de anclaje, desbroce y limpieza de vegetación, señalización vial, mejoramiento de parterre central, construcción de cunetas, bordillos y aceras, especificado en [23].

3.5.3.1.Ubicación

3.5.3.1.1.Ubicación macro

País: Ecuador

Localización: Localizada en la costa noroccidental de América del Sur

Límites: Limitada por el sur y por el este con Perú, y con Colombia por el norte.

División: Se divide en 21 provincias: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona-Santiago, Napo, Pastaza, Pichincha, Sucumbíos, Tungurahua, Zamora-Chinchiipe [24].



Figura 13 Mapa del Ecuador

Fuente: <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/11390-mapa-del-ecuador-con-sus-provincias-y-capitales>

3.5.3.1.2.Ubicación mezo

Provincia: Tungurahua

Localización: Ubicada en el centro sierra del país, en la región Sierra.

Límites: limita al norte con las provincias de Cotopaxi y Napo, al sur con Chimborazo y Morona Santiago, al este Pastaza y Napo y al oeste con las provincias de Cotopaxi y Bolívar.

División: Se divide en 9 cantones que son: Pillaro, Ambato, Patate, Cevallos, Tisaleo, Mocha, Quero, Baños y Pelileo [25].



Figura 14 Mapa de Tungurahua

Fuente: <http://www.derecho-ambiental.org/PDA-Pilahuin/Mapas-PDA-Pilahuin.html>

3.5.3.1.3.Ubicación micro

Ciudad: Ambato

Localización: Se localiza en el centro de la Región interandina del Ecuador, en la hoya del río Patate, atravesada por el río Ambato, a una altitud de 2580 msnm.

Límites: Norte: Provincia de Cotopaxi; Sur: Provincia de Chimborazo; Este: Cantón Pillaro y Pelileo y Oeste: Provincia de Bolívar.

División: El cantón se divide en parroquias urbanas y rurales, las rurales son representadas por las Juntas Parroquiales ante el Municipio de Ambato.

El Paso Lateral de Ambato posee una longitud de 12,8 km iniciando en la abscisa 0+000 km en el sector Mercado Mayorista con coordenada 765822.28 E, 9859238.45 S y terminando en la abscisa 12+800 km en el sector Parque Industrial con coordenada 767718.11 E, 9867264.59 S.

En la presente investigación ha tomado como referencia un tramo de talud ubicado entre las abscisas 3+600 y 3+650, con coordenadas 767850.68 E y 9862181.08 S, donde se ha observado la presencia de estratos de suelo no cohesivo, como se observa en la figura 15.

Dicho tramo se encuentra localizado en la parte de posterior del cementerio Municipal de Picaihua, el cual se sitúa en el sector Techo Propio.

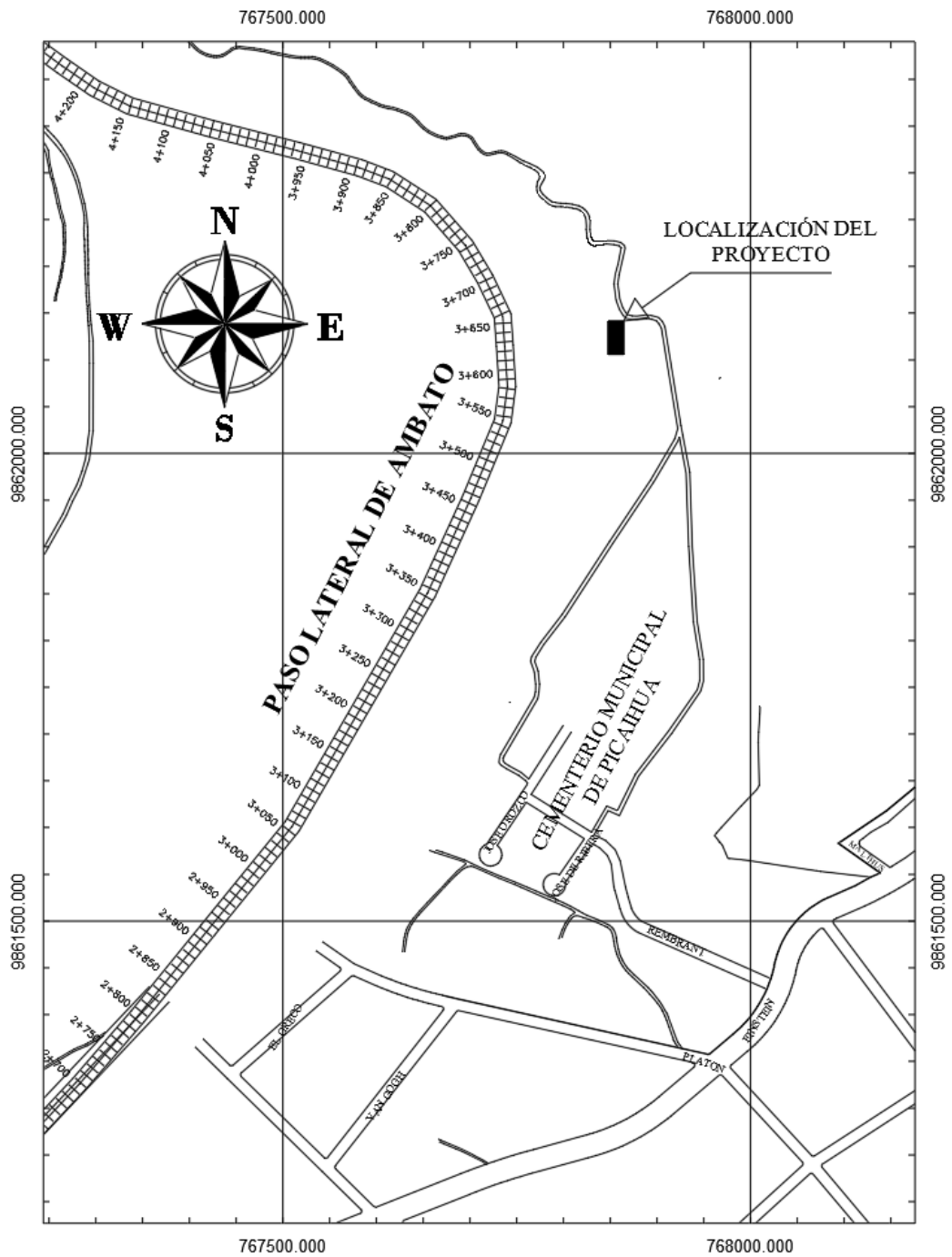


Figura 15 Paso Lateral de Ambato

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Se ha ubicado 6 pernos de anclaje, separados un metro entre cada uno y distribuidos en dos filas de 3 como se observa en la figura 16, donde se indica el número de anclaje con su respectiva longitud de barra y longitud de bulbo.

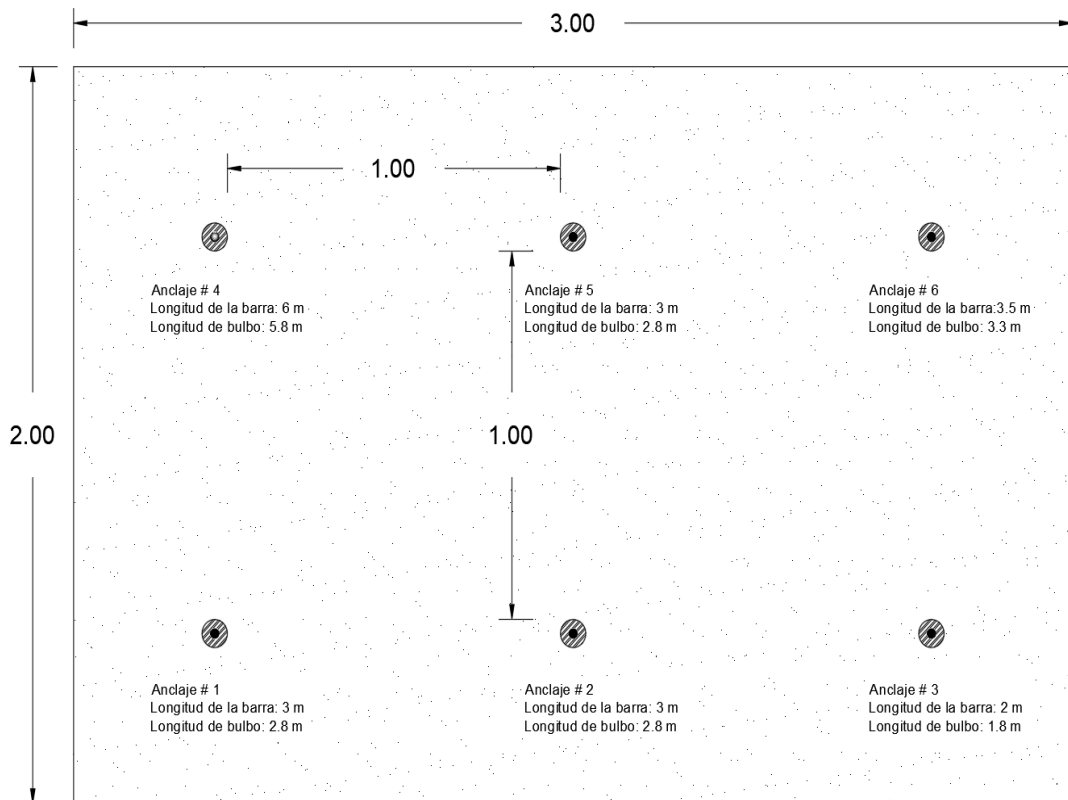


Figura 16 Ubicación de los anclajes en el talud

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4. Diseño del equipo de pruebas de adherencia

Para el diseño y construcción del equipo se tomó como principio el mecanismo de un “Gato de tensionado”, máquina empleada para efectuar ensayos de tracción, con la diferencia que en el presente proyecto no se medirá la resistencia a tracción de la barra sino su deslizamiento al momento de ser aplicada la carga.

El equipo para efectuar pruebas de adherencia se basa en los siguientes criterios:

- Diámetro de perforación
- Diámetro de la barra de anclaje
- Adherencia dada en función del tipo de suelo y tipo de perforación.

Lo cual da lugar a un equipo que consta de tres sub-sistemas básicos: un dispositivo de extracción por deslizamiento, un sistema de carga y un sistema de medición de

carga como lo especifica la norma ASTM C900-15 [26], los cuales son detallados a continuación en la Figura 17 y en los anexos 2.2, 2.3 y 2.4.

3.5.4.1. Equipo de prueba de adherencia

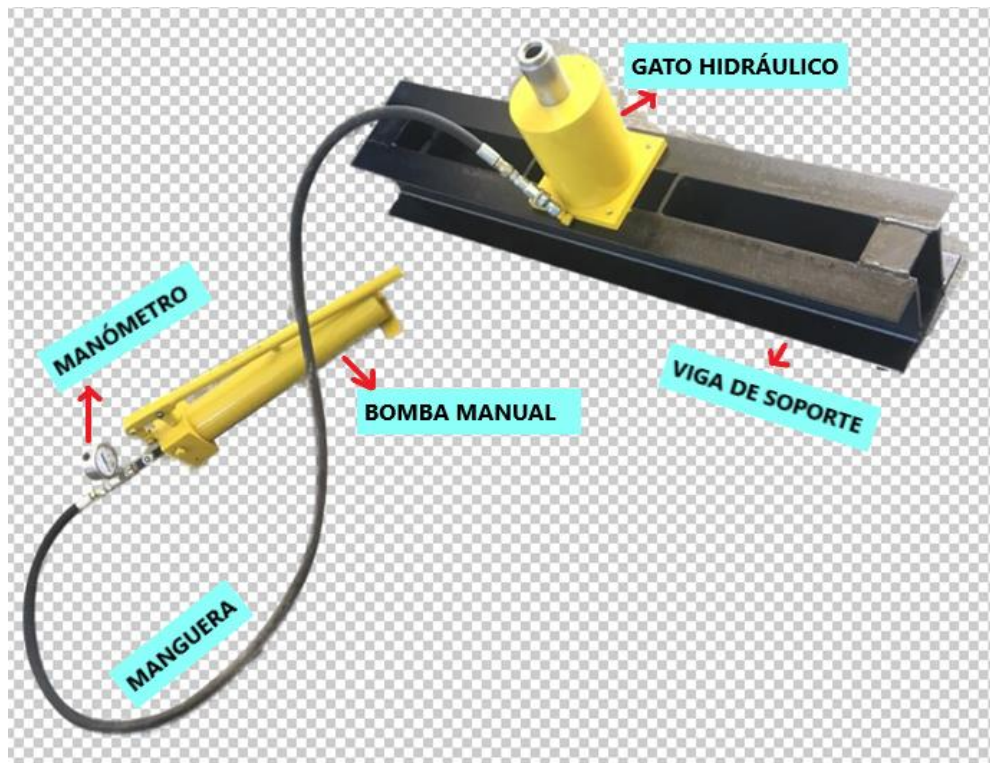


Figura 17 Equipo de prueba de adherencia

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.2. Gato hidráulico

Elemento que emplea la energía producto del empuje de un fluido (en este caso aceite), para poder levantar cargas grandes y pequeñas. El Gato tiene una capacidad de carga de 30 Toneladas, como se puede observar en la Figura 18 posee una válvula de acople rápido para conectar en ella la manguera por la que circulará el aceite que irá llenando el depósito que contenido en el cilindro el cual tiene la función de retener este fluido.



Figura 18 Gato hidráulico

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.3. Viga de soporte

La viga tiene una longitud de 1 metro, y está conformada por dos perfiles estructurales UPN 160 grado A42, diseñada para soportar una carga puntual en la mitad de 20 Toneladas, Figura 19.



Figura 19 Viga de soporte

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.4. Vástago y acople

El vástago es un elemento que atraviesa el gato y posee una tuerca en un extremo para que éste se desplace con el pistón o brazo de elevación del gato y en el otro

extremo un acople elaborado de dos tuercas como se observa en la Figura 20 donde la una servirá para unirse a la rosca de vástago y la otra para unirse a la rosca del perno de anclaje.



Figura 20 Vástago y acople

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.5. Bomba manual

Elemento que contiene un cilindro donde se almacena el aceite que será impulsado mediante el accionamiento de la palanca hacia el cilindro del gato, como se ve en la Figura 21 posee un acople que unirá la bomba al manómetro y a la manguera.



Figura 21 Bomba manual

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.6. Manguera de presión

La manguera de presión posee un diámetro de $\frac{3}{4}$ " y en el un extremo tiene un acople que la une con el manómetro y una llave de paso, como se observa en la Figura 22 y por el otro extremo un acople rápido que la une con el gato como se visualiza en la Figura 23.



Figura 22 Manguera de presión y manómetro

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora



Figura 23 Manguera de presión y acople

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.7. Manómetro

Dispositivo empleado para medir la presión generada por la impulsión del aceite contenido en el cilindro de la bomba hacia el cilindro del gato, como se presenta en la Figura 24 este implemento debe poseer una escala adecuada para que sea de fácil visualización y control de la carga aplicada sobre el anclaje.



Figura 24. Manómetro

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.8. Base magnética

Elemento de soporte del reloj comparador, la cual tiene la característica de poseer un imán que la mantiene fija en el gato para que el reloj comparador pueda realizar la medición del desplazamiento del perno, Figura 25.



Figura 25. Base magnética para reloj comparador

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.9. Reloj comparador

Equipo de medición de precisión que contiene una aguja en la parte inferior la cual estará en contacto con el brazo de elevación del gato para medir el desplazamiento del perno de anclaje, Figura 26.



Figura 26. Reloj comparador

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.10. Placas de apoyo

Dos placas metálicas rectangulares de 0.40m de longitud por 0.20m de ancho y un espesor de 1 cm, posee un agujero central mayor o igual al diámetro del orificio de perforación del anclaje y son empleadas principalmente para bridar un soporte adicional al equipo y evitar el asentamiento del mismo al ser aplicada la carga.



Figura 27 Placas de apoyo

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.4.11. Materiales empleados para la fabricación del equipo y costo.

Tabla 8: Materiales y costo del equipo

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Gato hidráulico y bomba manual	U	1	3500	3500
Perfiles UPN 160 A42	U	2	60	120
Pernos de sujeción	U	4	1.25	5
Vástago	U	1	70	70
Tuerca de Vástago	U	1	20	20
Tuercas de Acople	U	2	20	40
Manguera de presión y Acoples	U	1	70	70
Manómetro	U	1	25	25
Base magnética	U	1	95	95
Reloj Comparador	U	1	120	120
Aceite	GALÓN	1	25	25
TOTAL				4090 \$

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

3.5.5. Metodología del ensayo de adherencia

Para efectuar el ensayo de adherencia también llamado ensayo de carga, deslizamiento o pull out, empleando la máquina propuesta se debe seguir los siguientes pasos:

3.5.5.1. Cálculo de carga para prueba de adherencia

a) Cálculo de la longitud máxima adherente o longitud del bulbo (L_{Bmax}).

La longitud de bulbo corresponde a la zona de anclaje, y se la considera como la longitud de la barra que se encuentra embebida dentro de la lechada la misma que está en contacto con el suelo circundante.

Para barras de grado 60 y 75 y otro acero dulce de acuerdo con ASTM A615, la longitud máxima se define como se indica en la ecuación (1).

$$L_{Bmax} = \frac{A * Fy * C_{TY}}{R_{PO}} \quad (1)$$

Para barras de grado 150 y otro acero de alta resistencia de acuerdo con ASTM A722, la longitud máxima se define como se indica en la ecuación (2).

$$L_{Bmax} = \frac{A * Fu * C_{TU}}{R_{PO}} \quad (2)$$

Donde:

$L_{B \text{ máx.}}$ = Longitud máxima adherente

A = Área de la sección transversal de la barra de anclaje

F_y = Límite de fluencia

F_u = Límite de esfuerzo último.

C_{TU} = Coeficiente de reducción para el acero de alta resistencia = 0.8

C_{TY} = Coeficiente de reducción para el acero de grado leve = 0.9

R_{po} = Resistencia a la extracción nominal (por unidad de longitud) del anclaje

q_u = Fuerza de adherencia (Tabla 9)

La Administración Federal de Carreteras del Departamento de Transporte de EE. UU. (FHWA) en su publicación en 1999 establece parámetros de adherencia del suelo a las estructuras de anclaje tomando como factores el tipo de suelo y el tipo de perforación [27], investigación basada en estudios realizados por Jurán y Elías en su investigación de 1991 [28].

