

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS DEL PROYECTO
CONJUNTO RESIDENCIAL “EL MIRADOR LAS PALMAS” SANTIAGO
DE SURCO – LIMA, 2016.**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
ELVIS DAVID JORDÁN GUEVARA**

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

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a la Escuela de Ingeniería del Ejército del Perú, institución que nos brindó los conocimientos que permitirán potenciar nuestro pensamiento crítico y creativo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Principio Rector de la Existencia, Conciencia Divina y Sabiduría Absoluta. Y a mis padres, por el apoyo incondicional y permanente, por su aliento sincero y ser la motivación de mi esfuerzo y sacrificio.

RESUMEN

La presente tesis tiene por finalidad describir el proceso constructivo de la cimentación horizontal y el uso de taludes postensados en la excavación de sótanos en el Proyecto Conjunto Residencial “El Mirador las Palmas” ejecutado el 2015 en el Distrito de Surco – Lima.

El estudio parte haciendo una breve introducción en donde se describe la normativa vigente y la obra en estudio. Esta obra cuenta con diez niveles de los cuales ocho niveles son para vivienda y dos son para sótanos destinados a estacionamientos; la estabilización de taludes, inicialmente estuvo diseñado para que se realice mediante el sistema de Calzaduras, sin embargo, se realizó mediante Muros Anclados, los aportes del proceso constructivo podrán ser tomados en cuenta para obras de similares características (similar granulometría y cohesión). Para el diseño de los sostenimientos, se consideró que el empuje de un suelo es mayor, si el ángulo de fricción interna es menor y si no tiene cohesión. En este caso específico, el tipo de suelo se presentó como gravoso en matriz granular y moderada compacidad, lo cual facilita la adopción de muro y anclajes postensados. Sin embargo, se tuvo que eliminar toda presencia de agua en los suelos, inclusive la humedad del medio ambiente; por cuanto, ello disminuiría la cohesión de los mismos.

En consecuencia, el muro perimetral se anclo con cables de acuerdo al diseño planteado, siendo este anclaje de carácter activo y provisional, esto debido a que dejarán de estar en carga cuando la estructura de los sótanos esté construida (columnas, placas, vigas y losas de techos de los sótanos).

Palabras clave: Anclajes postensados.

ABSTRACT

This thesis is to describe the stabilization of slopes by anchors prestressed in the excavation of basements in the Residential Complex Project "El Mirador las Palmas" executed in 2015 in the District of Surco - Lima.

The study starts with a brief introduction where current regulations and study the work described. This work has ten levels which are 08 levels for housing and two are for basements for parking; slope stabilization, initially was designed to be performed by the system Calzaduras, however, Consortium Las Palmas (Constructor) presented a technical dossier referred to in slope stabilization will be achieved through Anchored Walls. For the design of the roof supports, it was considered that the thrust of a soil is higher, if the angle of internal friction is lower and if you have no cohesion. In this specific case, the type of soil present as burdensome and moderate compactness granular matrix, which facilitates the adoption of wall and post-tensioned anchors. However, it had to eliminate any presence of water in the soil, including moisture; because, it would diminish the cohesion thereof. On the other hand, the design considered the adoption of tolerances coberturaron minimum displacements during the construction process.

Accordingly, the perimeter wall anchored with cables according to the proposed design, which is anchoring active and provisional character, that because they cease to be in charge when the structure of the basement this built (columns, plates, beams and slabs of basement ceilings).

Keywords: Post-tensioned anchors.

INTRODUCCIÓN

Estos últimos años, el Perú viene experimentando un crecimiento vertical acelerado, debido al crecimiento económico y la reducida disponibilidad de áreas libres en zonas residenciales. Por lo que, la construcción de edificaciones para viviendas, es un importante rubro económico para las empresas constructoras.

Por otro lado, los parámetros urbanísticos de las municipalidades de Lima, obligan a los proyectistas a que consideren una determinada cantidad de estacionamientos para las viviendas en edificaciones; es por este motivo que la mayoría de los diseñadores han optado incluir en sus proyectos sótanos destinados para este fin.

Un problema importante en la construcción de edificaciones con sótanos, es la ejecución de excavaciones masivas verticales en terrenos que tienen linderos colindantes con otras edificaciones existentes. En la presente tesis, se describe detalladamente el diseño y procedimiento constructivo empleando muros anclados en el Proyecto Conjunto Residencial “El Mirador de las Palmas”.

Con la presente tesis se comprobó que la estabilización de taludes mediante es sistema de anclajes postensados en la excavación de dos (02) sótanos para estacionamientos, en el Proyecto Conjunto Residencial “El Mirador de las Palmas” es mucho más económico, seguro y rápido que el diseñado inicialmente por el sistema de Calzaduras; además se utilizó tecnología más adelantada; por resumir, se empleó una máquina perforadora, una inyectora, una tensadora y un grupo electrógeno.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
CAPÍTULO I: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y GENERALIDADES DEL PROYECTO	
1.1 Planteamiento del problema	01
1.2 Formulación del problema	02
1.2.1 Problema principal	02
1.2.2 Problemas secundarios	03
1.3 Justificación de la investigación	03
1.4 Ubicación del proyecto	03
1.5 Alcance	04
1.6 Objetivo	04
1.6.1 Objetivo general	04
1.6.2 Objetivos específicos	05
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes del Problema	06
2.1.1 Antecedentes nacionales	06
2.1.2 Antecedentes internacionales	09
2.2 Conceptualización de Muros Anclados	11
2.2.1 Muros anclados	11
2.2.2 Pantallas	15
2.2.3 Anclajes	16
2.2.4 Tipos de anclajes postensados	17
2.2.5 Componentes de los anclajes postensados	21

2.2.6	Modos de rotura	25
2.2.7	Longitud de los anclajes	25
2.2.8	Presión lateral en un sistema de muros anclados	26
2.3	Procedimiento constructivo	27
2.3.1	Movimiento de tierra o excavación	28
2.3.2	Perforación	29
2.3.3	Instalación del anclaje, llenado e inyección de lechada	30
2.3.4	Encofrado y vaciado de concreto del muro	30
2.3.5	Tesado del anclaje	31
2.4	Definición de términos básicos	33
2.5	Marco Normativo	37
CAPÍTULO III: ETAPAS DE LA CONSTRUCCIÓN		
3.1	Trazo y control de nivel	38
3.2	Excavación masiva	38
3.3	Excavación de Plataforma Nº 1	41
3.4	Perforación e introducción de cables e inyección	42
3.4.1	Trazo de paños para la ubicación de la máquina.	42
3.4.2	Perforación para anclajes	45
3.4.3	Inducción de anclaje	54
3.4.4	Inyección de lechada	56
3.5	Excavación en banqueteta, colocación de armadura y tensado de anclajes	59
3.5.1	Excavación de banquetetas	59
3.5.2	Perfilado de la banqueteta	59
3.5.3	Colocación de armadura del muro y refuerzo	62
3.5.4	Encofrado de la estructura del muro	63
3.5.5	Vaciado de muro	64
3.5.6	Tensado de anclajes de cables	66
3.5.7	Excavación perimétrica	67
3.5.8	Excavación de cimentación	68
3.6	Maquinaria y equipos empleados	70
3.6.1	Maquinaria para perforación	70

3.6.2	Maquinaria para inyección de lechada	72
3.6.3	Maquinaria para vaciado de muro	73
3.6.4	Maquinaria para tensado de cable	74

CAPÍTULO IV: PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

4.1	Generalidades	77
4.2	Análisis de las lecciones aprendidas	78
4.2.1	Hecho suscitado	78
4.2.2	Causa	79
4.2.3	Lecciones aprendidas	79
4.3	Análisis de riesgos	79
4.3.1	Detección de la vulnerabilidades	80
4.3.2	Determinación de riesgo	81
4.3.3	Recomendaciones	82
4.4	Visión de PREVAC	82
4.5	Integración	82
4.6	Lista de chequeo	85
4.7	Medidas de seguridad actualizadas	88