Dichos parámetros fueron tomados en su publicación en el 2015 separando suelos con partículas gruesas de los suelos con partículas finas, en el presente proyecto se han considerado los primeros debido a que el tema a tratar es en suelos no cohesivos, por lo cual en la Tabla 9 se encuentran enunciados los parámetros de fuerza de adherencia para este tipo de suelos con sus respectivos tipos de perforación.

Tabla 9: Fuerza de adherencia según el tipo de perforación y tipo de suelo

Método de Perforación	Tipo de suelo	Fuerza de adherencia q_u (kg/cm²)
Perforado Rotativo	Arena / Grava	1.057 - 1.745
	Arena Limosa	1.057 – 1.477
	Limo	0.604 – 0.738
	Suelos Residuales	0.403 – 1.141
	Coluvión fino	0.738 – 1.477
Camisa accionada	Arena / grava/ baja sobrecarga	1.973 – 2.467
	Arena / grava/ alta sobrecarga	2.889 – 4.369
	Morrena/ material glaciar sin estratificar	3.876 – 4.933
	Coluvión	1.057 – 1.832
Barrenado	Relleno de arena limosa	0.211 – 0.423
	Arena Limosa Fina	0.564 – 0.916
	Arena Arcillo limosa	0.634 – 1.409

Nota: La sobrecarga baja y alta se define como la presión de sobrecarga efectiva que es, respectivamente, menor y mayor que 16.15 T/m²

Fuente: N. H. Institute, *Soil Nail Walls - Reference Manual, U.S, 2015.*

b) Cálculo de la resistencia a la extracción nominal (R_{PO}).

Se establece que la fuerza de extracción nominal está en función del diámetro efectivo del bulbo, la longitud efectiva de bulbo y la tensión de transferencia o fuerza de adherencia [29].

$$R_{PO} = \pi * q_u * DO$$

(3)

Donde:

R_{po} = Resistencia de extracción nominal (por unidad de longitud) del anclaje del suelo.

q_u = Fuerza de adherencia

D_O = Diámetro del orificio

c) Selección de la longitud adherente real.

Es importante anotar que previamente se ha calculado la longitud adherente máxima que puede tener una barra en función a su sección, límite de fluencia y diámetro de perforación del orificio de anclaje, por lo cual dicho cálculo se lo utiliza como un indicador para proceder a efectuar el siguiente paso que es definir la longitud adherente real.

En anclajes ya instalados se tomará como longitud adherente, la longitud de la barra que se encuentra embebida en la lechada, si dicha longitud no sobrepasa la máxima calculada, caso contrario se tomará la longitud máxima como longitud de bulbo.

d) Cálculo de carga de extracción (VTL).

La carga de extracción es aquella que, al ser aplicada al anclaje, éste presentará una falla y la barra se soltará dejando de cumplir con su función.

Esta carga será determinada con la ecuación (4)

$$VTL = L_B * R_{PO} \quad (4)$$

Donde:

L_B = Longitud adherente seleccionada o real del anclaje.

En este ensayo, dicha carga no será aplicada debido a que únicamente se verificará que el anclaje esté funcionando correctamente sin tener que sacrificarlo.

e)Cálculo de carga máxima para prueba de adherencia (P).

Es la carga máxima aplicada para efectuar el ensayo de adherencia, en la cual no se sacrificará el anclaje, si éste cumple con todos los requerimientos constructivos y de diseño; es decir, el anclaje está funcionando perfectamente.

Se considera que para efectuar la prueba de deslizamiento se debe aplicar una carga del 75% de la carga de extracción, parámetro indicado en la ecuación (5).

$$P = 0.75 VTL \tag{5}$$

f)Carga de asentamiento (Pa).

Es la carga inicial aplicada al anclaje para que la viga de reacción junto con las placas de apoyo compacte el suelo que va a servir de soporte a la máquina y que va a estar sometido a la misma carga que el perno, con el fin de que durante la prueba no se produzca rebote en los desplazamientos o pérdida de fuerza del equipo a causa de un asentamiento.

Se considera esta carga como el 25% de la carga de extracción, cálculo que se encuentra representado por la ecuación (6).

$$Pa = 0.25VTL \tag{6}$$

3.5.5.2.Transformación de la carga máxima para prueba de adherencia a presión.

Los cálculos antes expuestos darán como resultado la carga que debe ser aplicada para verificar el funcionamiento del anclaje, pero es necesario considerar que el equipo posee un manómetro que mide la presión aplicada en PSI, además de que dicha presión depende del área efectiva del cilindro, razón por la cual se ha efectuado los siguientes cálculos para determinar el factor de conversión de unidades considerando que la carga a ser aplicada previamente calculada se encuentra en kg/cm².

a)Área efectiva del cilindro (A).

La magnitud de la fuerza que puede generar un cilindro hidráulico es igual a la presión hidráulica multiplicada por el “área efectiva” del cilindro [30], dicha área es calculada restando el área total del cilindro y el vástago menos el área del vástago, como se muestra en la Figura 28 y ecuación (7).

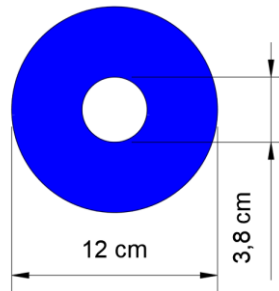


Figura 28 Área efectiva del cilindro

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

$$A = \frac{\pi * (D_{exterior}^2 - D_{interior}^2)}{4} \tag{7}$$

$$A = \frac{\pi * (12.0^2 - 3.8^2)}{4} = 101.75 \text{ cm}^2$$

b)Presión de kg/cm2 a PSI

Para transformar la presión calculada en kg/cm2 a PSI se debe multiplicar la misma por un factor de conversión de unidades igual a 14.19.

c)Presión a ser aplicada con el equipo

Por último, para determinar la presión a ser aplicada por el equipo es necesario aplicar la ecuación (8) indicada a continuación:

$$\text{Presión del equipo} = \frac{\text{Presión calculada}}{\text{Área efectiva del cilindro}} \tag{8}$$

3.5.5.3. Programa de carga.

El programa de carga es el cálculo de cada paso de carga en los cuales se debe tomar registro de los desplazamientos, en el intervalo de tiempo indicado en el mismo.

La Administración Federal de Carreteras del Departamento de Transporte de EE. UU. (FHWA) en su publicación de febrero 2015 recomienda tomar registro de los desplazamientos tomando como referencia el programa de carga especificado en la Tabla 10 a continuación.

Tabla 10: Programa de carga en pruebas de verificación

Carga	Tiempo (minutos)
0.025 VTL (Carga de Alineación)	1
0.13 VTL	10 (Lectura en el minuto 1 y 10)
0.25 VTL	10 (Lectura en el minuto 1 y 10)
0.38 VTL	10 (Lectura en el minuto 1 y 10)
0.50 VTL	10 (Lectura en el minuto 1 y 10)
0.63 VTL	10 (Lectura en el minuto 1 y 10)
0.75 VTL (Prueba de CREEP)	60 (Lectura en el minuto 1,2,4,5,6,10,20,30,50,60)

Fuente: N. H. Institute, Soil Nail Walls - Reference Manual, U.S, 2015.

Es importante tomar en cuenta que en cada paso de carga se debe dejar transcurrir un periodo de 10 minutos, tomando como registro del desplazamiento en el primer minuto y décimo minuto.

En la prueba creep el anclaje se mantiene cargado con el 75% VTL por una hora tomando registro de los desplazamientos en cada periodo de tiempo indicado en el programa, con el fin de tener unos indicadores que determinarán el comportamiento del anclaje cuando se encuentre sometido a cargas permanentes.

Una vez culminado el programa de carga se puede descargar el equipo y visualizar si es que se ha tenido deformaciones permanentes o no.

3.5.5.4.Procedimiento de ensayo de adherencia

Paso 1: Limpiar la superficie de suelo donde se va a realizar el ensayo utilizando la pala y el pico, cuidando que quede un área de 1 metro (50cm de cada lado del anclaje) por 20 cm libre de plantas o cualquier otro obstáculo que pueda afectar la ejecución del ensayo (Figura 29).



Figura 29 Desbroce del área de ensayo.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 2: Perfilar dicha superficie de manera tal que el equipo quede apoyado perpendicularmente al anclaje como se indica en la Figura 30.



Figura 30 Perfilar la superficie de apoyo del equipo

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 3: Cortar el anclaje de ser necesario cuidando que quede una longitud de rosca de 6 a 10 cm (Figura 31).



Figura 31 Corte de la barra de anclaje

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 4: Retirar los restos de lechada de alrededor del anclaje con la ayuda de un combo o martillo y una punta (Figura 32).



Figura 32 Retiro de restos de lechada del anclaje

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 5: Limpiar con la ayuda de una brocha la rosca del anclaje para que se pueda colocar el acople con facilidad. (Figura 33)



Figura 33 Limpieza de la rosca del anclaje.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 6: Conectar el vástago al anclaje empleando el acople y ajustar bien con la ayuda de una llave (Figura 34).



Figura 34 Acople del vástago al anclaje.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 7: Colocar las placas de soporte acomodándolas de manera que éstas queden lo más centradas posible y una sobre otra. (Figura 35)



Figura 35 Ubicación de las placas.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 8: Ubicar la viga de apoyo junto con el equipo encima de las placas. (Figura 36)



Figura 36 Colocación del equipo sobre las placas de apoyo

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 9: Asegurar la viga de apoyo y el equipo utilizando la tuerca de ajuste. (Figura 37)



Figura 37 Aseguramiento del equipo con la tuerca de ajuste.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 10: Conectar la manguera utilizando el acople rápido, de la bomba manual al gato hidráulico. (Figura 38)



Figura 38 Conexión de la manguera al gato hidráulico.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 11: Ajustar la tuerca con la ayuda de una llave para alinear y guiar el equipo con el anclaje. (Figura 39)



Figura 39 Alineación del equipo con el anclaje.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 12: Abrir la llave de paso, cerrar la válvula check y ajustar el tornillo de purga para empezar a dar carga. (Figura 40)



Figura 40 Abriendo la llave de paso

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso13: Cargar hasta que el manómetro indique una presión correspondiente al 25% de la carga de extracción, para asentar la máquina.

Paso 14: Abrir la válvula check y aflojar el tornillo de purga para descargar la máquina. Verificar que la presión se encuentre en cero.

Paso 15: Cerrar la válvula check y ajustar el tornillo de purga para iniciar el programa de carga.

Paso 16: Bombear el equipo hasta aplicar el primer paso de carga correspondiente al de alineación señalado en el programa y cerrar la llave de paso. (Figura 41)



Figura 41 Bombeando para aplicar carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 17: Colocar el reloj comparador lo más cerca posible de la máquina con la ayuda de la base magnética y encerarlo para iniciar el registro de desplazamientos. (Figura 42)



Figura 42 Colocando y encerando el reloj comparador.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 18: Abrir la llave de paso y cargar el anclaje siguiendo el programa de carga.

Paso 19: Cerrar la llave en cada paso de carga y dejar transcurrir 10 minutos. Tomar el valor de desplazamiento en el primer minuto y en el décimo minuto. (Figura 43 y 44)



Figura 43 Tomando lectura a los 10 minutos de un paso de carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora



Figura 44 Registrando los desplazamientos del anclaje.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Paso 20: Cargar hasta cumplir el programa, siempre y cuando no se presenten fallas.

Paso 21: Descargar el equipo una vez terminado el ensayo, abriendo la llave de paso, la llave check y aflojando el tornillo de purga.

Paso 22: Verificar que la presión en el manómetro regresó a cero y proceder a tomar registro del retorno que tuvo la aguja del reloj comparador.

Paso 23: Desconectar la manguera del gato y retirar todo el equipo del anclaje.

Nota: El objeto del presente ensayo no es sacrificar el anclaje, únicamente verificar que se encuentra funcionando adecuadamente; por tanto; únicamente aplicar el 75 % de la carga de extracción (0.75 VTL).

3.5.5.5. Tipos de falla en una prueba de adherencia

Se identifica la falla en un anclaje cuando éste comienza a moverse libremente dentro del agujero donde fue instalado, esto se lo visualiza cuando en el ensayo al

ir la carga en aumento, llega a un punto en el que desciende súbitamente el desplazamiento o simplemente al manipular la barra del anclaje, ésta se desplaza con facilidad.

Estas fallas se pueden presentar en el transcurso de la aplicación del programa de carga y en este ensayo se puede identificar dos tipos principales de falla:

a)Falla por adherencia

Se presenta este tipo de falla cuando no existe la suficiente adherencia entre el suelo y el bulbo del anclaje. Esta falla se la determina aplicando la ecuación (9), donde tomando como dato la carga última aplicada al anclaje se calcula su adherencia y se compara con los parámetros de la Tabla 9, donde si la adherencia calculada no se encuentra dentro del rango de valores, sin duda es un fallo de este tipo.

$$qu = \frac{VTA}{L_B * \pi * DO} \quad (9)$$

Donde:

VTA= Último paso de carga aplicado antes del fallo.

b) Falla en la Lechada

Falla presentada por mala dosificación de la lechada o falencias en el procedimiento de inyección de la misma. En caso de que no se haya producido una falla por adherencia, se deduce que existe la presencia de este tipo de falla.

3.5.5.6.Criterios de aceptación de la prueba

- a) La extracción del anclaje no debe ocurrir antes de que se aplique una presión igual a 1.00 VTL.
- b) No presente ningún tipo de falla presentada en el inciso 3.5.5.5
- c) La prueba de creep que inicia al aplicar una carga igual a 0.75 VTL en los minutos comprendidos del 1 al 10 debe registrar una lectura de desplazamiento menor a 0.10 cm y entre las lecturas de los minutos 6 al 60 el movimiento debe ser menor a 0.20 cm [7].

3.5.5.7. Tiempo de fraguado de la lechada

El presente ensayo se puede aplicar sobre los anclajes después que haya transcurrido 8 días a partir de su instalación.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.Recolección de datos

4.1.1.Datos de los anclajes y programa de carga

Previo a efectuar el ensayo, se determina la carga máxima que se debe aplicar al anclaje para obtener su desplazamiento y que éste no pierda su funcionalidad, procedimiento que se encuentra detallado en el inciso 3.5.5.1. y 3.5.5.2 y que para efectos de facilitar la ejecución de este ensayo se ha sintetizado el mismo en hoja de cálculo en Excel.

En las Tabla 11,12,13 y 14 constan la primera parte de la hoja de cálculo donde se determina la carga máxima a aplicar por el equipo para las barras de 2, 3, 3.5 y 6 metros de longitud respectivamente, donde en la primera sección se ingresa los datos del anclaje como son: el diámetro (D) en pulgadas, las cuales el programa transforma a centímetros, la fluencia del acero (F_y) en unidades de kg/cm^2 , el coeficiente de reducción (C) que depende de la resistencia del acero empleado y que esta especificado en el inciso 3.5.5.1. literal a), valor la adherencia del suelo (qu) considerando el tipo de suelo y tipo de perforación en kg/cm^2 la cual se selecciona de la Tabla 9 descrita en el capítulo anterior, y por último se ingresa el diámetro del orificio de perforación (DO) en pulgadas, las cuales son transformadas por el programa a cm.

En la segunda sección se determina la resistencia a la extracción nominal (R_{po}), donde se aplica la ecuación 3 del inciso 3.5.5.1 literal b) mientras que en la tercera sección en primer lugar se calcula la sección de la barra (A) con el diámetro antes indicado y la longitud máxima adherente o longitud de bulbo (LB max) aplicando la ecuación (1) del inciso 3.5.5.1 literal a).

En la cuarta sección se ingresa la longitud de la barra (L) y la longitud adherente real (LB) considerando las indicaciones dadas en el inciso 3.5.5.1 literal c), datos con los cuales al aplicar las ecuaciones (4) y (5) determina la carga de extracción (VTL) en kg, y la carga máxima para el ensayo de adherencia (P), en kg los cuales son también transformados a toneladas.

En la quinta y última sección se transforma la carga máxima de ensayo de adherencia a carga a ser aplicada por la máquina, empleando las ecuaciones (7) y (8) del inciso 3.5.5.2.

Tabla 11: Datos y carga a aplicar del anclaje de 2 metros de longitud

ENSAYO DE ADHERENCIA EN PERNOS DE ANCLAJE							
DATOS			NOMENCLATURA D= Diámetro de la barra de anclaje Fy= Fluencia del acero qu= Fuerza de adherencia (Tabla N 6) DO= Diámetro del Orificio de Perforación				
D=	1	pulg.					
	2.54	cm					
Fy=	4200	kg/cm ²					
C=	0.9						
qu=	0.916	kg/cm ²					
DO=	3	pulg.					
	7.62	cm					
RESISTENCIA A LA EXTRACCIÓN NOMINAL							
Rpo=	21.93	kg/cm	Rpo= Resistencia a la extracción nominal (por unidad de longitud) del anclaje				
LONGITUD MÁXIMA ADHERENTE O LONGITUD DEL BULBO							
A=	5.07	cm ²	LBmax = Longitud máxima adherente				
LB max=	873.47	cm	A= Área de la sección transversal de la barra de anclaje				
	8.73	m					
SELECCIÓN DE LA LONGITUD ADHERENTE							
L=	2	m	L= Longitud de la Barra				
LB=	1.8	m	LB = Longitud adherente seleccionada				
CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA DE VERIFICACIÓN			CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA ADHERENCIA				
VTL=	3947.06	Kg	P= <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">2960.295751</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.960</td> <td style="text-align: center;">Ton</td> </tr> </table>	2960.295751	Kg	2.960	Ton
2960.295751	Kg						
2.960	Ton						
CARGA A APLICAR CON LA MÁQUINA							
P=	433.498	PSI					

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: De acuerdo a los datos ingresados se tiene que aplicar una carga de 2.96 toneladas al anclaje de longitud de 2 metros con una longitud de bulbo de 1.8 metros, carga que en unidades de presión para el equipo construido representa 433.498 psi.

Tabla 12: Datos y carga a aplicar del anclaje de 3 metros de longitud

ENSAYO DE ADHERENCIA EN PERNOS DE ANCLAJE			
DATOS			NOMENCLATURA D= Diámetro de la barra de anclaje Fy= Fluencia del acero qu= Fuerza de adherencia (Tabla N 6) DO= Diámetro del Orificio de Perforación
D=	1	pulg.	
	2.54	cm	
Fy=	4200	kg/cm ²	
C=	0.9		
qu=	0.916	kg/cm ²	
DO=	3	pulg.	
	7.62	cm	
RESISTENCIA A LA EXTRACCIÓN NOMINAL			
Rpo=	21.93	kg/cm	Rpo= Resistencia a la extracción nominal (por unidad de longitud) del anclaje
LONGITUD MÁXIMA ADHERENTE O LONGITUD DEL BULBO			
A=	5.07	cm ²	LBmax = Longitud máxima adherente
LB max=	873.47	cm	A= Área de la sección transversal de la barra de anclaje
	8.73	m	
SELECCIÓN DE LA LONGITUD ADHERENTE			
L=	3	m	L= Longitud de la Barra
LB=	2.8	m	LB = Longitud adherente seleccionada
CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA DE VERIFICACIÓN			
VTL=	6139.87	Kg	
CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA ADHERENCIA			
P=	4604.904501	Kg	
	4.605	Ton	
CARGA A APLICAR CON LA MÁQUINA			
P=	674.330	PSI	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: De acuerdo a los datos ingresados se tiene que aplicar una carga de 4.61 toneladas a los anclajes de longitud de 3 metros con una longitud de bulbo de 2.8 metros, carga que en unidades de presión para el equipo construido representa 674.33 psi.

Tabla 13: Datos y carga a aplicar del anclaje de 3.5 metros de longitud

ENSAYO DE ADHERENCIA EN PERNOS DE ANCLAJE		
DATOS		
D=	1	pulg.
	2.54	cm
Fy=	4200	kg/cm2
C=	0.9	
qu=	0.916	kg/cm2
DO=	3	pulg.
	7.62	cm
NOMENCLATURA		
D= Diámetro de la barra de anclaje		
Fy= Fluencia del acero		
qu= Fuerza de adherencia (Tabla N 6)		
DO= Diámetro del Orificio de Perforación		
RESISTENCIA A LA EXTRACCIÓN NOMINAL		
Rpo=	21.93	kg/cm
Rpo= Resistencia a la extracción nominal (por unidad de longitud) del anclaje		
LONGITUD MÁXIMA ADHERENTE O LONGITUD DEL BULBO		
A=	5.07	cm2
LB max=	873.47	cm
	8.73	m
LBmax = Longitud máxima adherente		
A= Área de la sección transversal de la barra de anclaje		
SELECCIÓN DE LA LONGITUD ADHERENTE		
L=	3.5	m
L= Longitud de la Barra		
LB=	3.3	m
LB = Longitud adherente seleccionada		
CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA DE VERIFICACIÓN		
VTL=	7236.28	Kg
CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA ADHERENCIA		
P=	5427.208876	Kg
	5.427	Ton
CARGA A APLICAR CON LA MÁQUINA		
P=	794.746	PSI

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: De acuerdo a los datos ingresados se tiene que aplicar una carga de 5.427 toneladas a los anclajes de longitud de 3.5 metros con una longitud de bulbo de 3.3 metros, carga que en unidades de presión para el equipo construido representa 794.75 psi.

Tabla 14: Datos y carga a aplicar del anclaje de 6 metros de longitud

ENSAYO DE ADHERENCIA EN PERNOS DE ANCLAJE			
DATOS			
D=	1	pulg.	
	2.54	cm	
Fy=	4200	kg/cm2	
C=	0.9		
qu=	0.916	kg/cm2	
DO=	3	pulg.	
	7.62	cm	
NOMENCLATURA			
D= Diámetro de la barra de anclaje			
Fy= Fluencia del acero			
qu= Fuerza de adherencia (Tabla N 6)			
DO= Diámetro del Orificio de Perforación			
RESISTENCIA A LA EXTRACCIÓN NOMINAL			
Rpo=	21.93	kg/cm	Rpo= Resistencia a la extracción nominal (por unidad de longitud) del anclaje
LONGITUD MÁXIMA ADHERENTE O LONGITUD DEL BULBO			
A=	5.07	cm2	LBmax = Longitud máxima adherente
LB max=	873.47	cm	A= Área de la sección transversal de la barra de anclaje
	8.73	m	
SELECCIÓN DE LA LONGITUD ADHERENTE			
L=	6	m	L= Longitud de la Barra
LB=	5.8	m	LB = Longitud adherente seleccionada
CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA DE VERIFICACIÓN			
VTL=	12718.31	Kg	
CARGA MÁXIMA PARA PRUEBA ADHERENCIA			
P=	9538.730752	Kg	
	9,539	Ton	
CARGA A APLICAR CON LA MÁQUINA			
P=	1396.826	PSI	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: De acuerdo a los datos ingresados se tiene que aplicar una carga de 9.54 toneladas a los anclajes de longitud de 6 metros con una longitud de bulbo de 5.8 metros, carga que en unidades de presión para el equipo construido representa 1396.83 psi.

En las Tablas 15,16,17 y 18 se presenta la segunda hoja de cálculo donde se obtiene el programa de carga a aplicar al anclaje considerando los parámetros descritos en el inciso 3.5.5.3 del capítulo anterior, en el que consta de tres secciones, la primera los datos del anclaje como son el nombre del proyecto, constructor, localización, fecha de perforación, quien realiza el ensayo, quien controla o fiscaliza el ensayo, la fecha de ensayo, el número de anclaje, número de ensayo, tipo de suelo y todos aquellos datos considerados para la determinación de la carga a máxima en la hoja de cálculo anterior.

En la segunda sección se detalla el programa de carga visualizando en la primera columna el porcentaje de carga de extracción aplicado, en la segunda la presión a ser aplicada por el equipo en psi, en la tercera columna la carga en kg, la cuarta columna indica la carga en toneladas, la quinta columna indica el tiempo en el que se debe registrar el paso de carga, en la sexta columna se registra el movimiento del anclaje y en la séptima columna es empleada para indicar las observaciones del ensayo y para indicar donde se produce la carga de alineación, el inicio de la prueba de creep y el fin del ensayo.

Por último, en la tercera sección se indica si durante el ensayo el anclaje fue extraído lo cual indicaría que se produjo una falla o no.

Tabla 15 Programa de carga para anclaje de 2 metros de longitud

PRUEBA DE VERIFICACIÓN			
PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	3
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	2
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA:	2 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm ²
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	1.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	2.96 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD:	210000 kg/cm ²

% CARGA	CARGA			TIEMPO TRANSCURRIDO (MIN)	MOVIMIENTO O DE ANCLAJE (mm)	OBSERVACIONES
	PRESIÓN APLICADA (PSI)	CARGA APLICADA (KG)	CARGA APLICADA (TON)			
3	17.34	118.41	0.12			CARGA DE ALINEACIÓN
13	75.14	513.12	0.51	0:01		
13	75.14	513.12	0.51	0:10		
25	144.50	986.77	0.99	0:01		
25	144.50	986.77	0.99	0:10		
38	219.64	1499.88	1.50	0:01		
38	219.64	1499.88	1.50	0:10		
50	289.00	1973.53	1.97	0:01		
50	289.00	1973.53	1.97	0:10		
75	433.50	2960.30	2.96	0:01		INICIO DE PRUEBA CREEP
75	433.50	2960.30	2.96	0:02		
75	433.50	2960.30	2.96	0:04		
75	433.50	2960.30	2.96	0:05		
75	433.50	2960.30	2.96	0:06		
75	433.50	2960.30	2.96	0:10		
75	433.50	2960.30	2.96	0:20		
75	433.50	2960.30	2.96	0:30		
75	433.50	2960.30	2.96	0:50		
75	433.50	2960.30	2.96	1:00		FIN PRUEBA CREEP

SE PRODUJO LA EXTRACCIÓN DEL PERNO DURANTE LA PRUEBA

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: En el programa de carga determinado para el anclaje de 2 metros de longitud se propone una carga de alineación de 17.34 psi lo que equivale a 0.12 toneladas y la carga en la que se efectúa la prueba creep es de 433.50 psi, lo que equivale a 2.96 toneladas.

Tabla 16: Programa de carga para anclaje de 3 metros de longitud

PRUEBA DE VERIFICACIÓN			
PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	1
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	NO COHESIVO
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA	3 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	2.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	4.60 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm2

% CARGA	CARGA			TIEMPO TRANSCURRIDO (MIN)	MOVIMIENTO O DE ANCLAJE (mm)	OBSERVACIONES
	PRESIÓN APLICADA (PSI)	CARGA APLICADA (KG)	CARGA APLICADA (TON)			
3	26.97	184.20	0.18			CARGA DE ALINEACIÓN
13	116.88	798.18	0.80	0:01		
13	116.88	798.18	0.80	0:10		
25	224.78	1534.97	1.53	0:01		
25	224.78	1534.97	1.53	0:10		
38	341.66	2333.15	2.33	0:01		
38	341.66	2333.15	2.33	0:10		
50	449.55	3069.94	3.07	0:01		
50	449.55	3069.94	3.07	0:10		
75	674.33	4604.90	4.60	0:01		INICIO DE PRUEBA CREEP
75	674.33	4604.90	4.60	0:02		
75	674.33	4604.90	4.60	0:04		
75	674.33	4604.90	4.60	0:05		
75	674.33	4604.90	4.60	0:06		
75	674.33	4604.90	4.60	0:10		
75	674.33	4604.90	4.60	0:20		
75	674.33	4604.90	4.60	0:30		
75	674.33	4604.90	4.60	0:50		
75	674.33	4604.90	4.60	1:00		FIN PRUEBA CREEP

SE PRODUJO LA EXTRACCIÓN DEL PERNO DURANTE LA PRUEBA

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: En el programa de carga determinado para el anclaje de 3 metros de longitud se propone una carga de alineación de 26.97 psi lo que equivale a 0.18 toneladas y la carga en la que se efectúa la prueba creep es de 674.33 psi, lo que equivale a 4.60 toneladas.

Tabla 17: Programa de carga para anclaje de 3.5 metros de longitud

PRUEBA DE VERIFICACIÓN			
PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	1
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	NO COHESIVO
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA:	3.5 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	3.3 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	5.43 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD:	2100000 kg/cm2

CARGA				TIEMPO TRANSCURRIDO (MIN)	MOVIMIENTO O DE ANCLAJE (mm)	OBSERVACIONES
% CARGA	PRESIÓN APLICADA (PSI)	CARGA APLICADA (KG)	CARGA APLICADA (TON)			
3	31.79	217.09	0.22			CARGA DE ALINEACIÓN
13	137.76	940.72	0.94	0:01		
13	137.76	940.72	0.94	0:10		
25	264.92	1809.07	1.81	0:01		
25	264.92	1809.07	1.81	0:10		
38	402.67	2749.79	2.75	0:01		
38	402.67	2749.79	2.75	0:10		
50	529.83	3618.14	3.62	0:01		
50	529.83	3618.14	3.62	0:10		
75	794.75	5427.21	5.43	0:01		INICIO DE PRUEBA CREEP
75	794.75	5427.21	5.43	0:02		
75	794.75	5427.21	5.43	0:04		
75	794.75	5427.21	5.43	0:05		
75	794.75	5427.21	5.43	0:06		
75	794.75	5427.21	5.43	0:10		
75	794.75	5427.21	5.43	0:20		
75	794.75	5427.21	5.43	0:30		
75	794.75	5427.21	5.43	0:50		
75	794.75	5427.21	5.43	1:00		FIN PRUEBA CREEP

SE PRODUJO LA EXTRACCIÓN DEL PERNO DURANTE LA PRUEBA:

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: En el programa de carga determinado para el anclaje de 3.5 metros de longitud se propone una carga de alineación de 31.79 psi lo que equivale a 0.22 toneladas y la carga en la que se efectúa la prueba creep es de 794.75 psi, lo que equivale a 5.43 toneladas.

Tabla 18: Programa de carga para anclaje de 6 metros de longitud

PRUEBA DE VERIFICACIÓN			
PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	1
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	NO COHESIVO
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA:	6 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	5.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	9.54 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD:	2100000 kg/cm2

% CARGA	CARGA			TIEMPO TRANSCURRIDO (MIN)	MOVIMIENTO O DE ANCLAJE (mm)	OBSERVACIONES
	PRESIÓN APLICADA (PSI)	CARGA APLICADA (KG)	CARGA APLICADA (TON)			
3	55.87	381.55	0.38			CARGA DE ALINEACIÓN
13	242.12	1653.38	1.65	0:01		
13	242.12	1653.38	1.65	0:10		
25	465.61	3179.58	3.18	0:01		
25	465.61	3179.58	3.18	0:10		
38	707.73	4832.96	4.83	0:01		
38	707.73	4832.96	4.83	0:10		
50	931.22	6359.15	6.36	0:01		
50	931.22	6359.15	6.36	0:10		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:01		INICIO DE PRUEBA CREEP
75	1396.83	9538.73	9.54	0:02		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:04		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:05		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:06		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:10		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:20		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:30		
75	1396.83	9538.73	9.54	0:50		
75	1396.83	9538.73	9.54	1:00		FIN PRUEBA CREEP

SE PRODUJO LA EXTRACCIÓN DEL PERNO DURANTE LA PRUEBA:

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: En el programa de carga determinado para el anclaje de 6 metros de longitud se propone una carga de alineación de 55.87 psi lo que equivale a 0.38 toneladas y la carga en la que se efectúa la prueba creep es de 1396.83 psi, lo que equivale a 9.54 toneladas.

4.2. Análisis de los resultados

4.2.1. Presentación de resultados

Se mostrará los resultados obtenidos del ensayo indicando el registro de los desplazamientos en el formato del programa de carga como se indica en las Tablas 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37 y 39 y representando los mismos en una gráfica donde se relaciona la carga aplicada con el desplazamiento del anclaje durante toda la prueba, como se ve en las figuras 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 58, 60, 62 y 64.

Para la prueba creep se generará una gráfica donde el eje X se encuentra en escala logarítmica y el eje Y a escala normal tomando únicamente los datos de la prueba de creep donde se relacionarán los valores de desplazamiento con el tiempo de aplicación del 75% de carga de extracción. Dichas gráficas se encuentran evidenciadas en las figuras 46, 48, 50, 52, 54, 56, 59, 61, 63 y 65.

Por último, se evalúa el ensayo creep del primer al décimo minuto y luego del sexto a sexagésimo minuto comprobando que el desplazamiento no sobrepase los límites señalados en el inciso 3.5.5.6, comprobación efectuada en las Tablas 20, 22, 24, 26, 28, 30, 34, 36, 38 y 40.

4.2.1.1. Resultados del anclaje 1

a) Primer ensayo

Al aplicar la primera carga sobre el anclaje#1 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 19: Desplazamiento de anclaje#1, longitud 3 metros

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAYO:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	1
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA:	3 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm ²
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	2.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	4.60 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD:	2100000 kg/cm ²

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	26.97	184.20	0.18		0.000	Carga de alineación
13	116.88	798.18	0.80	0:01	0.098	
13	116.88	798.18	0.80	0:10	0.432	
25	224.78	1534.97	1.53	0:01	0.630	
25	224.78	1534.97	1.53	0:10	0.985	
38	341.66	2333.15	2.33	0:01	1.270	
38	341.66	2333.15	2.33	0:10	1.643	
50	449.55	3069.94	3.07	0:01	1.760	
50	449.55	3069.94	3.07	0:10	2.360	
75	674.33	4604.90	4.60	0:01	2.710	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	674.33	4604.90	4.60	0:02	2.680	
75	674.33	4604.90	4.60	0:04	2.825	
75	674.33	4604.90	4.60	0:05	2.840	
75	674.33	4604.90	4.60	0:06	2.855	
75	674.33	4604.90	4.60	0:10	2.890	
75	674.33	4604.90	4.60	0:20	2.900	
75	674.33	4604.90	4.60	0:30	2.985	
75	674.33	4604.90	4.60	0:50	3.010	
75	674.33	4604.90	4.60	1:00	3.070	<i>Fin prueba creep</i>
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

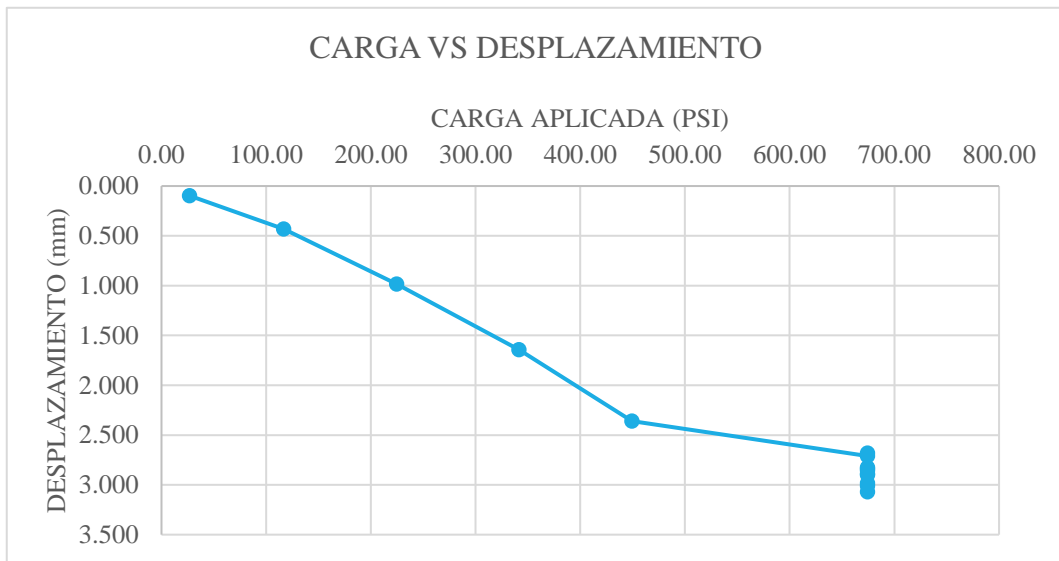


Figura 45 Comportamiento del anclaje#1 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora



Figura 46. Ensayo creep del anclaje#1 en la primera carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 20: *Parámetros del Ensayo Creep anclaje#1 en la primera carga*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.180	Pasa
6-60	2	0.215	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El primer anclaje colocado a 90 grados con respecto a la superficie del suelo en la primera carga presenta un desplazamiento final de 3.07mm como se indica en la tabla 19. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 45 se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 20, que resume la Figura 46, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.18mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.215 mm con respecto al limitante del 2mm.