CAPÍTULO V: HIPÓTESIS

5.1	Hipótesis general	90
5.2	Hipótesis específicas	90
5.3	Variables	90
5.4	Recopilación e información existente	90
5.5	Medición y observación	91
5.5.1	Informe semanal de avance e obra	91
5.5.2	Análisis de la guía de la entrevista	97
5.6	Condiciones presentes en campo y consideraciones de diseño	105
5.6.1	Homogeneidad	105
5.6.2	Sobrecarga	106
5.6.3	Resurgencia	106
5.6.4	Posicionamiento	106

CAPÍTULO VI: METODOLOGÍA

6.1	Método de la investigación	107
6.2	Tipo de la investigación	107
6.3	Diseño de la investigación	107
6.4	Población y muestra	107
6.5	Técnicas de recolección de datos	110
6.6	Instrumentos	110

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

7.1	Conclusiones	111
-----	--------------	-----

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

7.1	Recomendaciones	112
-----	-----------------	-----

	BIBLIOGRAFÍA	113
--	--------------	-----

ANEXOS

	Anexo 1. Informe semanal de avance de obra	
	Anexo 2. Guía de entrevista a profesionales competentes	
	Anexo 3. Matriz de consistencia	
	Anexo 4. Diseño de un anclaje	
	Anexo 5. Panel Fotográfico	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 001: Nomenclatura de los anclajes	20
Tabla N° 002: Identificación de riesgos	82
Tabla N° 003: Integración de riesgos	83
Tabla N° 004: Clasificación de riesgos	84
Tabla N° 005: Lista de chequeo	87
Tabla N° 006: Medidas de seguridad actualizadas	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 001: Estructuras ancladas.	13
Figura N° 002: Mecanismo de trabajo de los anclajes Postensados en la contención de taludes resultante de excavación.	14
Figura N° 003 Tipos de muros pantalla	15
Figura N° 004: Partes del anclaje.	16
Figura N° 005: Croquis de un anclaje permanente	18
Figura N° 006: Croquis de un anclaje provisional	18
Figura N° 007: Clases de anclajes activos en función al tipo de Inyección de lechada de cemento del bulbo	19
Figura N° 008: Cabezal	21
Figura N° 009: Componentes típicos de un anclaje de cables	22
Figura N° 010: Modos de rotura de un muro	25
Figura N° 011: Descripción de la superficie de falla crítica	25
Figura N° 012: Descripción de la superficie de falla crítica (modelo)	26
Figura N° 013: Naturaleza de la presión lateral de la tierra	27
Figura N° 014: Movimiento de tierra para habilitar área de perforación	28
Figura N° 015: Perforación de anclajes	29
Figura N° 016: Instalación de anclajes	30
Figura N° 017: Encofrado	31
Figura N° 018: Tensionamiento	32
Figura N° 019: Trazo y sectorización	38
Figura N° 020: Tramos de excavación masiva	39
Figura N° 021: Excavación masiva, bermas de seguridad	39
Figura N° 022: Excavación masiva	40
Figura N° 023: Contrafuerte de terreno natural	42
Figura N° 024: Trazado de paños para perfilado	43
Figura N° 025: Trazado de paños para muros anclados	44
Figura N° 026: Trazado de puntos de perforación para muros anclados	44
Figura N° 027: Armado del CASING	45
Figura N° 028: Colocación de espuma y lubricantes	46
Figura N° 029: Ubicación de la máquina para medir el ángulo	47

Figura N° 030: Medición de ángulo	47
Figura N° 031: Tolerancias para mitigar el desplazamiento I	49
Figura N° 032: Tolerancias para mitigar el desplazamiento II	50
Figura N° 033: Cuadro de factores de seguridad	51
Figura N° 034: Perforación	53
Figura N° 035: Retiro del taladro	53
Figura N° 036: Verificación del bulbo	55
Figura N° 037: Inducción del anclaje	56
Figura N° 038: Planta de inducción de concreto	58
Figura N° 039: Inducción de concreto finalizado	58
Figura N° 040: Configuración de banquetas	59
Figura N° 041: Excavación de banquetas	60
Figura N° 042: Desarrollo del trabajo en banquetas alternadas	61
Figura N° 043: Perfilado de banquetas, lechada de concreto y perfilado para el refuerzo	61
Figura N° 044: Colocación de la armadura del fierro.	62
Figura N° 045: Refuerzo del punto de anclaje	63
Figura N° 046: Encofrado del muro anclado	64
Figura N° 047: Vaciado del muro anclado	65
Figura N° 048: Muro anclado en fragua rápida (3 días)	65
Figura N° 049: Pilotes para las pruebas a la compresión de los muros Anclados.	66
Figura N° 050: Tensado de anclaje con gata hidráulica	67
Figura N° 051: Diseño de trabajo en anillos inferiores	68
Figura N° 052: Segmento común en anillos inferiores	69
Figura N° 053: Tipos de zapatas para columnas	69
Figura N° 054: Cimiento para muros anclados	70
Figura N° 055: Empleo de la perforadora autopropulsada	71
Figura N° 056: Algunos equipos de perforación	71
Figura N° 057: Compresora empleada	72
Figura N° 058 Equipo de inyección de lechada	73
Figura N° 059: Central de inyección (bomba y unidad hidráulica)	73
Figura N° 060: Autobomba de concreto premezclado	74

Figura N° 061: Equipos de tesado (Gato hidráulico)	75
Figura N° 062: Tensado del cable	76
Figura N° 063: Pasos para prevenir un accidente	87
Figura N° 064: Falla por sifonamiento	90
Figura N° 065: Matriz de valoración de riesgos	92
Figura N° 066: Denominación de la matriz de valoración de riesgos	93
Figura N° 067: Problemas que se presentaron con más frecuencias	97
Figura N° 068: Orden de los trabajos más críticos	98
Figura N° 069: Medidas para optimizar el tesado del cable	99
Figura N° 070: Medidas para optimizar la fragua del concreto	100
Figura N° 071: Riesgos más frecuentes	101
Figura N° 072: Existencia de derrumbes en muros anclados	102
Figura N° 073: Rotura del concreto durante el tesado	103
Figura N° 074: Existencia de sobrecostos	104
Figura N° 075: Existencia de accidentes laborales	105
Figura N° 076: Unidad de análisis.	109

CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en Agosto del 2015, el Sector Construcción incremento el 4.78%, alcanzando la tasa más alta del 2015. Este comportamiento positivo se explica por el crecimiento del consumo interno de cemento (3.52%) y el mayor gasto en inversión de obras públicas (9.60%).

El Perú viene experimentando un crecimiento vertical relativamente acelerado, debido a la demanda de sus habitantes y a la reducida disponibilidad de áreas libres en zonas residenciales; por otro lado, la construcción de edificaciones elevadas enmarcadas con los requerimientos municipales implica disponer de mayores espacios destinados para uso de estacionamientos vehiculares, retiros, entre otros.

En consecuencia, los diseñadores tienen que proyectar estructuras e incluir en sus diseños un cierto número de sótanos para cubrir estas necesidades, implicando mayores profundidades de excavación. La excavación para sótanos requiere de un minucioso estudio de estabilidad del terreno, el cual debe considerar elementos de soporte lateral que eviten el colapso del suelo, daños a terceros y, al mismo tiempo, ofrezcan seguridad al personal que labora en la construcción.

Debido a la problemática mencionada, existen diversos sistemas de sostenimiento lateral, usados contemporáneamente, entre los cuales están el sistema de sostenimiento por calzaduras, cimiento corrido proyectado, muros pantalla con anclajes postensados y otros.

La unidad de análisis de la presente tesis es el proyecto denominado Vivienda Multifamiliar "El Mirador de las Palmas", cuenta con un sótano y medio para estacionamientos y cisterna, razón por la cual se tuvo que realizar una excavación de 8 metros (lo cual fue muy riesgoso y lento), de acuerdo a los procedimientos convencionales para ese fin. Este trabajo fue presupuestado por un costo de S/. 944,934.98 Soles y un tiempo de ejecución de dos meses según el cronograma de avance de obra. Por otro lado, es preciso señalar que la ejecución de las partidas pertinentes a este trabajo, estaban incluidas en la ruta crítica de todo el proyecto, la cimentación horizontal fue una condición imprescindible para la construcción de la edificación.

Frente a esta problemática, el objeto de la presente tesis es determinar los aportes durante el proceso constructivo que optimicen costos, tiempo, recursos humanos y seguridad; así mismo, busca modelar las dimensiones de un anclaje postensado empleando una hoja de cálculo, programado en el Microsoft EXCEL, lo cual configura un aporte pre construcción, lo que le va a permitir al Ingeniero Residente verificar el diseño del Ingeniero Proyectista.

Finalmente, busca establecer un método simple, didáctico y de mucha utilidad para identificar los riesgos y peligros de los trabajos durante el proceso constructivo para muros con anclajes postensados, en excavaciones profundas; con la finalidad de prevenir los accidentes potenciales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema principal

¿En qué medida los aportes del proceso constructivo del sistema de estabilización de taludes mediante anclajes postensados del proyecto Conjunto Residencial "El Mirador Las Palmas" serán de utilidad para obras de similares características?

1.2.2 Problemas secundarios

- ¿De qué manera las etapas de la construcción del sistema de estabilización de taludes mediante anclajes postensados puede incrementar el rendimiento de los trabajos?
- ¿De qué manera se deben prevenir los accidentes durante trabajos de excavación profunda?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realiza porque, si bien en el Perú las empresas constructoras ya están empleando este sistema, aún no se cuenta con una Norma Técnica Peruana para estos sistemas anclados; los mismos se basan en códigos extranjeros, por tanto, los parámetros considerados en los diseños no son locales.

El título de la investigación busca determinar los aportes del proceso constructivo del sistema de estabilización de taludes mediante anclajes postensados.

1.4. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La obra denominada Vivienda Multifamiliar “El Mirador de las Palmas” está ubicado en el distrito de Surco, Av. General Edmundo Aguilar Pastor N° 432, sobre un terreno de 2,111.09 m² encerrado en un perímetro de 230.79 ml, y está compuesto por dos sótanos para estacionamientos, cuatro torres colindantes por los costados de ocho pisos de vivienda y un piso de azotea; en su frente, cuenta con un parque común con juegos para niños.

Cada torre cuenta con un ascensor con capacidad para seis personas. En las áreas comunes del primer edificio se consideran dos zonas para el empleo de los propietarios.

El proyecto contempla un total de setenta cinco (75) departamentos, distribuidos de la siguiente manera: en el primer edificio de veintisiete (27) departamentos de uno a tres (1-3) dormitorios; el segundo, el tercer y cuarto edificio de dieciséis (16) departamentos con tres (3) dormitorios en cada uno.

Presenta los siguientes límites:

SE: Con la AV. Coronel Edmundo Aguilar 32.06 ml y con propiedad de terceros 62.01

SO: Con la Calle San Sebastián, 24.07 ml

NE: Con la Calle Villa Mercedes (proyectado), con 20.25 ml

NO: Con propiedad de terceros, con 91.31 ml

1.5. ALCANCES

Aplicable a las actividades de sostenimiento de taludes de las excavaciones profundas en proyectos con las mismas características del Proyecto Conjunto Residencial “El Mirador de las Palmas” Santiago de Surco.

1.6. OBJETIVOS

1.6.3 OBJETIVO GENERAL

Determinar los aportes durante el proceso constructivo del sistema de estabilización de taludes mediante anclajes postensados del proyecto Conjunto Residencial “El Mirador Las Palmas” en el distrito de Santiago de Surco-Lima 2016.

1.6.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el procedimiento de ejecución más adecuado para la construcción del sistema de estabilización de taludes mediante anclajes postensados.

- Establecer un método didáctico para prevenir accidentes durante el proceso constructivo del sistema de estabilización de taludes mediante anclajes postensados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

La construcción de subterráneos por debajo de edificios existentes va asociada cada vez más a los proyectos de construcción de edificios, proporcionando, a pesar de su relativo alto costo, un importante valor añadido a la inversión inmobiliaria, toda vez que el espacio construido podrá emplearse como estacionamientos y almacenes, recuperando de esta manera espacio importante para los dueños de los departamentos, por otro lado, soluciona el problema de estacionamientos que cada vez, es más difícil de conseguir en una ciudad importante como Lima.

Por otro lado, las ordenanzas municipales de la Ciudad de Lima y específicamente las que constituyen el centro de la ciudad, están exigiendo que le nuevo proyecto conserve la fachada y la estructura interior.

Las empresas constructoras e instituciones que realizan construcciones subterráneas han optado por seguir principalmente dos procesos constructivos como son: El procedimiento de construcción empleando Calzaduras y el Procedimiento de construcción empleando Muros Pantalla o Muros Anclados.

- **Chávez, R (2010). Diseño y Construcción de Calzaduras. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.**

Concluye que el sistema estructural es muy eficiente en un suelo conglomerado compactado sin presencia de agua, pero no se debe generalizar para todo tipo de suelo, en caso contrario se podría presentar una falla en la calzada y/o en la propiedad vecina.

Así mismo, se debe tener una adecuada programación en el proceso de excavación y vaciado de los paneles alternados. Se debe evitar toda presencia de agua, ya sea como filtración o nivel freático, debido que el esfuerzo horizontal aumenta considerablemente y puede hacer fallar la calzada. En las calzaduras comunes se invade el terreno vecino, con lo cual se debería conciliar con los propietarios de los terrenos colindantes al nuestro, para evitar problemas.

- **Sosa, E (2017). Optimización del diseño de anclajes postensados aplicados a la ejecución de muros anclados en el proyecto Centro Comercial Plaza Surco. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.**

Concluye que mediante las pruebas de interacción suelo-bulbo o también conocidas como arrancamiento permite conocer el valor más real de la "Capacidad de Adherencia Límite" en un suelo gravoso. En función al dato hallado se planteó un diseño más óptimo con parámetros más reales, modificando las principales variables del diseño.

Se obtuvo que la Capacidad de Adherencia Última para los suelos gravosos es de 13 Kg/cm², con el cual se optimizó la longitud del bulbo en todos los anclajes del proyecto, así como la longitud libre de anclaje; además se pudo conocer que dicho parámetro en los suelos gravosos puede servir de referencia para futuros diseños en condiciones similares.

- **Rengifo, J (2015). Muros anclados en arenas, análisis y comparación de técnicas de anclajes. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.**

Concluye que existen elementos en común entre las tres técnicas: El uso de un refuerzo, el uso de perforadora, inyectora, tensora y un anclaje que consta de tres partes (cabeza con placa de apoyo, zona de bulbo o anclaje y zona libre); por otro lado, halló que la técnica Suelo enclavado es un sistema de versatilidad de aplicaciones con ventajas técnicas y económicas que amerita una mayor investigación para suelos con características propias de Lima Perú. Sin embargo para el tipo de suelo que existe en Lima Perú y luego de someter a los tres procedimientos constructivos a una matriz comparativa, recomendó que la técnica de anclajes de cables post tensados temporales es el más adecuado, debido a la adherencia del bulbo en terrenos de graba semidura y graba dura.