b) Segundo ensayo

Al aplicar la segunda carga sobre el anclaje #1 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 21: Desplazamiento de anclaje#1 en la segunda carga.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAYO:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE#:	1
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	2
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	NO COHESIVO
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		

LONGITUD DE LA BARRA:	3 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm ²
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	2.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	4.60 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm ²

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	26.97	184.20	0.18		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	116.88	798.18	0.80	0:01	0.000	
13	116.88	798.18	0.80	0:10	0.050	
25	224.78	1534.97	1.53	0:01	0.140	
25	224.78	1534.97	1.53	0:10	0.235	
38	341.66	2333.15	2.33	0:01	0.430	
38	341.66	2333.15	2.33	0:10	0.632	
50	449.55	3069.94	3.07	0:01	0.741	
50	449.55	3069.94	3.07	0:10	0.952	
75	674.33	4604.90	4.60	0:01	1.228	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	674.33	4604.90	4.60	0:02	1.230	
75	674.33	4604.90	4.60	0:04	1.231	
75	674.33	4604.90	4.60	0:05	1.231	
75	674.33	4604.90	4.60	0:06	1.235	
75	674.33	4604.90	4.60	0:10	1.235	
75	674.33	4604.90	4.60	0:20	1.237	
75	674.33	4604.90	4.60	0:30	1.238	
75	674.33	4604.90	4.60	0:50	1.249	
75	674.33	4604.90	4.60	1:00	1.251	<i>Fin prueba creep</i>

¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?	No
--------------------------------------------------------	-----------

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

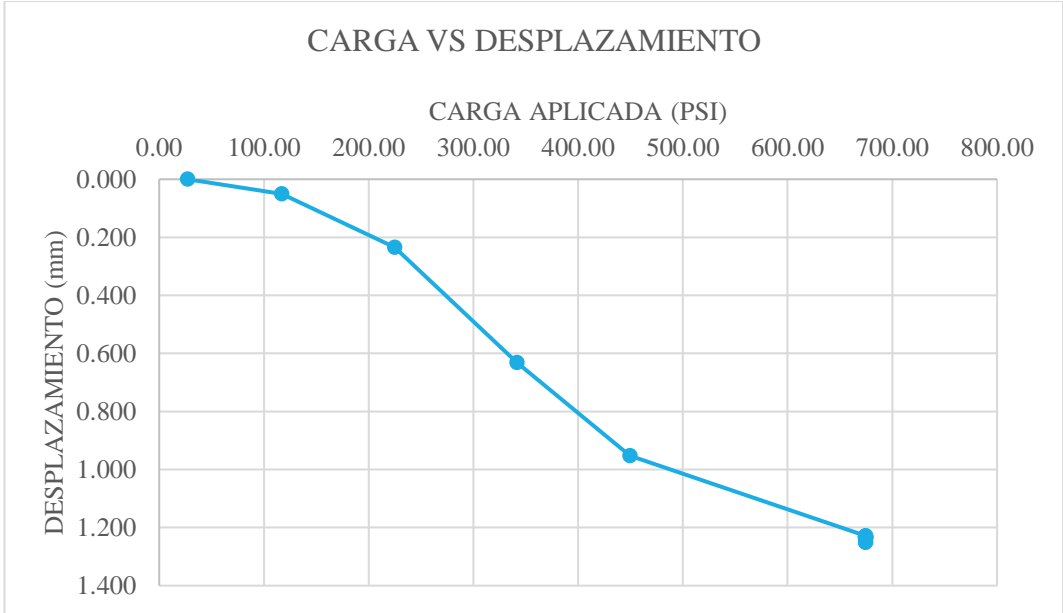


Figura 47 Comportamiento del anclaje#1 en la segunda carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

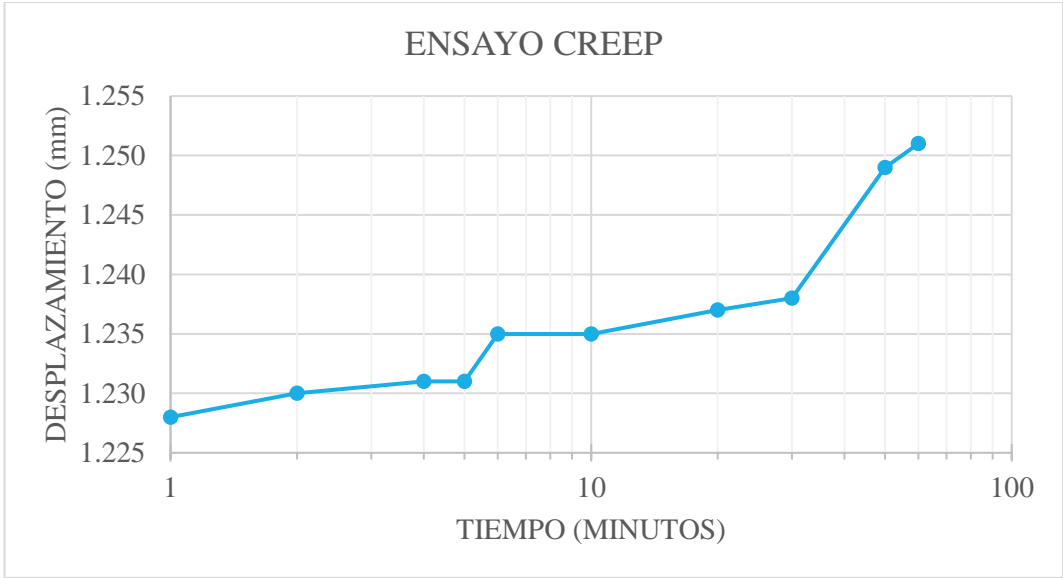


Figura 48 Ensayo creep del anclaje#1 en la segunda carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 22: *Parámetros del Ensayo Creep anclaje#1 en la segunda carga*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.007	Pasa
6-60	2	0.016	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El primer anclaje colocado a 90 grados con respecto a la superficie del suelo en el segundo ensayo presenta un desplazamiento final de 1.251 mm como se indica en la tabla 21, desplazamiento inferior al obtenido en la primera carga, lo que representa que existió un grado de compactación de suelo por lo cual en la segunda carga tuvo menor asentamiento del equipo. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 47, se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 22, que resume la figura 48, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.007mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.016 mm con respecto al limitante del 2mm.

4.2.1.2. Resultados del anclaje 2

a) Primer ensayo

Al aplicar la primera carga sobre el anclaje#2 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 23: Desplazamiento de anclaje#2, longitud 3 metros, instalado a 45 grados respecto la superficie de terreno.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAYO:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE#:	2
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA:	3 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm ²
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	2.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	4.60 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm ²

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	26.97	184.20	0.18		0.000	Carga de alineación
13	116.88	798.18	0.80	0:01	0.070	
13	116.88	798.18	0.80	0:10	0.110	
25	224.78	1534.97	1.53	0:01	0.213	
25	224.78	1534.97	1.53	0:10	0.285	
38	341.66	2333.15	2.33	0:01	0.420	
38	341.66	2333.15	2.33	0:10	0.485	
50	449.55	3069.94	3.07	0:01	0.640	
50	449.55	3069.94	3.07	0:10	0.832	
75	674.33	4604.90	4.60	0:01	1.030	Inicio de prueba creep
75	674.33	4604.90	4.60	0:02	1.040	
75	674.33	4604.90	4.60	0:04	1.060	
75	674.33	4604.90	4.60	0:05	1.090	
75	674.33	4604.90	4.60	0:06	1.100	
75	674.33	4604.90	4.60	0:10	1.150	
75	674.33	4604.90	4.60	0:20	1.210	
75	674.33	4604.90	4.60	0:30	1.285	

75	674.33	4604.90	4.60	0:50	1.323	
75	674.33	4604.90	4.60	1:00	1.334	<i>Fin prueba creep</i>
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

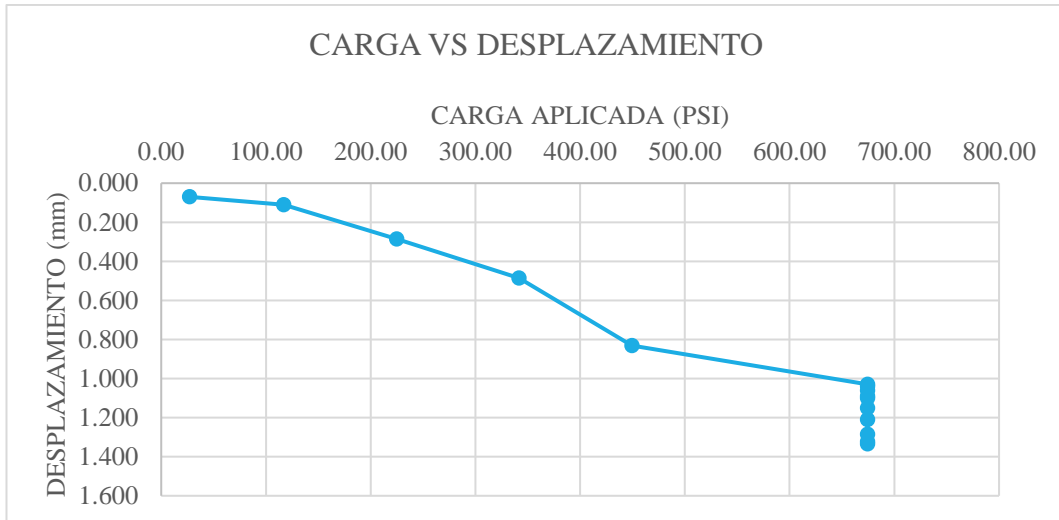


Figura 49 Comportamiento del anclaje#2 en la primera carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

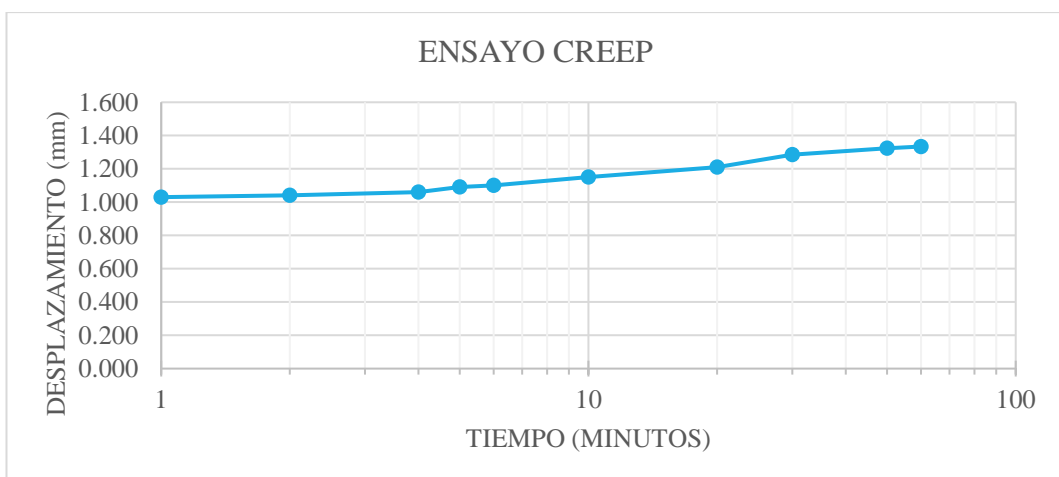


Figura 50 Ensayo creep del anclaje#2 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 24: *Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#2 en la primera carga.*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.120	Pasa
6-60	2	0.234	Pasa

Interpretación: El segundo anclaje colocado a 45 grados con respecto a la superficie del suelo en la primera carga presenta un desplazamiento final de 1.334 mm como se indica en la tabla 23. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 49 se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 24, que resume la figura 50, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.12mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.234 mm con respecto al limitante del 2mm.

b) Segundo ensayo

Al aplicar la segunda carga sobre el anclaje #2 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 25: Desplazamiento de anclaje#2 en la segunda carga.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAYO:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE#:	2
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	2
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	INGMSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA:	3 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm ²
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	2.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	4.60 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm ²

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	26.97	184.20	0.18		0.000	Carga de alineación
13	116.88	798.18	0.80	0:01	0.040	
13	116.88	798.18	0.80	0:10	0.065	
25	224.78	1534.97	1.53	0:01	0.175	
25	224.78	1534.97	1.53	0:10	0.190	
38	341.66	2333.15	2.33	0:01	0.345	
38	341.66	2333.15	2.33	0:10	0.634	
50	449.55	3069.94	3.07	0:01	0.800	
50	449.55	3069.94	3.07	0:10	0.850	
75	674.33	4604.90	4.60	0:01	0.951	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	674.33	4604.90	4.60	0:02	0.953	
75	674.33	4604.90	4.60	0:04	0.955	
75	674.33	4604.90	4.60	0:05	0.958	
75	674.33	4604.90	4.60	0:06	0.958	
75	674.33	4604.90	4.60	0:10	0.961	
75	674.33	4604.90	4.60	0:20	0.965	
75	674.33	4604.90	4.60	0:30	0.971	
75	674.33	4604.90	4.60	0:50	0.985	
75	674.33	4604.90	4.60	1:00	1.010	<i>Fin prueba creep</i>
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

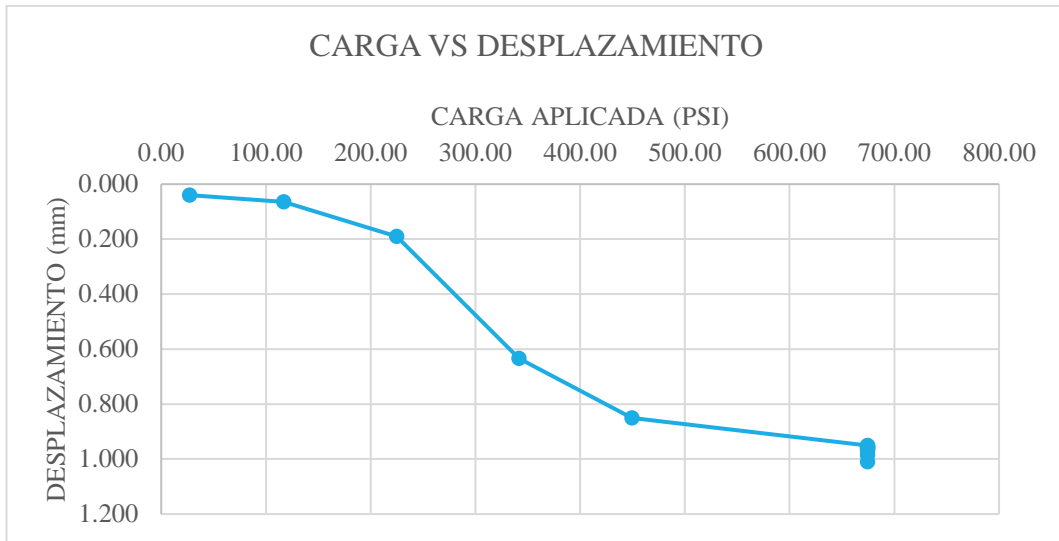


Figura 51 Comportamiento del anclaje#2 en la segunda carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora



Figura 52 Ensayo creep del anclaje#2 en la segunda carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 26: *Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#2 en la segunda carga*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.010	Pasa
6-60	2	0.052	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El segundo anclaje colocado a 45 grados con respecto a la superficie del suelo en el segundo ensayo presenta un desplazamiento final de 1.010 mm como se indica en la tabla 25, desplazamiento inferior al obtenido en la primera carga, lo que representa que existió un grado de compactación de suelo por lo cual en la segunda carga tuvo menor asentamiento del equipo. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 51, se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 26, que resume la figura 52, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.010mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.052 mm con respecto al limitante del 2mm.