- **Cabellos, G (2012). Análisis comparativo de la estabilización de taludes mediante el uso de muros anclados y calzaduras en la construcción de edificaciones. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.**

El autor hizo en su tesis experimental, comparó dos edificaciones en construcción y concluyó que el procedimiento constructivo de muros anclados es 16% y 33% más rápido que el de calzaduras en condiciones estándar.

Por otro lado, halló que los resultados económicos muestran un ahorro del 14% y 41% para los sótanos de las dos edificaciones construidas por el sistema de muros anclados en comparación al supuesto de haber sido construidas por el sistema de calzadura, este ahorro está directamente relacionados al tiempo de cada proceso constructivo.

- **Puelles, J (2011). Determinación de la capacidad de adherencia con fines de diseño optimizado de anclajes en suelo. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.**

En su tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Geotécnica, halló que en un tipo de suelo denso a muy denso, la profundidad de cimentación del bulbo no surte influencia alguna sobre la capacidad de adherencia última en el contacto del suelo (lechada de cemento), además que la lechada de cemento guarda relación potencial e inversa a la longitud del bulbo del anclaje, toda vez que de acuerdo a su investigación, a medida que incrementa la longitud del bulbo y a su vez se le inyecta la lechada de cemento los incrementos no son significativos.

Por consiguiente, para los tipos de suelos estudiados por el autor, no resulta muy conveniente usar longitudes de bulbo superiores a 7 metros.

2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- **De León, M (2014). Análisis Comparativo de Excavaciones con Muros Pantalla Diseñados Mediante el Método de Elementos finitos en Diferentes Modelos constitutivos. España: Universidad Politécnica de Cataluña:**

Concluye que los procedimientos para evaluar la seguridad como el aumento del 20% de la profundidad de empotramiento recomendado en el método de BLUM otorgan cierta seguridad, pero, no implica un aumento importante de los momentos flectores.

Por ello la seguridad no aumenta en gran medida con este método, otro detalle importante a señalar es que los métodos de cálculo tradicionales, no cumplen con todas las hipótesis de equilibrio y por lo tanto no se pueden calcular deformaciones en el elemento estructural.

- **Mozo, D (2012). Análisis y diseño de Muros Pantalla en Suelos Arenosos. Colombia: Universidad Católica de la Santísima Concepción:**

Sustenta que en un modelo de configuración de muro pantalla de 20m de profundidad y 7m de empotramiento, 13m de excavación y 2 líneas de anclaje, modelado en arena Bio-Bio.

Que las gradientes hidráulicas son proporcionales a la diferencia de altura, asimismo, en excavaciones mayores que los 14m se encontraron factores de seguridad al sifosamiento mayores al admisible, por lo tanto, cualquier excavación superior a la admisible está latente a presentar falla por sifonamiento.

- **Valdez, P (2011). Manual de Diseño y Construcción de muros Anclados de Hormigón Projectado. Quito: Universidad San Francisco de Quito.**

Llega a la conclusión que, para el cálculo de los muros anclados de hormigón projectado, es conveniente utilizar el programa SNAILZ, ya que los resultados del diseño con este método son precios confiables, por lo que es viable utilizarlo para el diseño de muros anclados; así mismo, se halló que los métodos de seguridad y las medidas preventivas empleadas en los trabajos de excavación para muros anclados de hormigón projectado no son lo suficientemente detallados y entendibles.

- **Martínez, E (2008). Construcción de Muros de Contención en Zonas Urbanas: Análisis Comparativo de Costos para las Soluciones más Usadas. Chile: Universidad Austral de Chile.**

Concluye que respecto a costos y plazos de ejecución que el muro BERLINES se presenta como la alternativa más conveniente de acuerdo a las características del suelo en una determinada en la obra Edificio Tienda Ancla Mall Valdivia del 2007 con una napa freática de 3.6 y 4.7m de profundidad durante la exploración y con una cota de fundación proyectada a -12 metros.

2.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE MUROS ANCLADOS

2.2.1. MUROS ANCLADOS

Las pantallas de hormigón armado, conocidas también como el “Método Milán” o sistema “Cut and Cover”, corresponden a una técnica moderna de construcción cuyo origen se remonta en los años 50 en Italia (Gonzales, 2001).

Las primeras estructuras de contención flexibles fueron los tablestacados de madera, seguidas de las tablestacas de hormigón armado, que presentaban mayores ventajas que la madera al poder construir elementos prefabricados; luego, siguieron las tablestacas de acero o metal con la ventaja en cuanto al bajo peso que poseen, mayor resistencia a la flexión y mayor velocidad de colocación entre otras.

Posteriormente, surgieron las primeras pantallas de pilotes secantes o tangentes (1934), y en Italia, entre los años 50 y 53, los ingenieros italianos Veder y Marconi descubrieron un nuevo procedimiento que dio origen a las pantallas de hormigón armado.

Esta idea surgió debido a la necesidad de aprovechar los espacios urbanos por los problemas que plantean las excavaciones profundas cercanas a edificios y por construcciones donde el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie (Sanhueza y Oteo, 2007).

El empleo de bentonita como estabilizador de pozos de agua y petróleo se remonta a 1910, pero fue hasta 1938 cuando el ingeniero Carlo Veder consideró usar la bentonita para estabilizar zanjas excavadas en el suelo.

Posteriormente la técnica adoptada por Veder y Marconi, muros pantalla con empleo de bentonita, floreció para la construcción del Metro en ciudades italianas e inmediatamente fue adoptada en otros países europeos, que por esos años tenían intensivos programas de reconstrucción tanto por los daños producidos por la Segunda Guerra Mundial como por la modernización de sus ciudades.

Sin duda en la ciudad de París la competencia entre dos empresas geotécnico-constructora Soletanche y Bachy impulso el desarrollo tecnológico actual de ese procedimiento de construcción (Santoyo y Segovia, 2002).

Se define como muros pantalla o pantallas continuas de hormigón armado a los muros construidos mediante la excavación en el suelo de zanjas profundas en las que primero se introduce la armadura del muro y posteriormente el hormigón, para constituir una Estructura geoméricamente continua, empleando lodos bentoníticos como protección de la excavación para evitar el desprendimiento de las paredes de la misma en caso que sea necesario (AETESS, 2006).

Un muro pantalla también es una estructura de fundación profunda que tiene como principal objetivo contener los empujes horizontales del terreno en las inmediaciones de una excavación vertical, como también cumplen por si solas las funciones de estanqueidad, resistencia y protección.

La estanqueidad impide el paso del agua, la resistencia soporta los empujes de suelo, de edificaciones circundantes y la protección de las excavaciones que se destina.

Sin embargo, algunas pantallas, utilizadas en los sótanos para el estacionamiento de vehículos, quedan con frecuencia sin acabados o en el mejor de los casos con una mezcla de cemento y arena desfavoreciendo la impermeabilidad de estas estructuras (Puller, 1994).

Aunque al principio la función de los muros pantalla era solamente contener el empuje de suelo e impermeabilizar una excavación, también sirven para recibir las cargas verticales que les pueden transmitir otros elementos estructurales, es decir, sirven como parte de la construcción definitiva y constituyen una solución eficaz para limitar los movimientos del terreno y así reducir al mínimo los daños que se pueden presentar en construcciones que están próximas a la excavación.

Estas estructuras trabajan fundamentalmente a flexión y resisten los empujes del suelo, deformándose controladamente. Su estabilidad viene dada, principalmente, por la profundidad de empotramiento en el terreno que se encuentra bajo el fondo de la excavación.

Sin embargo, en algunas circunstancias puede ser necesario el empleo de elementos de apoyo para garantizar la estabilidad, o bien, para reducir los movimientos horizontales y/o verticales del terreno del trasdós, tales como: anclajes, puntales y losas, entre otros (Sanhueza, 2009).

En general, los muros anclados están formados por un anclaje que soporta esfuerzos de tensión que los resiste mediante un acople a una superficie profunda y un muro que también se llama pantalla el cual se encarga de distribuir esta tensión para soportar al suelo, este sistema de sostenimiento puede ser activo o pasivo, esto significa que tiene o no un esfuerzo infundido. En la actualidad hay varios métodos de diseño, aunque en la actualidad el método de Kranz es el más utilizado en Europa como para Latinoamérica. En el cálculo de los muros con anclajes se utiliza el método de Kranz (1953) o también llamado método de los bloques, permite determinar el largo del anclaje para luego analizar la estabilidad del sistema muro, anclaje y suelo. Por otro lado, el método de Kranz fue derivado originalmente para muros con un solo anclaje, sin embargo Ranke y Ostermayer (1968) extienden el método para varios anclajes.

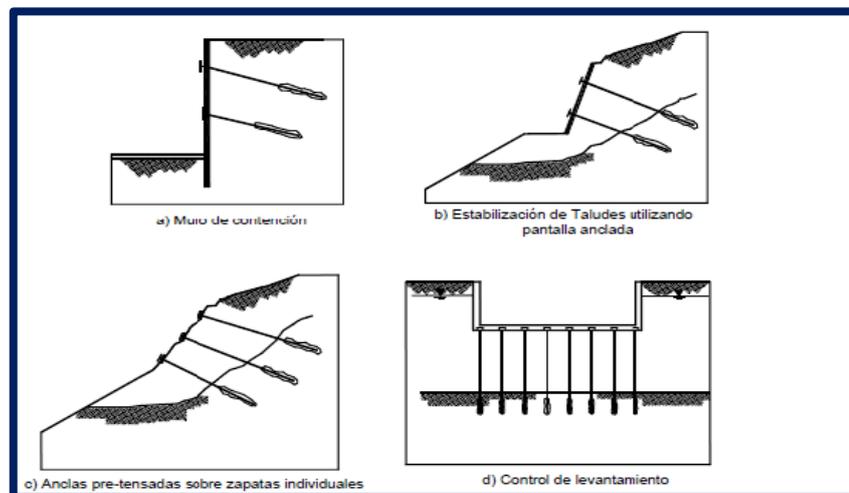


Figura N° 001: Estructuras ancladas.

Fuente: Díaz, 1998

Los muros anclados son estructuras de concreto armado (pantallas básicamente); que se sostienen mediante anclajes postensados con bulbos profundos que transmiten un carga de tensión a suelos o rocas en los cuales pueden ser instalados.

También podemos decir que es un elemento estructural instalado en el suelo o roca que se utiliza para transmitirle al terreno una carga de tracción aplicada, aplicando el mismo concepto a los muros anclados, el mecanismo de un anclaje consiste en transferir una fuerza de tensión aplicada al muro estructural mediante un cabezal y placa de apoyo, hacia el interior de la masa de terreno a través de la resistencia movilizada en el contacto suelo o roca – lechada de cemento, del tramo anclado o bulbo.

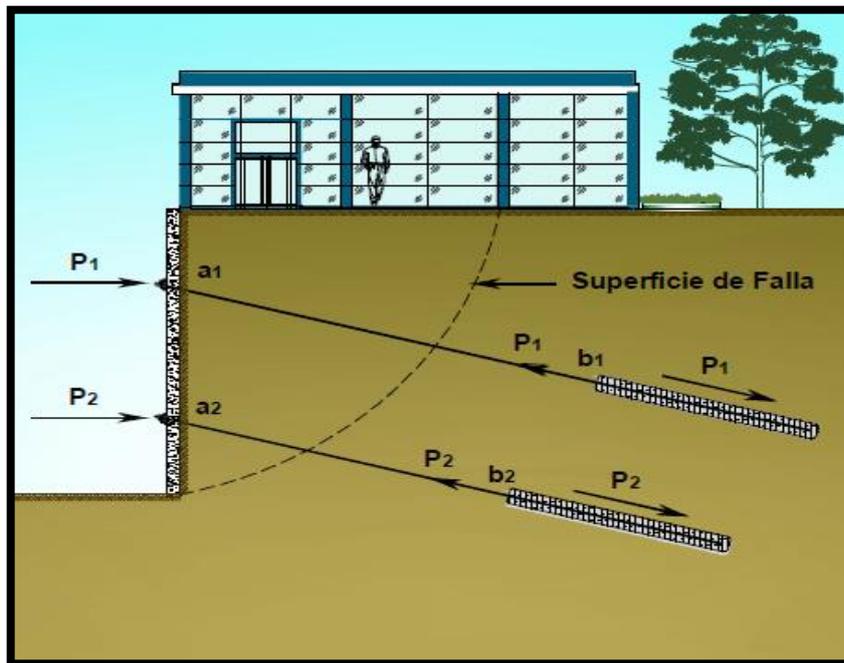


Figura Nº 002: Mecanismo de trabajo de los anclajes Postensados en la contención de taludes resultante de excavación.

Fuente: CAPECO

2.2.2. PANTALLAS

Las pantallas de hormigón armado tienen diferentes clasificaciones de acuerdo a la envergadura del proyecto y a la calidad de suelo, ésta puede ser pantallas apoyadas o ancladas y pantallas sin apoyo, en las primeras la estabilidad se debe principalmente a una o varias líneas de anclaje que permiten limitar las deformaciones de la pantalla, alcanzando grandes alturas de excavación y con la ventaja de poder reducir el empotramiento de la pantalla.

Mientras que en las pantallas sin apoyo es importante la flexibilidad que puede tener la pantalla y la profundidad de empotramiento para la determinación del empuje pasivo. En la figura 1 se ilustran estos 2 tipos de muros pantallas, siendo más relevante para esta memoria las pantallas apoyadas.

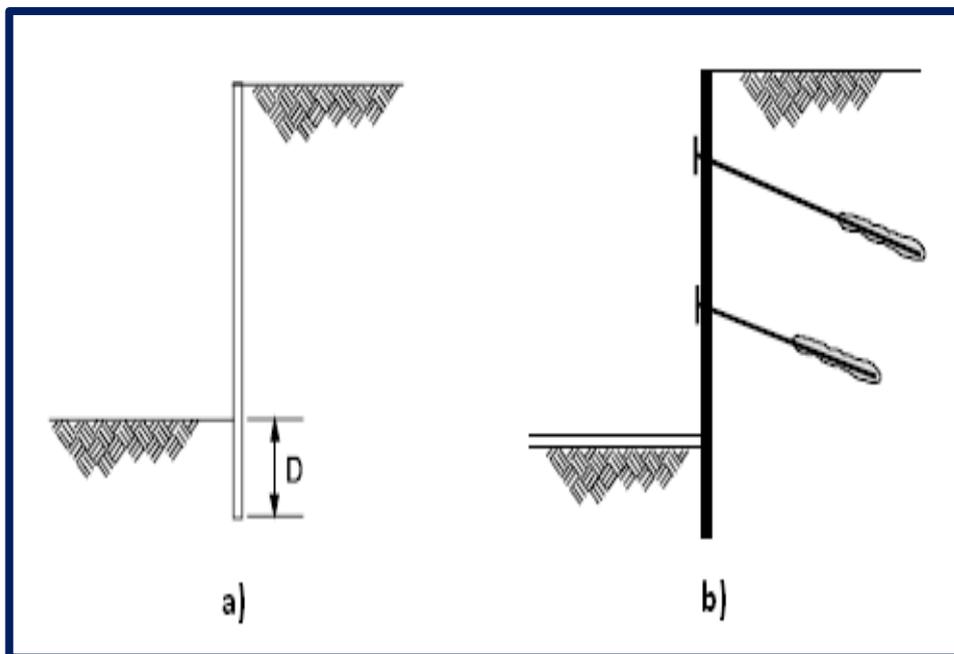


Figura N° 003: tipos de muros pantalla.