4.2.1.3.Resultados del anclaje 3

a)Primer ensayo

Al aplicar la primera carga sobre el anclaje#3 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 27: Desplazamiento de anclaje#3 de 2 metros de longitud.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAYO:	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	3
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA	2 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	1.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	2.96 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm2

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	17.34	118.41	0.12		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	75.14	513.12	0.51	0:01	0.000	
13	75.14	513.12	0.51	0:10	0.023	
25	144.50	986.77	0.99	0:01	0.150	
25	144.50	986.77	0.99	0:10	0.180	
38	219.64	1499.88	1.50	0:01	0.280	
38	219.64	1499.88	1.50	0:10	0.325	
50	289.00	1973.53	1.97	0:01	2.370	
50	289.00	1973.53	1.97	0:10	2.410	
75	433.50	2960.30	2.96	0:01	5.380	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	433.50	2960.30	2.96	0:02	5.410	
75	433.50	2960.30	2.96	0:04	5.411	
75	433.50	2960.30	2.96	0:05	5.415	
75	433.50	2960.30	2.96	0:06	5.416	
75	433.50	2960.30	2.96	0:10	5.418	
75	433.50	2960.30	2.96	0:20	5.432	
75	433.50	2960.30	2.96	0:30	5.436	
75	433.50	2960.30	2.96	0:50	5.451	

75	433.50	2960.30	2.96	1:00	5.459	Fin prueba creep
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

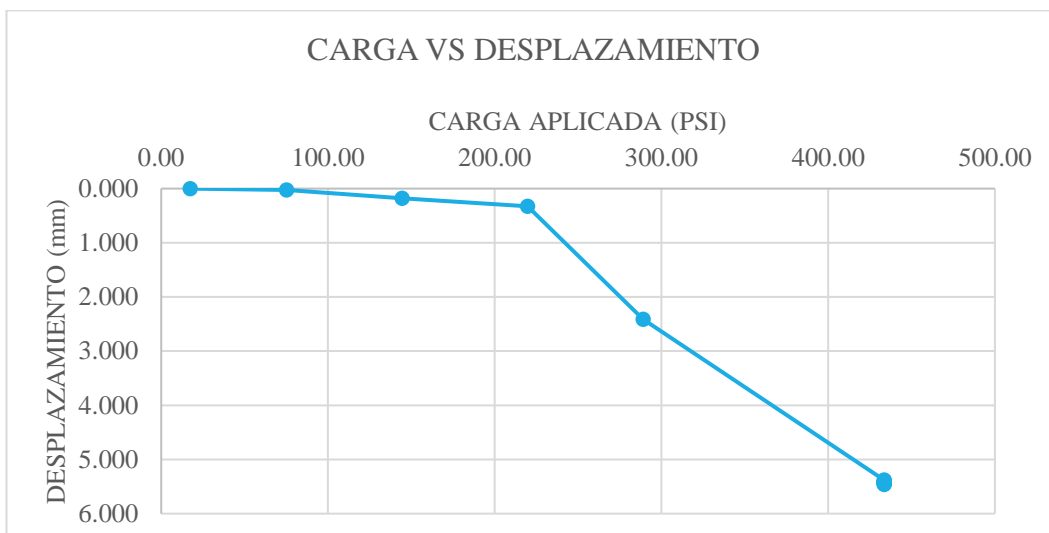


Figura 53 Comportamiento del anclaje#3 en la primera carga

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora



Figura 54 Ensayo creep del anclaje#3 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 28: *Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#3 en la primera carga*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.038	Pasa
6-60	2	0.043	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El tercer anclaje colocado a 30 grados con respecto a la superficie del suelo en la primera carga presenta un desplazamiento final de 5.459 mm como se indica en la tabla 27. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 53 se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 28, que resume la figura 54, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.038mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.043 mm con respecto al limitante del 2mm.

b) Segundo ensayo

Al aplicar la segunda carga sobre el anclaje #2 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 29: Desplazamiento de anclaje#3 de 2 metros de longitud, segunda carga.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY	20/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	3
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	2
FECHA DE PERFORACIÓN	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		

LONGITUD DE LA BARRA	2 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA ^a	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	1.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	2.96 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm2

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	17.34	118.41	0.12		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	75.14	513.12	0.51	0:01	0.035	
13	75.14	513.12	0.51	0:10	0.056	
25	144.50	986.77	0.99	0:01	0.095	
25	144.50	986.77	0.99	0:10	0.120	
38	219.64	1499.88	1.50	0:01	0.168	
38	219.64	1499.88	1.50	0:10	0.173	
50	289.00	1973.53	1.97	0:01	0.230	
50	289.00	1973.53	1.97	0:10	0.252	
75	433.50	2960.30	2.96	0:01	0.350	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	433.50	2960.30	2.96	0:02	0.382	
75	433.50	2960.30	2.96	0:04	0.383	
75	433.50	2960.30	2.96	0:05	0.385	
75	433.50	2960.30	2.96	0:06	0.386	
75	433.50	2960.30	2.96	0:10	0.388	
75	433.50	2960.30	2.96	0:20	0.398	
75	433.50	2960.30	2.96	0:30	0.412	
75	433.50	2960.30	2.96	0:50	0.427	
75	433.50	2960.30	2.96	1:00	0.435	<i>Fin prueba creep</i>
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

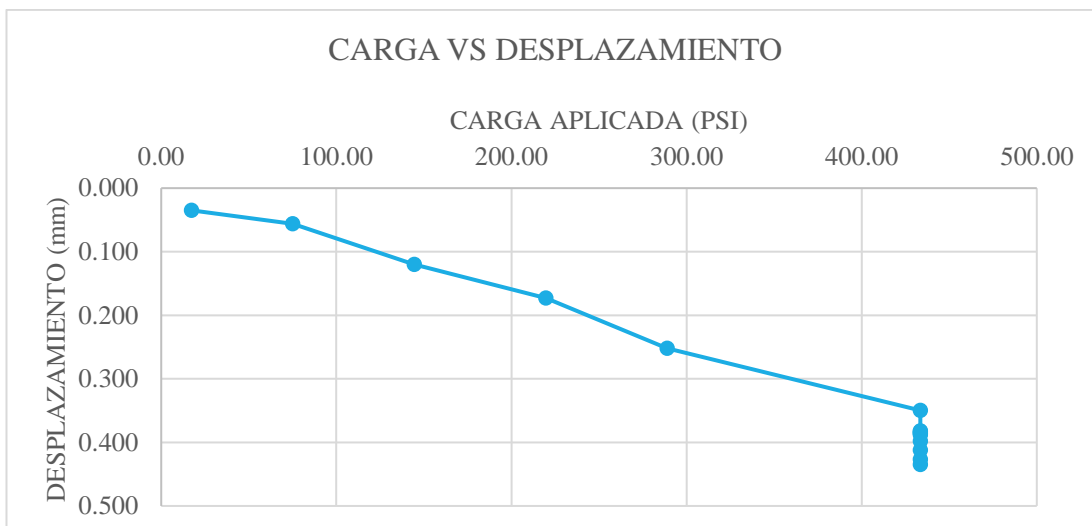


Figura 55 Comportamiento del anclaje#3 en la segunda carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

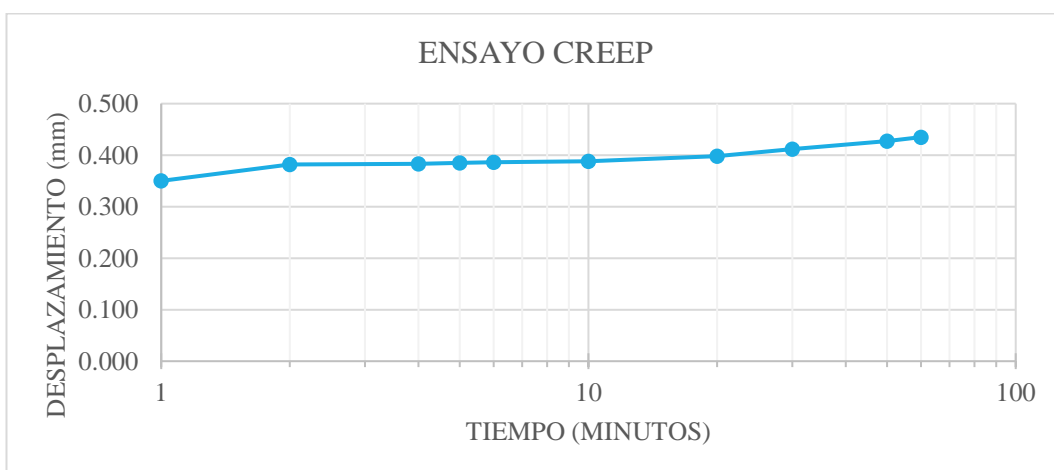


Figura 56 Ensayo creep del anclaje#3 en la segunda carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 30: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#3 en la segunda carga.

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.038	Pasa
6-60	2	0.049	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El tercer anclaje colocado a 45 grados con respecto a la superficie del suelo en el segundo ensayo presenta un desplazamiento final de 0.435 mm como se indica en la tabla 29, desplazamiento inferior al obtenido en la primera carga, lo que representa que existió un grado de compactación de suelo por lo cual en la segunda carga tuvo menor asentamiento del equipo. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 55, se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 30, que resume la figura 56, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.038mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.049 mm con respecto al limitante del 2mm.

4.2.1.4.Resultados del anclaje 4

a)Primer ensayo

Al aplicar la primera carga sobre el anclaje#4 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 31: Desplazamiento de anclaje#4 de 6 metros de longitud, primera carga

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY:	03/04/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	4
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA	6 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	5.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	9.54 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm2

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	55.87	381.55	0.38		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	242.12	1653.38	1.65	0:01	0.015	
13	242.12	1653.38	1.65	0:10	0.158	
25	465.61	3179.58	3.18	0:01	0.380	
25	465.61	3179.58	3.18	0:10	0.410	
38	707.73	4832.96	4.83	0:01	1.125	
38	707.73	4832.96	4.83	0:10	1.213	
50	931.22	6359.15	6.36	0:01	1.855	
50	931.22	6359.15	6.36	0:10	1.879	
64	1200.00	8194.63	8.19	0:14	2.421	<i>Fallo del anclaje</i>
75	1396.83	9538.73	9.54	0:01	0.000	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	1396.83	9538.73	9.54	0:02	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	0:04	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	0:05	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	0:06	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	0:10	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	0:20	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	0:30	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	0:50	0.000	
75	1396.83	9538.73	9.54	1:00	0.000	<i>Fin prueba creep</i>
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					Si	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

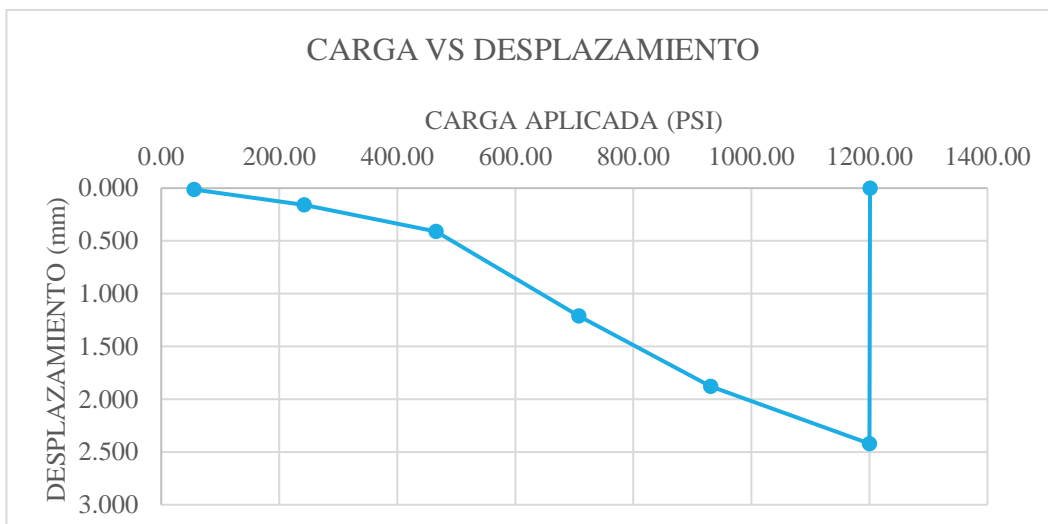


Figura 57 Comportamiento del anclaje#4 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 32: Adherencia determinada para el anclaje #4 en la primera carga.

Adherencia obtenida	0.5902	Kg/cm ²
---------------------	--------	--------------------

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El cuarto anclaje colocado perpendicularmente a la superficie del suelo al ser ensayado en primera ocasión alcanzó 64% de la carga de extracción con una deformación de 2.421 mm, como se presenta en la tabla 31, al observar la figura 57 como en ese punto retorna el desplazamiento a cero indica la presencia de una falla y que el anclaje fue extraído perdiendo su funcionalidad.

En primer lugar, se evalúa la adherencia del suelo con la estructura de anclaje en la tabla 32, aplicando la ecuación (9) señalada en el capítulo 3, inciso 3.5.5.1., literal a), donde determinó una adherencia de 0.5902 kg/cm², valor que al ser comparado con la tabla 9 del inciso 3.5.5.1 se concluye que la falla se produjo en la lechada, mas no por una falta de adherencia.

Al producirse una falla el ensayo termina y no se obtiene datos de creep.

4.2.1.5. Resultados del anclaje 5

a) Primer ensayo

Al aplicar la primera carga sobre el anclaje#5 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 33: Desplazamiento de anclaje#5 de 3 metros de longitud, primera carga

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAYO:	04/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	5
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		

LONGITUD DE LA BARRA:	3 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm ²
		DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	2.8 m	CARGA A APLICAR:	4.60 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD:	2100000 kg/cm ²

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	26.97	184.20	0.18		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	116.88	798.18	0.80	0:01	0.350	
13	116.88	798.18	0.80	0:10	0.381	
25	224.78	1534.97	1.53	0:01	0.710	
25	224.78	1534.97	1.53	0:10	0.752	
38	341.66	2333.15	2.33	0:01	1.600	
38	341.66	2333.15	2.33	0:10	1.682	
50	449.55	3069.94	3.07	0:01	3.740	
50	449.55	3069.94	3.07	0:10	3.887	
75	674.33	4604.90	4.60	0:01	5.760	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	674.33	4604.90	4.60	0:02	5.795	
75	674.33	4604.90	4.60	0:04	5.833	
75	674.33	4604.90	4.60	0:05	5.841	
75	674.33	4604.90	4.60	0:06	5.843	
75	674.33	4604.90	4.60	0:10	5.854	
75	674.33	4604.90	4.60	0:20	5.858	
75	674.33	4604.90	4.60	0:30	5.860	

75	674.33	4604.90	4.60	0:50	6.253	
75	674.33	4604.90	4.60	1:00	6.456	Fin prueba creep
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

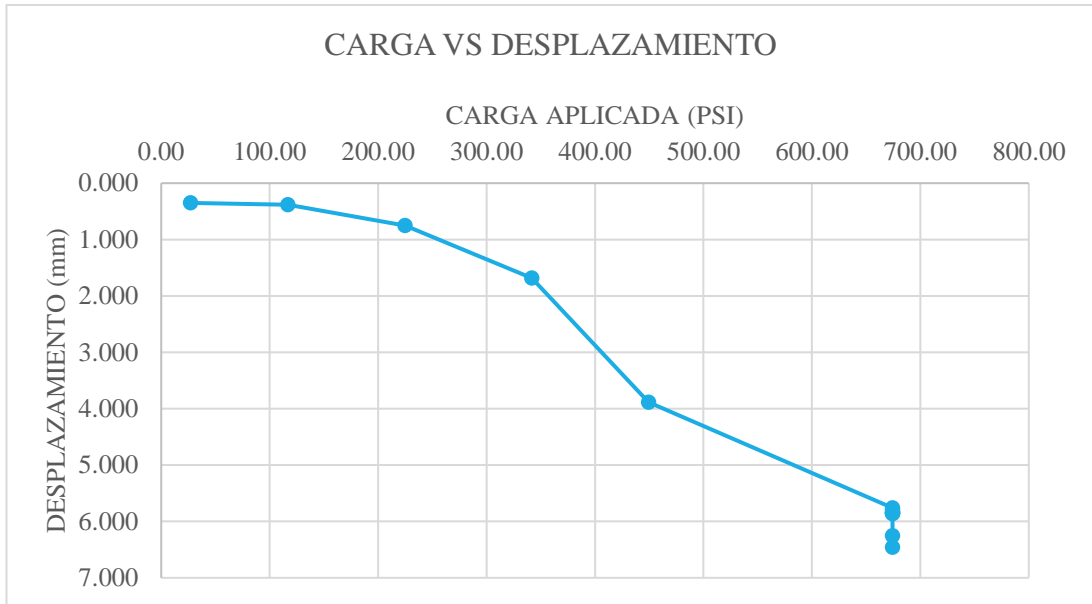


Figura 58 Comportamiento del anclaje#5 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

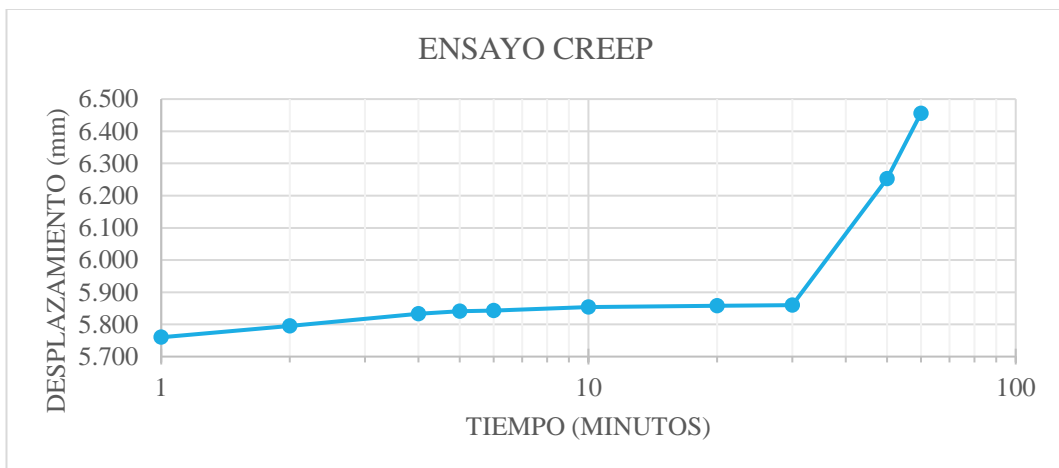


Figura 59 Ensayo creep del anclaje#5 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 34: *Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#5 en la primera carga.*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.094	Pasa
6-60	2	0.613	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El quinto anclaje colocado perpendicular a la superficie del suelo en la primera carga presenta un desplazamiento final de 6.456 mm como se indica en la tabla 33. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 58, se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 34, que resume la figura 59, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.094mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.0613 mm con respecto al limitante del 2mm.

b) Segundo ensayo

Al aplicar la segunda carga sobre el anclaje #5 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 35: Desplazamiento de anclaje#5 de 3 metros de longitud, segunda carga.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY	04/03/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	5
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	2
FECHA DE PERFORACIÓN	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		

LONGITUD DE LA BARRA	3 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA ^a	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	2.8 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	4.60 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm2

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	26.97	184.20	0.18		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	116.88	798.18	0.80	0:01	0.032	
13	116.88	798.18	0.80	0:10	0.056	
25	224.78	1534.97	1.53	0:01	0.122	
25	224.78	1534.97	1.53	0:10	0.152	
38	341.66	2333.15	2.33	0:01	0.256	
38	341.66	2333.15	2.33	0:10	0.293	
50	449.55	3069.94	3.07	0:01	0.321	
50	449.55	3069.94	3.07	0:10	0.423	
75	674.33	4604.90	4.60	0:01	2.362	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	674.33	4604.90	4.60	0:02	2.369	
75	674.33	4604.90	4.60	0:04	2.375	
75	674.33	4604.90	4.60	0:05	2.379	
75	674.33	4604.90	4.60	0:06	2.381	
75	674.33	4604.90	4.60	0:10	2.391	
75	674.33	4604.90	4.60	0:20	2.399	
75	674.33	4604.90	4.60	0:30	2.409	
75	674.33	4604.90	4.60	0:50	2.423	
75	674.33	4604.90	4.60	1:00	2.455	<i>Fin prueba creep</i>
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