Fuente: CAPECO

2.2.3 ANCLAJES

Los anclajes son los responsables de adherirse al suelo y provocar una fuerza estabilizadora al suelo, terminando en una superficie plana (muro o pantalla) que soporta el talud. Los anclajes para su trabajabilidad deben cumplir con algunos requisitos básicos para que funcionen correctamente y así puedan generar un factor de seguridad que mantenga el talud en su lugar. (Díaz, 1998)

- a) El anclaje debe estar adherido a un suelo "COMPETENTE"
- b) La longitud del ancla debe superar las zonas reales o potenciales de falla.
- c) Las fuerzas de pretensado ejercerán fuerzas normales a las potenciales superficies de falla.

El recorrido de los esfuerzos se dan de la siguiente manera: La Pantalla que se encuentra en la superficie transmite el esfuerzo al tendón (producto del tesado) y este a su vez provoca esfuerzos en el bulbo que se encargara de enviar los esfuerzos al suelo.

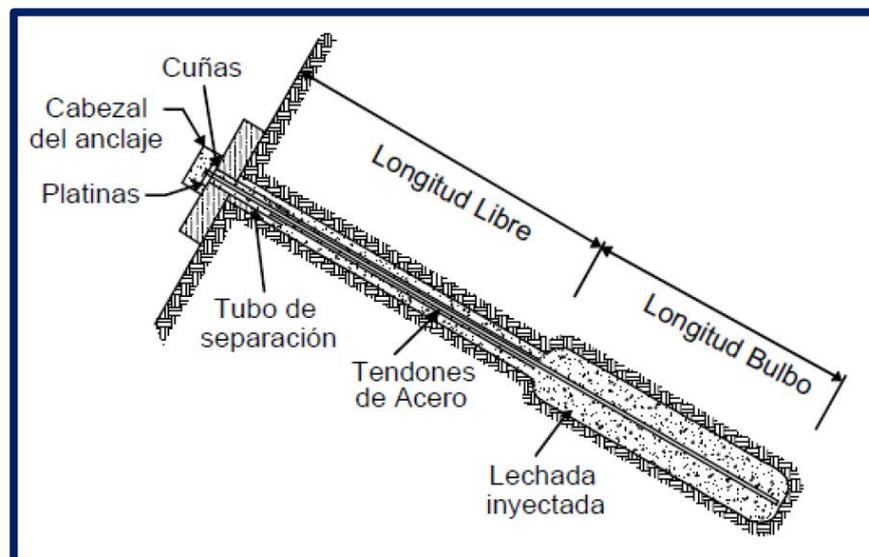


Figura N° 004: Partes del anclaje.

Fuente: Díaz, 1998

2.2.4 TIPOS DE ANCLAJES POSTENSADOS

Existe una extensa clasificación de anclajes, las cuales se señalarán a continuación:

2.2.4.1 Por su tipo de trabajo al que están sujetos; podemos diferenciarlos como anclajes pasivos y activos.

- Los pasivos son instalados y no se tensan inmediatamente, el tensado del tendón ocurre al producirse un desplazamiento entre el cabezal y el bulbo. Se deja una carga inicial baja, aunque nunca inferior al 10% de la máxima de proyecto, que adquieren normalmente por los movimientos de tierra.
- Los activos son instalados y tensados inicialmente, introduciendo una fuerza adicional al macizo o a la estructura una magnitud y dirección deseada. Por el medio en que se fija el bulbo, los anclajes activos pueden ser anclase en suelo, roca o concreto. También se puede afirmar que son aquellos a los cuales, se le somete una carga de tesado después de su ejecución, generalmente del mismo orden de magnitud que la carga máxima prevista en el proyecto y nunca inferior al 50% de esta última.

2.2.4.2 En función de los elementos constituyentes de los tirantes

- Anclajes de cables
- Anclajes de barra

2.2.4.3 En función a su vida útil

- Anclajes permanentes.- son aquellos que están proyectados a una vida superior a los dos años.

2.2.4.4. En cuanto a la facultad de efectuar operaciones que varíen la carga sobre los anclajes durante su vida útil.

- Anclajes retesables
- Anclajes no retesables

2.2.4.5 Según la presión de inyección

- Anclajes inyectados a gravedad (a).- Son aquellos cuya perforación es llenada con lechada de cemento formándose un bulbo que teóricamente debe tener forma cilíndrica, con diámetro "d" igual al de la perforación. Son usados comúnmente en roca.
- Anclajes inyectados a presión (b).- Son aquellos cuyo bulbo se forma con lechada de cemento inyectada a una presión entre 0 y 5 bar, incrementándose el diámetro del mismo $D > d$. Son apropiados para suelos granulares gruesos y rocas fisuradas.
- Anclajes reinyectables (c).- Son aquellos a los cuales se aplican múltiples inyecciones a presión, lo cual permite incrementar el diámetro del bulbo $D > 2d$ y por ende su capacidad de carga. Estos anclajes son recomendados por el Post-Tensioning Institute (47,48) por ofrecer mayor seguridad y eficiencia.

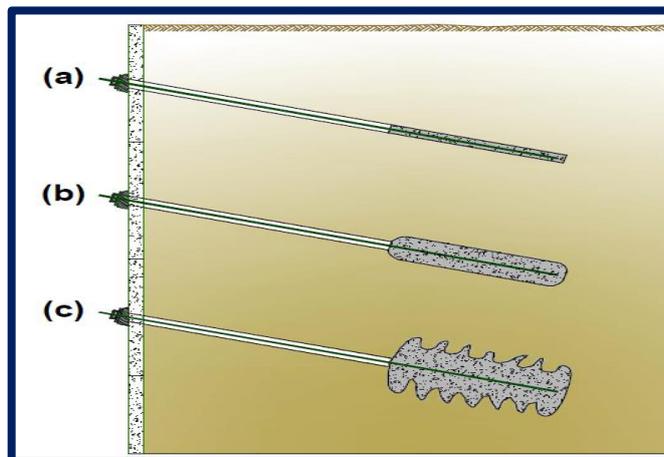


Figura N° 007: Clases de anclajes activos en función al tipo de inyección de lechada de cemento del bulbo.

Fuente: CAPECO

2.2.4.6 Según el efecto o no de la verificación del bulbo

La nomenclatura de los anclajes contemplados en esta tesis es la siguiente:

VIDA ÚTIL Y TIPO DE INYECCIÓN
Provisional con inyección única global (IU)
Provisional con inyección repetitiva (IR)
Provisional con inyección repetitiva y selectiva (IRS)
Peramente con inyección única global (IU)
Peramente con inyección repetitiva (IR)
Peramente con inyección repetitiva y selectiva (IRS)

Tabla N°001: Nomenclatura de los anclajes

Fuente: CAPECO

- Las reinyecciones, o inyecciones repetitivas en varias fases tienen por objeto aumentar la capacidad del anclaje en la zona del bulbo. Los parámetros de presión y caudal deben definirse en el proyecto.
- Los anclajes del tipo IU suelen ser los más adecuados en rocas, terrenos cohesivos muy duros y grandes granulares.
- Los anclajes del tipo IR se emplean generalmente en rocas fisuradas blancas y en aluviales granulares gruesos e incluso finos.
- Los del tipo IRS se emplean generalmente en rocas fisuradas blandas y en aluviales granulares gruesos e incluso finos.
- Los anclajes de cable son preferibles frente a los de barra en terrenos que puedan sufrir movimientos, para evitar una rigidez excesiva en la cabeza que pueda llegar a su rotura y cuando hay que absorber acciones que requieran gran capacidad.
- En los anclajes por encima de la horizontal, en que pueden existir problemas de estabilidad del taladro, o de obturación durante la inyección, es conveniente inyectar a presión en varias fases (tipos IR o IRS)

2.2.5 COMPONENTES DE LOS ANCLAJES POSTENSADOS

Están constituidos por tres elementos que cumplen con el funcionamiento de soportar los esfuerzos de tensión que se generan y de repartirlos adecuadamente en el estado firme o tesado (Díaz, 1998)

- Cabezal o sección superficial
- Tendón o longitud libre
- Bulbo o longitud de lechada inyectada

2.2.5.1 Cabezal del Anclaje

Es el elemento de fijación de la carga aplicada a la pantalla o muro estructural (punto a) que deberá ser transmitida al tramo anclado.

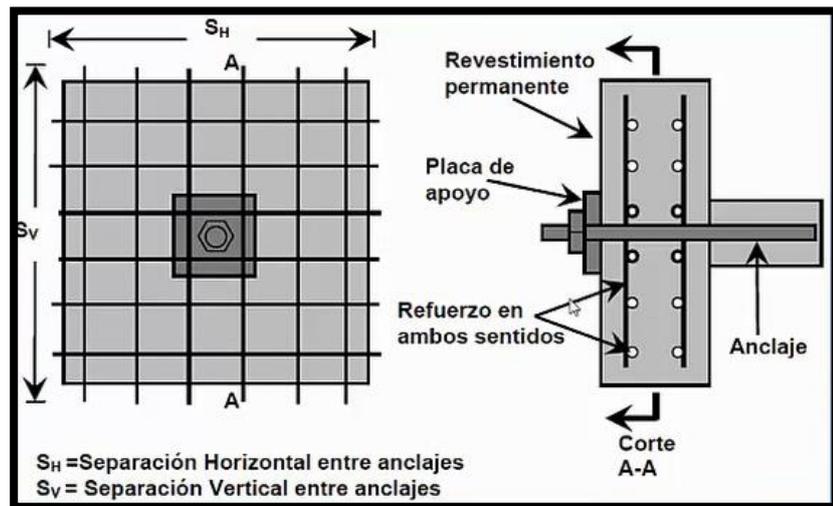


Figura N° 008: Cabezal

Fuente: CORDOVA INGENIEROS S.A.C

También se puede afirmar que es la única parte del anclaje que está expuesta al medio ambiente y se conforma principalmente por:

- Cuñas y platinas.- Se encargan de soportar el pretensado que se genera en el anclaje y así ajustar la pantalla al anclaje.
- Tapón de protección.- Sirve para proteger a los elementos expuestos del tendón de la corrosión.

- **Cabezal.-** Normalmente es de Acero, esta placa se encarga de generar una distribución adecuada de la presión que ejerce a la pantalla y evitar el efecto de punzonamiento que terminaría perforando el muro. Esta placa se encarga de incrementar el área de contacto.

2.2.5.2 Longitud Libre

Llamado también tendón o tensor, es el cable o varilla que conecta al bulbo de lechada con la cabeza del anclaje, por lo tanto es la encargada de transmitir el esfuerzo del bulbo a la pantalla.

Para el uso de los anclajes únicamente se permitirán los cables que cumplan los requisitos exigidos por la "Association For Testing Materials" (ASTM) el cual indica que debe estar constituido por un cable o toron de acero de siete (un central y seis alrededor) alambres sin recubrimiento.

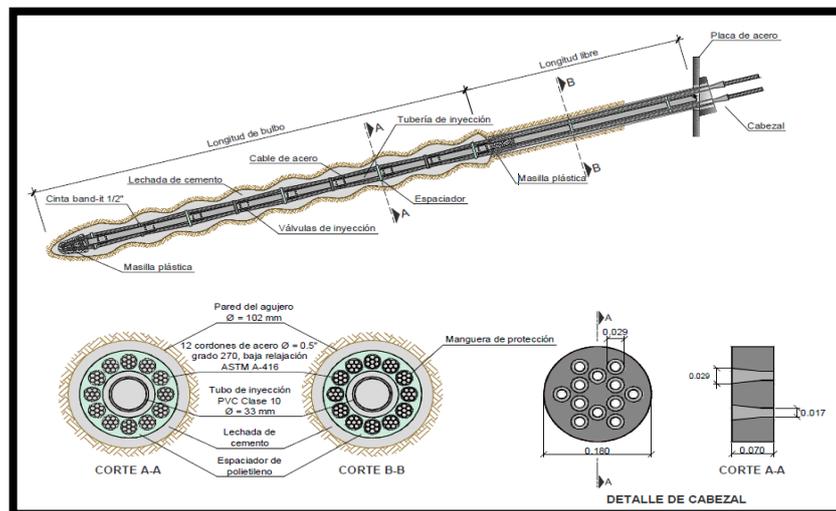


Figura N° 009: Componentes típicos de un anclaje de cables

marca GEOTÉCNICA

Fuente: GEOTÉCNICA S.A.C

Para un Toron estándar se cuenta con dos grados:

- GRADO 1725 que corresponde a la resistencia última mínima para un área nominal de torón en mega pascales (250 kilolibras/pulgada²)
- GRADO 1860 que corresponde a la resistencia última mínima (270 kilolibras/pulgada²)

Para el cálculo de las áreas de acero de tendón el esfuerzo no deberá pasar el 60% de la resistencia a la tracción del acero, con lo que se define en la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{T}{0.6f_y}$$

Donde:

A_s = Área de acero.

T = Carga de diseño del anclaje

f_y = Límite de fluencia del acero. (Administration), 2011

2.2.5.3 Tramo Anclado o Bulbo

Es el elemento estructural fijado en la roca o en el suelo, que recibe la carga del cabezal del anclaje a través del tramo libre. El bulbo de anclaje es aquel segmento del anclaje que esta bañada por el hormigón, generalmente esta distancia se encuentra dentro de los 3 metros, sin embargo esto dependerá a la calidad del suelo (capacidad de corte), los esfuerzos que soportaran la estructura y la adherencia que existe ente el bulbo y el sistema que lo rodea (Diaz, 1998)

Los esfuerzos a los que se somete el bulbo no es constante, sino se presenta con mayor índice al inicio y va disminuyendo a lo largo de este sin embargo por motivo de diseño se considera que estos esfuerzos son uniforme en todo el bulbo.

Los anclajes se pueden utilizar casi en todos los suelos, obteniéndose mejores resultados en las rocas, sin embargo se debe tener mucho cuidado en los suelos cohesivos sobre todo si tienen presencia de agua, por lo que estos análisis deben hacerse de manera más minuciosa.

La inyección única global (IU) se efectuará de fondo a boca de la perforación, manteniéndose de una forma ininterrumpida hasta que la lechada que rebose por la boca, o por el tubo de purga, sea de las mismas características que la inyectada inicialmente; las dosificaciones habituales de las inyecciones de lechadas de cemento (relación agua/cemento) oscilan entre 0.4 y 0.6 para inyecciones en una sola fase (IU).

La inyección repetitiva (IR) se efectuará normalmente a través de latiguillos, o con un circuito global con válvulas anti retorno en el bulbo, con un número de reinyecciones generalmente superior a dos.

La inyección repetitiva y selectiva (IRS) se efectúa normalmente a través de tubos manguito con válvulas separadas no más de 1 metro y con un número de reinyecciones en cada manguito generalmente superior a dos.