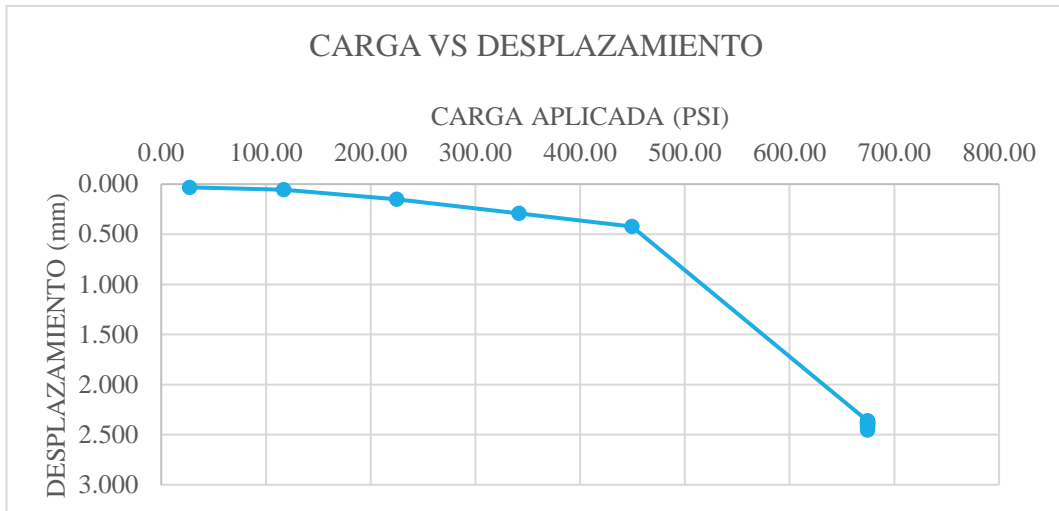


Figura 60 Comportamiento del anclaje#5 en la segunda carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

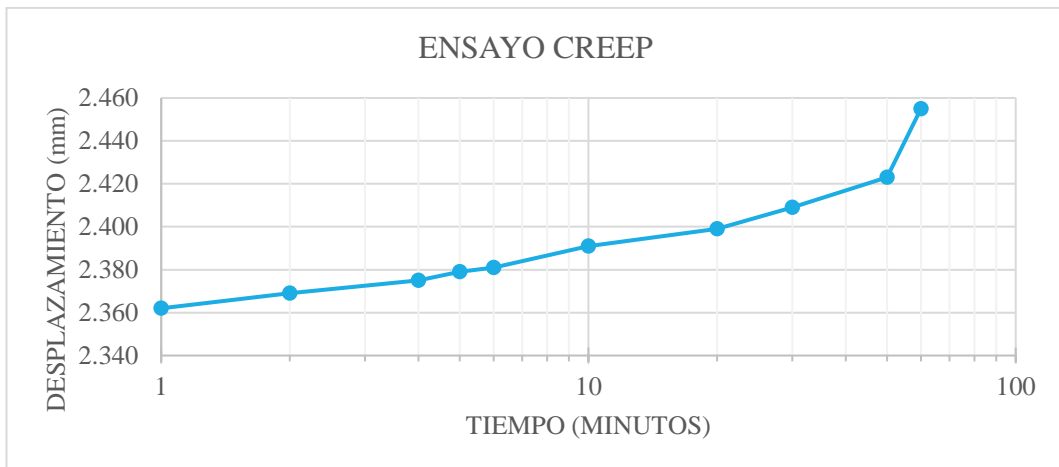


Figura 61 Ensayo creep del anclaje#5 en la segunda carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 36: *Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#5 en la segunda carga.*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.029	Pasa
6-60	2	0.074	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El quinto anclaje colocado perpendicularmente a la superficie del suelo en el segundo ensayo presenta un desplazamiento final de 2.455 mm como se indica en la tabla 35, desplazamiento inferior al obtenido en la primera carga, lo que representa que existió un grado de compactación de suelo por lo cual en la segunda carga tuvo menor asentamiento del equipo. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 60, se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 36, que resume la figura 61, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.029mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.074 mm con respecto al limitante del 2mm.

4.2.1.6. Resultados del anclaje 6

a) Primero ensayo

Al aplicar la primera carga sobre el anclaje#6 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 37: Desplazamiento de anclaje#6 de 3.5 metros de longitud, primera carga.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAYO:	03/04/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	6
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	1
FECHA DE PERFORACIÓN:	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA:	3.5 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm ²
LONGITUD NO ADHERIDA:	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN:	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	3.3 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	5.43 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD:	2100000 kg/cm ²

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	31.79	217.09	0.22		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	137.76	940.72	0.94	0:01	0.130	
13	137.76	940.72	0.94	0:10	0.143	
25	264.92	1809.07	1.81	0:01	0.505	
25	264.92	1809.07	1.81	0:10	0.539	
38	402.67	2749.79	2.75	0:01	0.870	
38	402.67	2749.79	2.75	0:10	0.881	
50	529.83	3618.14	3.62	0:01	1.190	
50	529.83	3618.14	3.62	0:10	1.203	
75	794.75	5427.21	5.43	0:01	2.749	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	794.75	5427.21	5.43	0:02	2.780	
75	794.75	5427.21	5.43	0:04	2.782	
75	794.75	5427.21	5.43	0:05	2.783	
75	794.75	5427.21	5.43	0:06	2.784	
75	794.75	5427.21	5.43	0:10	2.786	
75	794.75	5427.21	5.43	0:20	2.789	
75	794.75	5427.21	5.43	0:30	2.795	
75	794.75	5427.21	5.43	0:50	2.812	

75	794.75	5427.21	5.43	1:00	2.825	Fin prueba creep
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

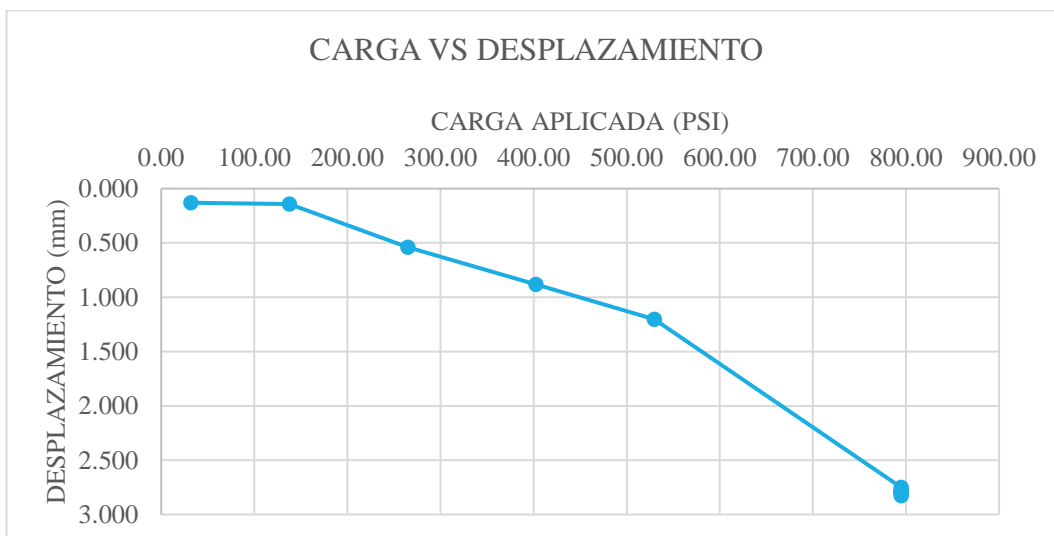


Figura 62 Comportamiento del anclaje#6 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

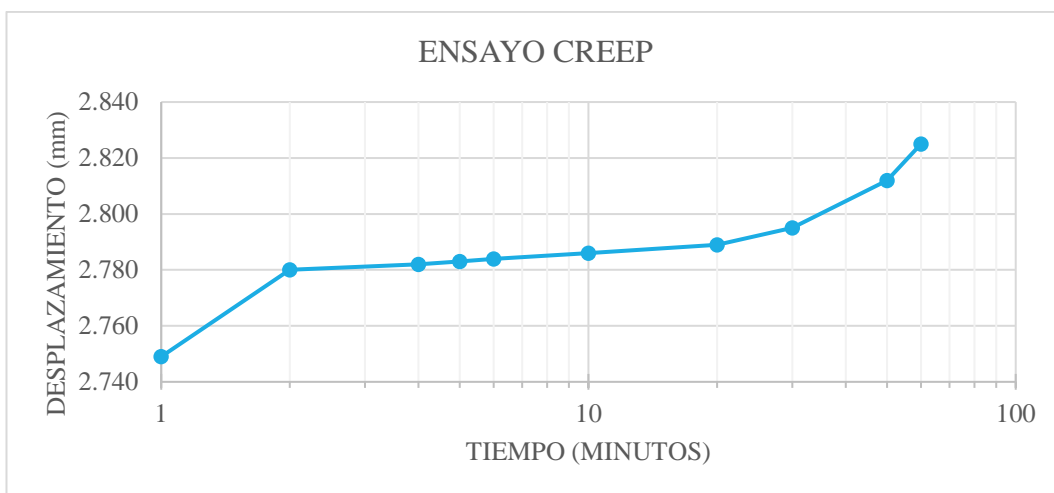


Figura 63 Ensayo creep del anclaje#6 en la primera carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 38: *Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#6 en la primera carga.*

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.037	Pasa
6-60	2	0.041	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El sexto anclaje colocado perpendicular a la superficie del suelo en la primera carga presenta un desplazamiento final de 2.825 mm como se indica en la tabla 37. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 62, se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 38, que resume la figura 63, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.037mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.041 mm con respecto al limitante del 2mm.

b)Segundo ensayo

Al aplicar la segunda carga sobre el anclaje #6 se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 39: Desplazamiento de anclaje#6 de 3.5 metros de longitud, segunda carga.

PROYECTO:	PRUEBAS DE ADHERENCIA EN ANCLAJES	FECHA DE ENSAY	03/04/2018
CONSTRUCTOR:	PAOLA SANCHO	ANCLAJE #:	6
LOCALIZACIÓN:	TECHO PROPIO- PASO LATERAL DE AMBATO	ENSAYO #:	2
FECHA DE PERFORACIÓN	12/03/2018	TIPO DE SUELO:	ARENA LIMOSA FINA
REALIZADO POR:	PAOLA SANCHO		
CONTROLADO POR:	ING.MSC.DILON MOYA		
LONGITUD DE LA BARRA	3.5 m	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	4200 kg/cm2
LONGITUD NO ADHERIDA ^a	0.2 m	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN	3 pulg.
LONGITUD ADHERIDA:	3.3 m	DIÁMETRO DE LA BARRA:	1 pulg.
		CARGA A APLICAR:	5.43 Ton
		MÓDULO DE ELASTICIDAD	2100000 kg/cm2

Carga				Tiempo transcurrido (min)	Movimiento de anclaje (mm)	Observaciones
% carga	Presión aplicada (psi)	Carga aplicada (kg)	Carga aplicada (ton)			
3	31.79	217.09	0.22		0.000	<i>Carga de alineación</i>
13	137.76	940.72	0.94	0:01	0.012	
13	137.76	940.72	0.94	0:10	0.017	
25	264.92	1809.07	1.81	0:01	0.231	
25	264.92	1809.07	1.81	0:10	0.238	
38	402.67	2749.79	2.75	0:01	0.324	
38	402.67	2749.79	2.75	0:10	0.338	
50	529.83	3618.14	3.62	0:01	0.386	
50	529.83	3618.14	3.62	0:10	0.391	
75	794.75	5427.21	5.43	0:01	1.256	<i>Inicio de prueba creep</i>
75	794.75	5427.21	5.43	0:02	1.258	
75	794.75	5427.21	5.43	0:04	1.260	
75	794.75	5427.21	5.43	0:05	1.261	
75	794.75	5427.21	5.43	0:06	1.261	
75	794.75	5427.21	5.43	0:10	1.265	
75	794.75	5427.21	5.43	0:20	1.272	
75	794.75	5427.21	5.43	0:30	1.286	
75	794.75	5427.21	5.43	0:50	1.289	
75	794.75	5427.21	5.43	1:00	1.298	<i>Fin prueba creep</i>
¿Se produjo la extracción del perno durante la prueba?					No	

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

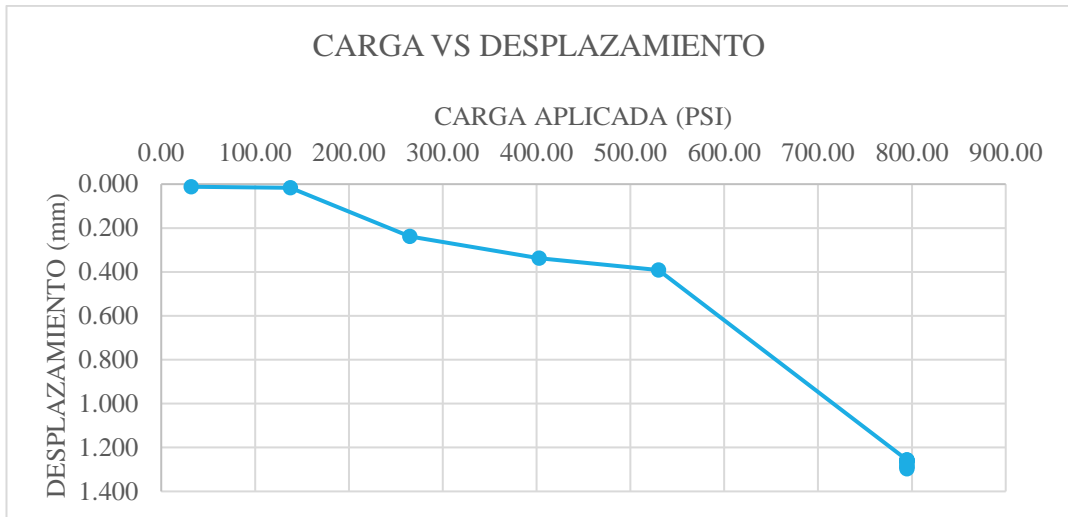


Figura 64 Comportamiento del anclaje#6 en la segunda carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora



Figura 65 Ensayo creep del anclaje#6 en la segunda carga.

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Tabla 40: Parámetros del Ensayo Creep del anclaje#6 en la segunda carga.

Aceptación de la prueba creep			
Rango de tiempo (min)	Criterio (mm)	Registro (mm)	Pasa /falla
1-10	1	0.009	Pasa
6-60	2	0.037	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

Interpretación: El sexto anclaje colocado perpendicularmente a la superficie del suelo en el segundo ensayo presenta un desplazamiento final de 1.298 mm como se indica en la tabla 39, desplazamiento inferior al obtenido en la primera carga, lo que representa que existió un grado de compactación de suelo por lo cual en la segunda carga tuvo menor asentamiento del equipo. Al no haber sido extraído con el 75% de la carga de extracción se considera que no existió la presencia de una falla, además al observar la figura 64, se aprecia que los desplazamientos van en aumento proporcionalmente conforme la carga va siendo aplicada, por tanto, al no existir un retorno en el desplazamiento se considera la no existencia de rebote.

Por último en la tabla 40, que resume la figura 65, se observa el comportamiento del anclaje ante la aplicación de una carga constante ; es decir, se evalúa el creep que tiene la estructura , la cual según los parámetros indicado en el capítulo 3, inciso 3.5.5.6, literal c), presenta un buen funcionamiento al cumplir en la primera fase del ensayo, que corresponde a los primeros 10 minutos, con un desplazamiento de 0.009mm con respecto al limitante de 1mm y cumplir en la segunda fase que corresponde del minuto 6 al 60 con un desplazamiento de 0.037 mm con respecto al limitante del 2mm.

4.3. Verificación de la hipótesis

Una vez efectuado el análisis e interpretación de los resultados se verifica la hipótesis nula (h_0), ya que la metodología permitirá efectuar ensayos de adherencia en barras de anclaje empleadas en la estabilización de taludes de suelos no cohesivos si es que se considera todos los parámetros antes descritos.

Como se puede observar en la Tabla 41, se presenta el resumen de los resultados obtenidos en todos los ensayos efectuados a las barras de anclaje instaladas para la ejecución de este proyecto, el indicador de no existencia de rebote en ningún ensayo confirma que empleando la viga de soporte y la metodología detallada se puede efectuar ensayos de adherencia en anclajes colocados en suelos no cohesivos.

Tabla 41: Resumen de resultados obtenidos de ensayo de adherencia en pernos de anclaje

Resumen de resultados de los ensayos												
Anclaje #	1		2		3		4		5		6	
Longitud total del anclaje (m)	3		3		2		6		3		3.5	
Longitud de bulbo(m)	2.8		2.8		1.8		5.8		2.8		3.3	
Longitud no adherida (m)	0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2	
Diámetro de perforación (pulg.)	3		3		3		3		3		3	
Diámetro de la barra (pulg.)	1		1		1		1		1		1	
Ensayo #	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Desplazamiento Final (mm)	3.07	1.251	1.334	1.01	5.459	0.435	2.421		6.456	2.455	2.825	1.298
Extracción antes 75% carga	No	No	No	No	No	No	Si	-	No	No	No	No
Existe Rebote	No	No	No	No	No	No	-	-	No	No	No	No
Creep minuto 1-10 (mm)	0.18	0.007	0.12	0.01	0.038	0.038	-	-	0.094	0.029	0.037	0.009
Pasa/Falla	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	-	-	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Creep minuto 6-60 (mm)	0.215	0.016	0.234	0.052	0.043	0.049	-	-	0.613	0.074	0.041	0.037
Pasa/Falla	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	-	-	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa

Fuente: Monica Paola Sancho Solano, Autora

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que la resistencia al deslizamiento de un anclaje puede estar en función de los siguientes parámetros que son: el diámetro del agujero de perforación, el diámetro de la barra, la longitud de bulbo o longitud de anclaje y la adherencia, éste último como se ha indicado en la tabla 9 del capítulo 3, inciso 3.5.5.1, se encuentra regido por dos factores que son tipo de perforación empleado en el procedimiento constructivo del anclaje y el tipo de suelo en el que se instala, con todos estos criterios se puede determinar la carga mínima que debe soportar la estructura de anclaje antes de ser extraída y pierda su funcionalidad, valor que es calculado con la ecuación (5) del capítulo 3, inciso 3.5.5.1, literal e), y equivale al 75% de la carga de extracción.
- Se ensambló un equipo para efectuar ensayos de deslizamiento en barras de anclaje instaladas en suelos no cohesivos, el mismo que consta de tres subsistemas básicos: un dispositivo de extracción por deslizamiento, un sistema de carga y un sistema de medición de carga como lo especifica la norma ASTM C900-15, como que se encuentra detallado en el capítulo 3, inciso 3.5.4, adicionalmente se diseñó una base de reacción la cual servirá de soporte al equipo y evitará que se generen rebotes durante el ensayo.
- Se ensayó una muestra de 6 barras de anclaje colocadas en el Paso Lateral de Ambato con fines experimentales, en las abscisas 3+600 y 3+650, de las cuales se obtuvieron resultados y conocimientos que permitieron desarrollar la presente metodología de forma más completa y precisa con todas las observaciones y variables que se pueden presentar durante el ensayo.

- Se demostró que la metodología desarrollada en el presente proyecto, al ser aplicada tomando en consideración todo el procedimiento y observaciones efectuadas, permite ensayar barras de anclaje instaladas en suelos no cohesivos para obtener resultados veraces sobre el estado y grado funcionamiento que presentan estas estructuras.
- Se observó durante las pruebas previas al ensayo que, al aplicar la carga, el suelo llega a un punto en el que se asienta repentinamente, haciendo que se produzca un rebote en el desplazamiento y pérdida de fuerza y presión del equipo, efecto que se logró reducir y evitar, dándole una carga inicial de asentamiento al anclaje correspondiente al 25% de la carga de extracción como se indica en el paso 13 del procedimiento detallado en el inciso 3.5.5.4, capítulo 3.
- Se concluyó que influye de manera significativa el procedimiento constructivo que se emplea para la instalación de los anclajes, sobre su resistencia al deslizamiento y su correcto funcionamiento, debido a que al utilizar un procedimiento de inyección no normado, condujo a que se produjera una falla en la lechada, detallada en el inciso 3.5.5.5, literal b, como se mostró en el ensayo del anclaje#4 de 6 metros de longitud, donde una de las probables causas de su extracción durante el ensayo fue que al emplear es sistema de inyección por gravedad, la barra en su longitud de bulbo no estuvo completamente embebida en lechada , razón por la cual al aplicarle el 64% de carga esta estructura falló.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda verificar que el pedestal que sirve de apoyo a la base magnética del reloj comparador se encuentre bien fijo en el suelo, para evitar que ocurran desplazamientos adicionales y se obtenga resultados erróneos.
- Se recomienda efectuar el proceso de carga una vez por anclaje, ya que en el presente proyecto se efectuó dos cargas por anclaje por motivos experimentales.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía

- [1] M.Junaideen, "Laboratory study of soil-nail interaction in loose, completely decomposed granite," *Canadian Geotechnical Journal*, p. 274, 2004.
- [2] W.Zhou, "Finite element modelling of pullout testing on a soil nail in a pullout box under different overburden and grouting pressures," *Can. Geotech*, vol. 48, 2011.
- [3] J. Wu, *Effect of Wetting on the Pullout Resistance of Grounted Soil Nails*, Taiwan: Universidad de Chung Hua, 2012.
- [4] S.Montoya, "gidahatari," 17 Septiembre 2013. [En línea]. Available: <http://gidahatari.com/ih-es/estabilidad-de-taludes-deslizamientos-de-tierra-causas..> [Último acceso: 22 10 2017].
- [5] R. Ucar Navarro, "Manual de Anclajes en Obras de Tierras," Venezuela, Universidad de los Andes-Mérida, 2002, p. 214.
- [6] A. Burgos, "Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera," Enero 2001. [En línea]. [Último acceso: 22 octubre 2017].
- [7] C. Lazarte, *Soil Nail Walls - Reference Manual*, U.S: National Highway Institute,U.S. Department of Transportation,Federal Highway Administration, Washington, DC 20590, 2015, p. 425.
- [8] B. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta Edición ed., México: Cengage Learning, 2015.
- [9] L. Bañón, *Manual de Carreteras*, Alicante: Universidad de Alicante, 2000.
- [10] E. Juárez Badillo, *Mecánica de Suelos*, México: LIMUSA, 2005.

- [11] J. Chávez, Geotecnia, México: Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil, 2006.
- [12] J. Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998.
- [13] A. Guzmán , “Anclajes Inyectados Postensados,” *BIT La Revista Técnica de la Construcción*, vol. 30, p. 87, 2003.
- [14] A. Muñoz, Manual de proceso de diseño y construcción de muros anclados de concreto lanzado, Quito: Escuel Politécnica Nacional, 2011.
- [15] Indigo Construcciones, “Anclajes Activos y Pasivos,” [En línea]. Available: <http://www.indigoconstrucciones.com/anclajes-activos-y-pasivos-pernos/>. [Último acceso: 22 febrero 2018].
- [16] P. Terratest, “Anclajes Postensados,” AENOR, Chile.
- [17] D. Systems, “Catálogo de Productos para Minería y Túneles,” *División de Minas y Túneles*, p. 101, 2007.
- [18] J. Suárez, “Deslizamientos - Tecnicas de Remediación,” Bucaramanga, 2013, p. 451.
- [19] D. Systems, “DYWIDAG Soil Nail,” *DYWIDAG Soil Nail*, p. 16, 2013.
- [20] A. Prashant, SOIL NAILING FOR STABILIZATION OF STEEP SLOPES NEAR RAILWAY TRACKS, Kanpur: RDSO, 2010.
- [21] A. Cadden, “Hollow Bar Soil Nails-Pullout Test Program,” Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division, West Chester, 2010.
- [22] “Tras 17 años de obras, el Paso Lateral de Ambato esta listo,” *El Telégrafo*, 28 Enero 2017.

- [23] J.Morales, “Ministerio de Transporte y Obras Públicas,” 2013. [En línea]. Available: <http://www.obraspublicas.gob.ec/estabilizacion-de-taludes-del-paso-lateral-de-ambato-tiene-96-de-avance-fisico/>.
- [24] F. Ecuador, “Foros Ecuador,” [En línea]. Available: <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/11390-mapa-pol%C3%ADtico-del-ecuador-con-sus-provincias-y-capitales-actualizado>. [Último acceso: 13 abril 2018].
- [25] “PDA Pilahuin,” 17 agosto 2009. [En línea]. Available: <http://www.derecho-ambiental.org/PDA-Pilahuin/Mapas-PDA-Pilahuin.html>. [Último acceso: 04 abril 2018].
- [26] ASTM, “ASTM C900-15,” 2015, p. 10.
- [27] J. Byrne, Manual for Design and Construction Monitoring of Soil Nail Walls, Washington, DC 20590: National Highway Institute, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1999.
- [28] I. Juran, “GROUND ANCHORS AND SOIL NAILS IN RETAINING STRUCTURES,” Foundation Engineering Handbook, Brooklyn, 1991.
- [29] J. Ripoll, “ANCLAJES AL TERRENO INSTRUMENTADOS EN PROFUNDIDAD,” Asociación Científico - Técnica de Hormigón Estructural (ACHE), Barcelona, 2011.
- [30] Enerpac, “ENERPAC,” 2013. [En línea]. Available: <https://www.enerpac.com/es/hidraulica-basica>. [Último acceso: 11 abril 2018].
- [31] “Wikipedia,” MediaWiki, 16 Abril 2017. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Tungurahua#Demograf.C3.ADA.

2. Anexos

2.1. Anexos fotográficos



Diámetro del barreno de perforación



Perforación del agujero del anclaje



Ubicación de la barra en el agujero



Ensayo sin placas de soporte en banco de pruebas



Ensayo con placas de soporte, colocadas una al lado de la otra en banco de pruebas.



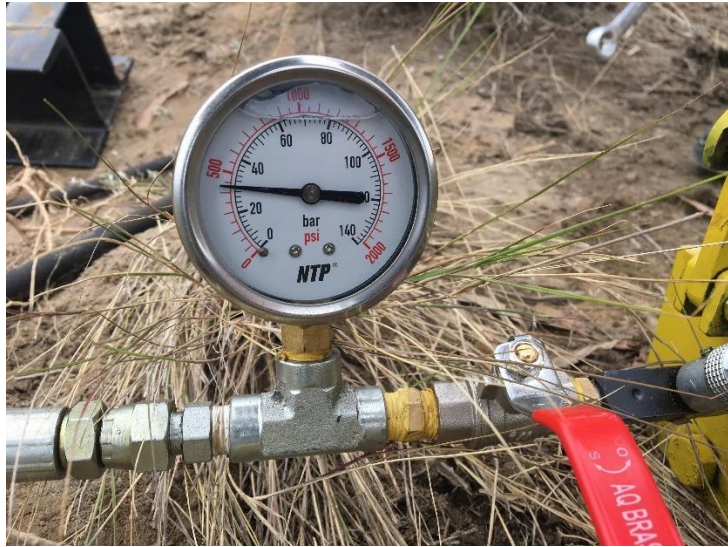
Ubicando las placas una sobre otra en banco de pruebas



Ensayando en banco de pruebas con las placas una sobre otra



Abriendo Tornillo de purga



Lectura del manómetro



Lectura de reloj comparador

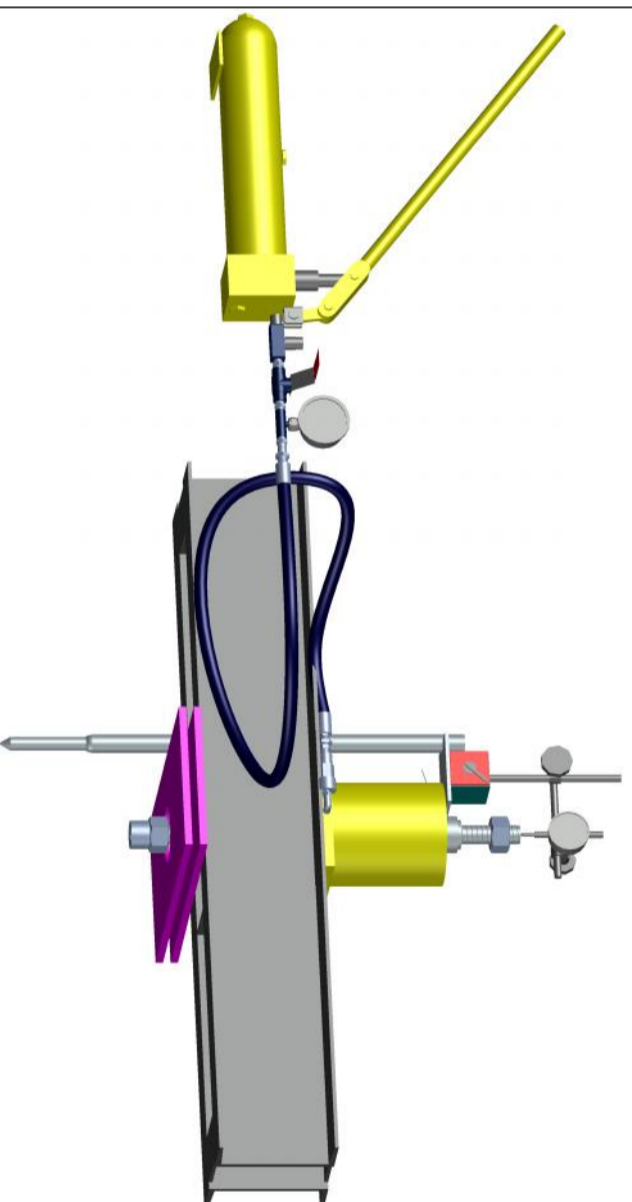
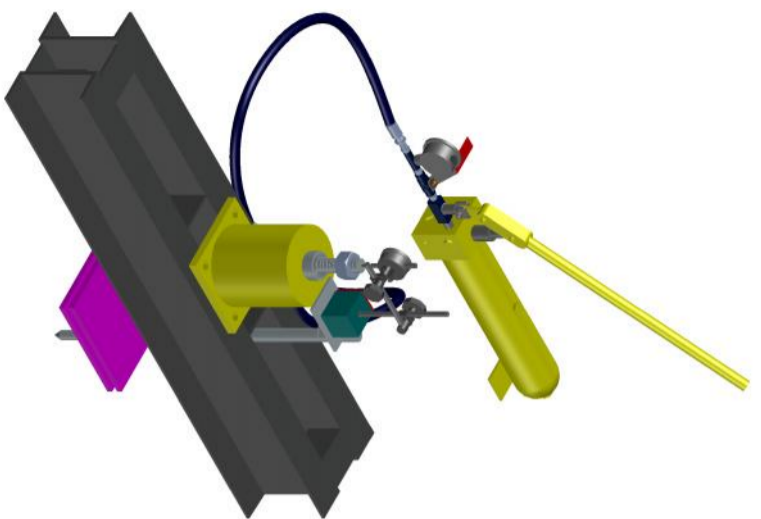
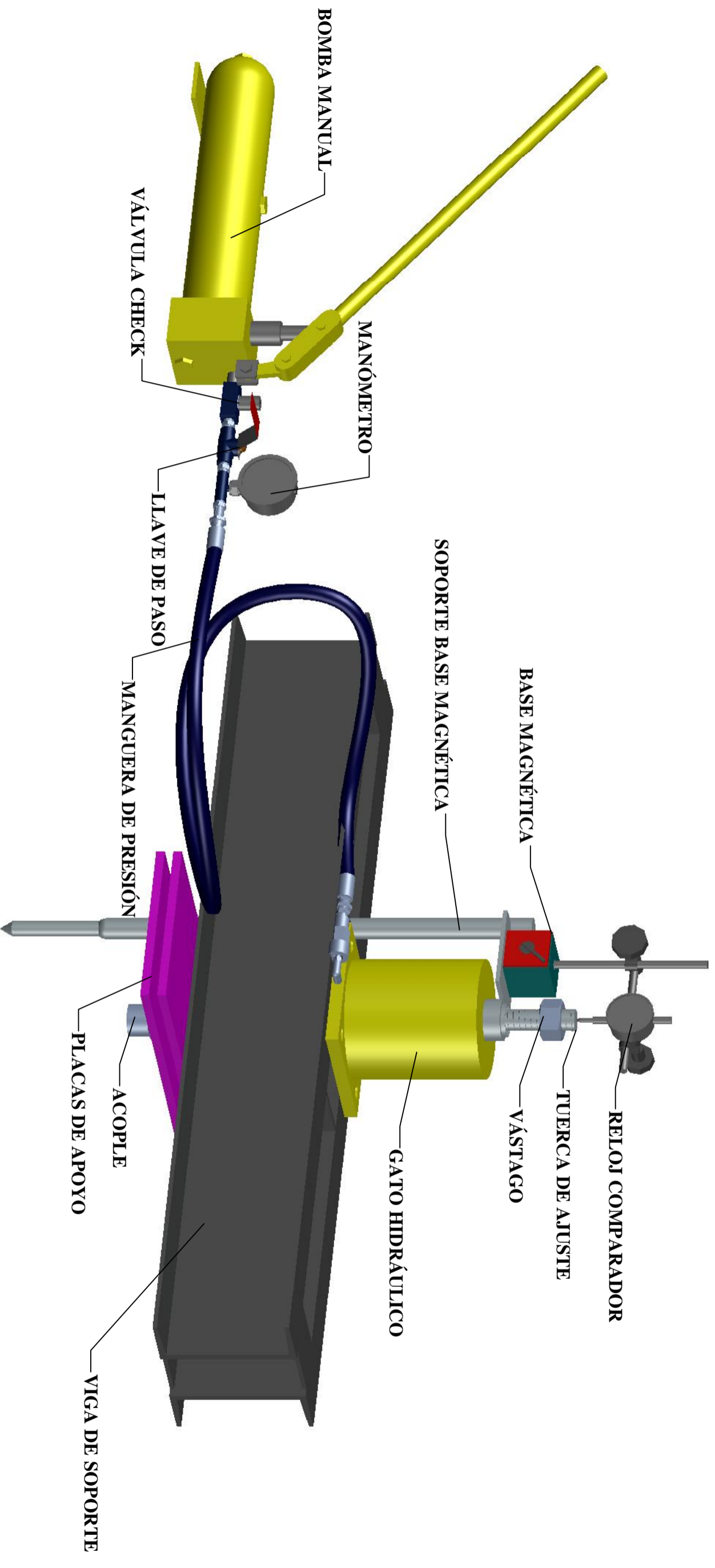




Visita técnica tutor de tesis

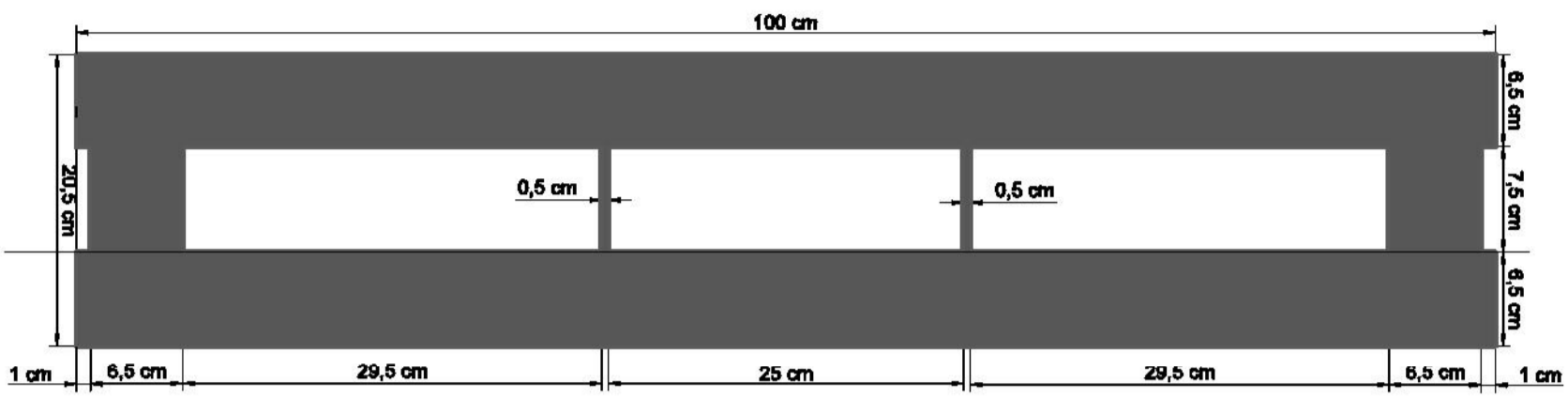
2.2. Esquema del equipo

2.3. Viga de soporte

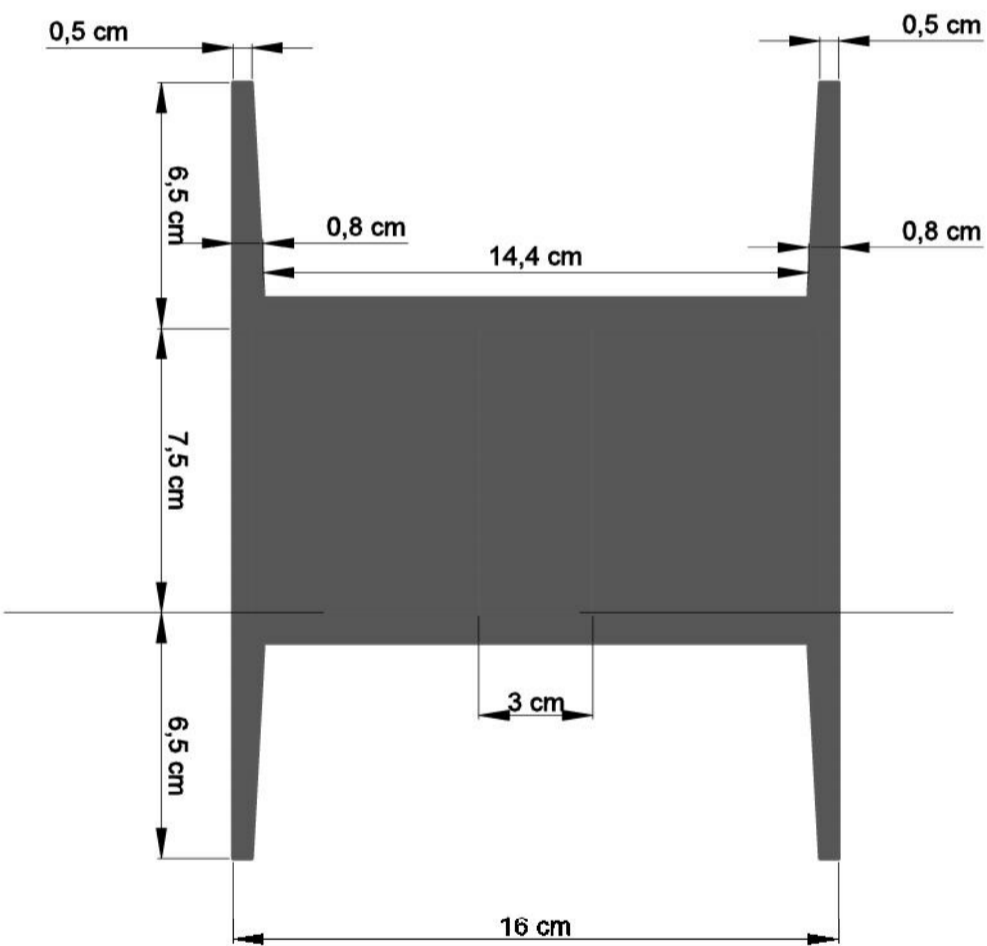
2.4. Partes del equipo



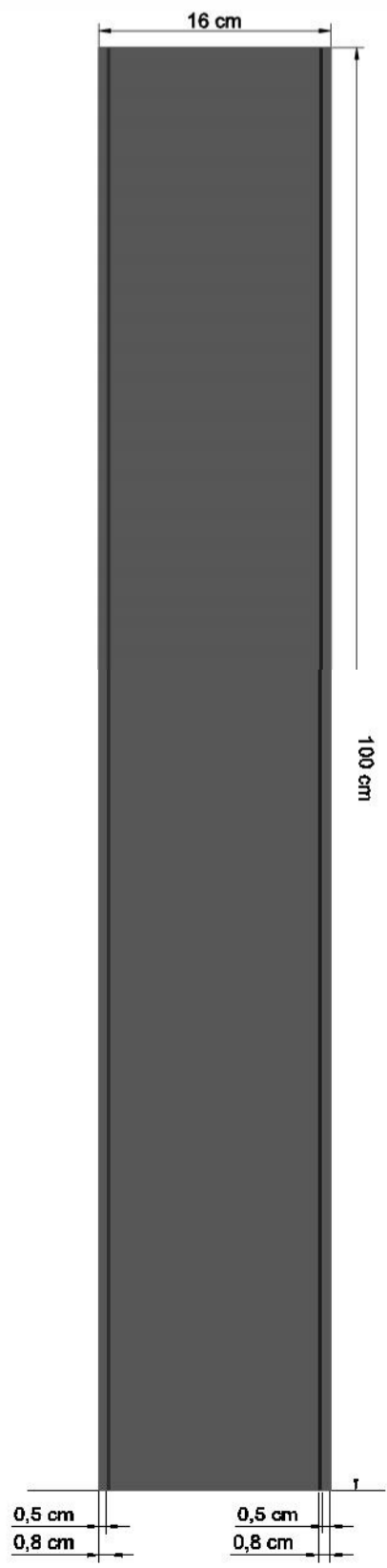
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMATO		 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
EQUIPO DE ENSAYO DE ADHERENCIA			
AUTOR:	PAOLA SANCHEZ	TEMA:	METODOLOGIA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPUZADAS PARA LA ESTABILIZACION DE TALUDS EN SUELOS NO COHESIVOS?
TUTOR:	ING. DILON MOYA	FECHA:	08/04/2018
CARRERA:	INGENIERIA CIVIL	HOJA No:	1 DE 3



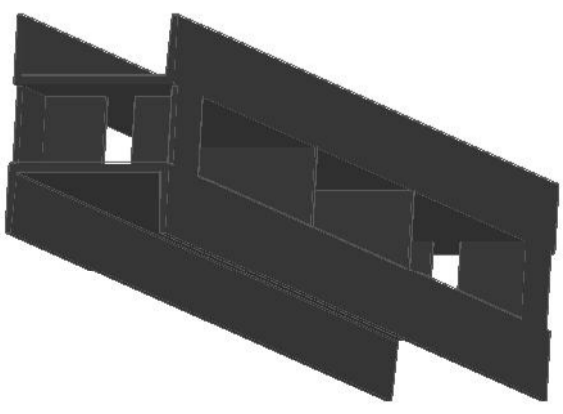
ESC: 1:5





ESC: 1:2

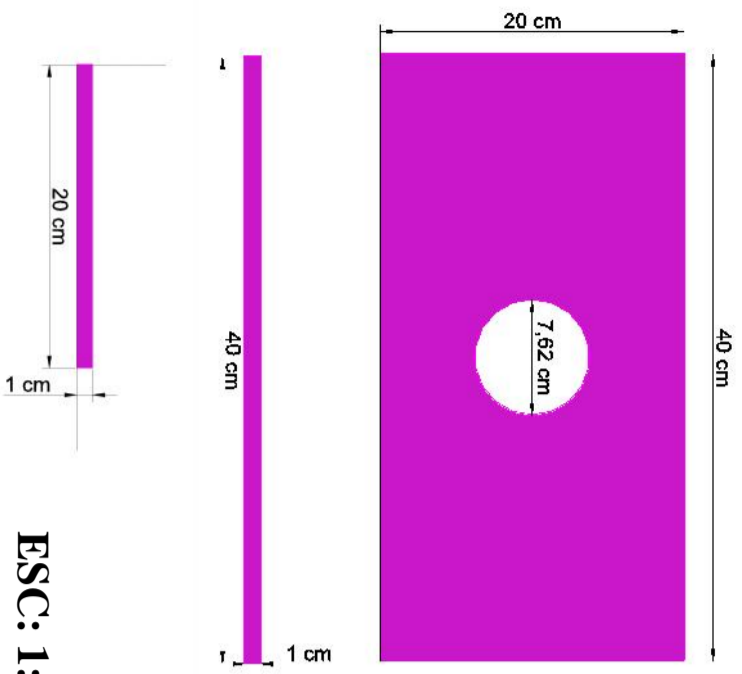


ESC: 1:5



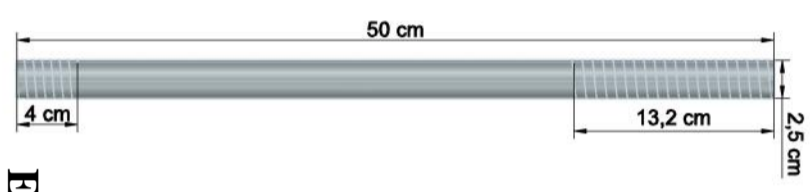
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMALITO		 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
VIGA DE SOPORTE			
AUTOR:	PAOLA SANCHEZ	TEMA:	METODOLOGIA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE ENTERRADAS PARA LA ESTABILIZACION DE TALUDS EN SUELOS NO COHESIVOS?
TITULO:	ING. DILON MOYA	FECHA:	08/04/2018
CARRERA:	INGENIERIA CIVIL	FOIA No:	2 DE 3

PLACAS DE SOPORTE



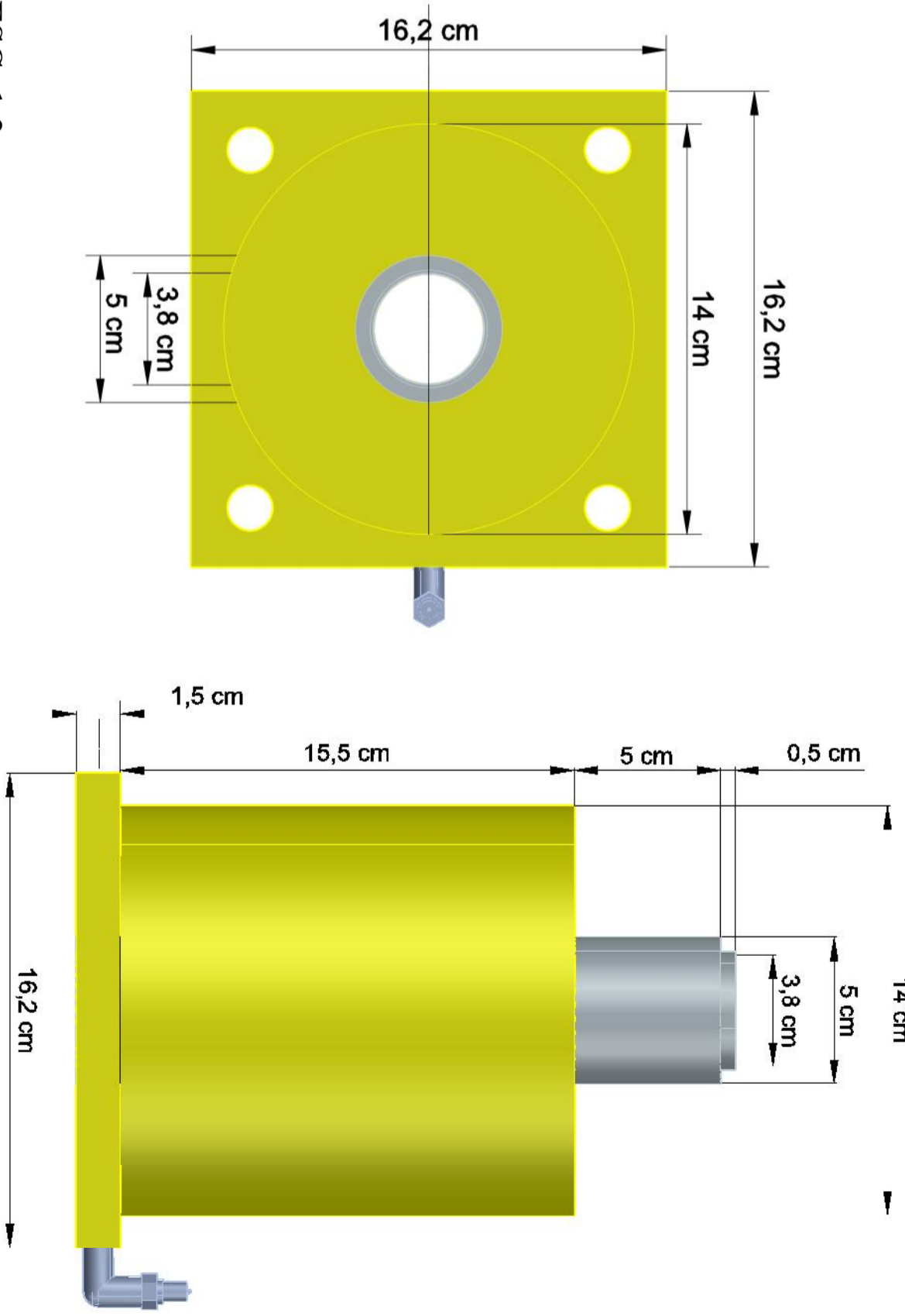
ESC: 1:5

VÁSTAGO



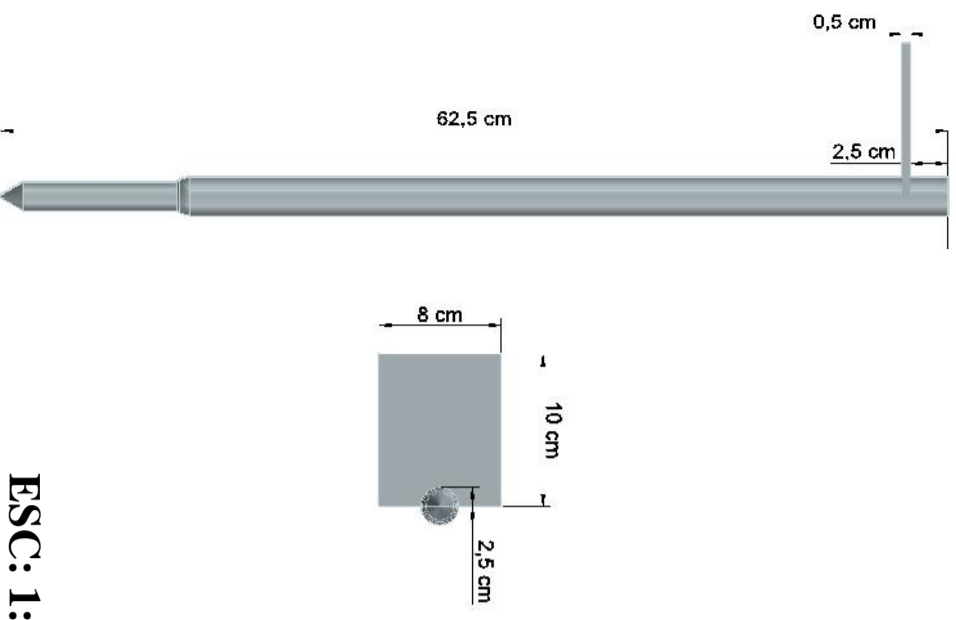
ESC: 1:5

GATO HIDRÁULICO



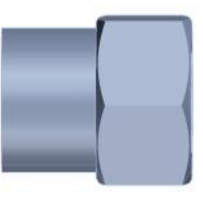
ESC: 1:5

SOPORTE DE BASE MAGNÉTICA



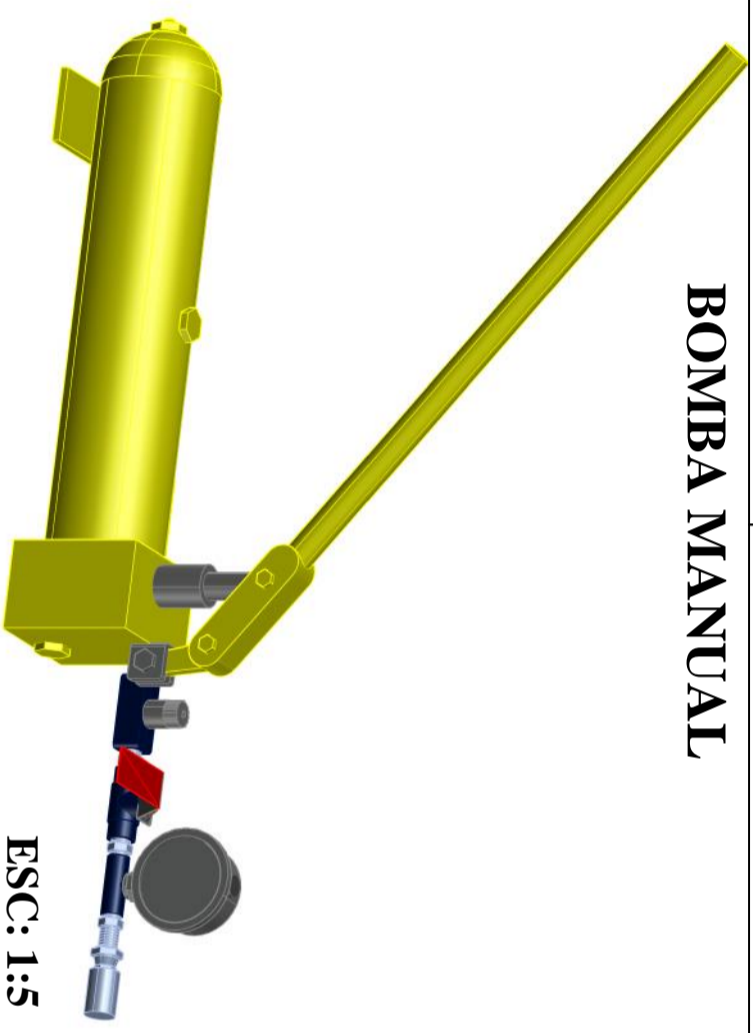
ESC: 1:5

ACOUPLE



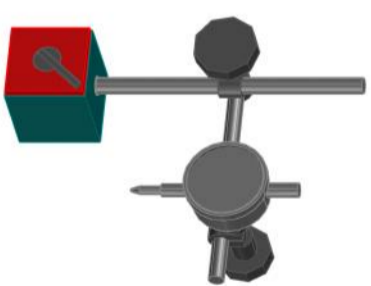
ESC: 1:2

BOMBA MANUAL



ESC: 1:5

BASE MAGNÉTICA



ESC: 1:5

MANGUERA



ESC: 1:5

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE AMATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		PARTES DEL EQUIPO	
AUTOR:	PAOLA SANCHEZ	ESPECIALIDAD:	ESPECIALIZADA
TÍTULO:	ING. DILON MOYA	FECHA:	08/04/2018
CARRERA:	INGENIERÍA CIVIL	TEMA: "METODOLOGÍA PARA EFECTUAR ENSAYOS DE ADHERENCIA EN BARRAS DE ANCLAJE EMPUZADAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDS EN SUELOS NO COHESIVOS"	
ESCALA: 3 DE 3			