La resistencia del bulbo y el suelo depende de factores (principalmente el suelo) para lo cual se utilizan valores tabulados que se han ido dando a lo largo de la experiencia y comprobación en campo. Sin embargo la resistencia (corte) a la que está sometida el bulbo se puede determinar mediante la siguiente (Littejohn, 1990) fórmula:

$$\tau = \frac{T}{\pi * D * L}$$

En donde tenemos:

T = Fuerza de tensión

D = Diámetro de la perforación

L = Longitud cementada

2.2.6 MODOS DE ROTURA

Existen cinco modos de rotura al que el muro anclado puede exponerse, estos son:

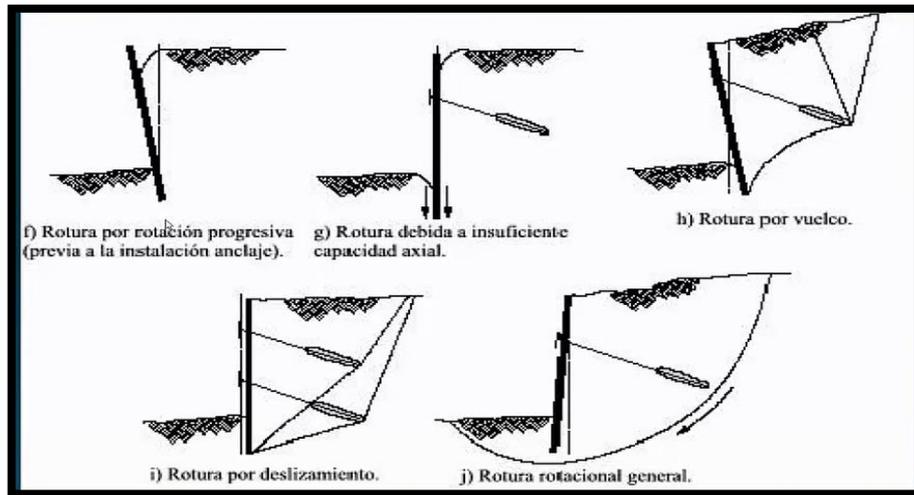


Figura N° 010: Modos de rotura de un muro

Fuente: CAPECO

2.2.7 LONGITUD DE LOS ANCLAJES

En la Figura N° 011 se puede apreciar la superficie de falla crítica, los anclajes y la superficie de falla potencial detrás de los anclajes; la longitud de los anclajes es motivo de cálculo y esta debe atravesar la distancia que existe entre la pantalla y el límite de superficie de falla crítica, a manera de ubicar el bulbo detrás de la zona de falla crítica.

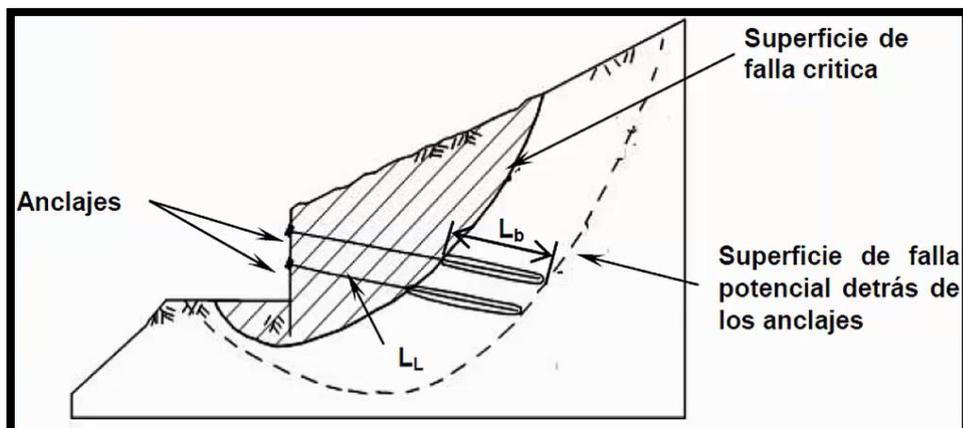


Figura N° 011: Descripción de la superficie de falla crítica

Fuente: Díaz 1990

Por otro lado, en la figura a continuación se presenta el esquema de la longitud de los anclajes, en el cual se grafican las distancias mínimas para la longitud de los anclajes; se puede apreciar que la distancia mínima de la superficie al bulbo no puede ser menor de 4.5 metros, asimismo el límite de la superficie de falla con la vertical (pantalla) forman un ángulo de 45° menos el ángulo de fricción dividido entre un factor de seguridad (normalmente 1.5) y a distancia de la superficie de falla con respecto al bulbo debe ser superior $0.15 H$. (Littejohn, 1990)

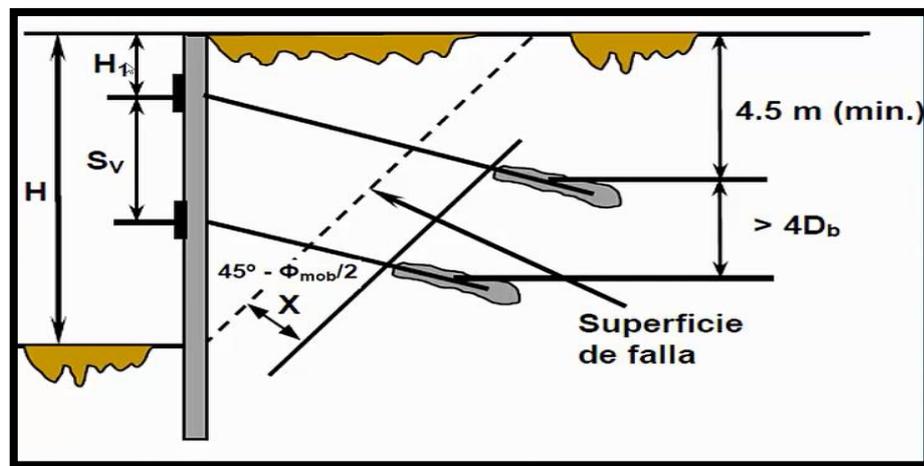


Figura N° 012: Descripción de la superficie de falla crítica

Fuente: CAPECO

2.2.8 PRESIÓN LATERAL EN UN SISTEMA DE MUROS ANCLADOS

Básicamente se manejan tres estados de presión lateral: activo, pasivo y en reposo. Estos estados están representados por los diferentes factores de transformación de presión vertical (k_a , k_p , k_0 respectivamente), estos factores están modificados o alterados por diferentes circunstancias como son:

- Inclinación del terreno retenido
- Inclinación del muro
- Grado de fricción entre el suelo y el muro.

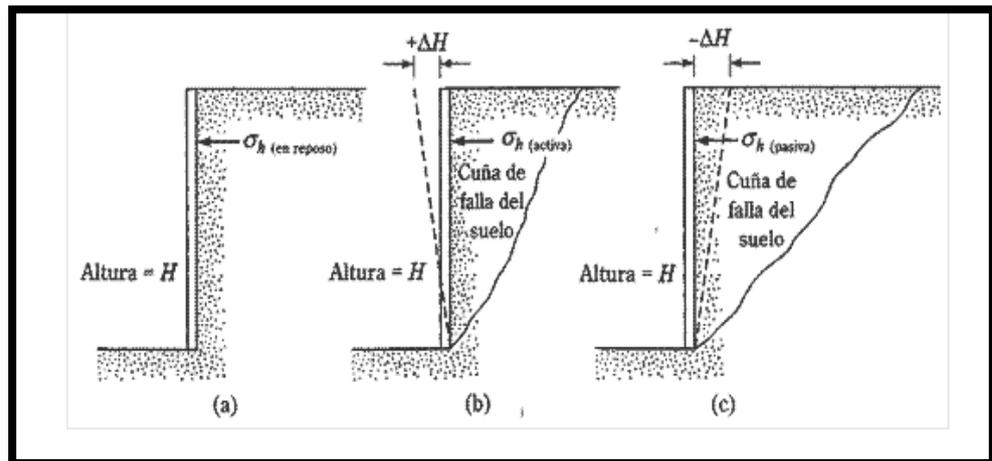


Figura Nº 013: Naturaleza de la presión lateral de la tierra sobre un muro de retención.

Fuente: CAPECO

La definición del empuje de tierras que el muro va a soportar es el inicio del diseño de una estructura de sostenimiento. Existen diversas teorías para hallar la presión de la tierra; teoría de Rankine, método de la espiral logarítmica y el método propuesto por Coulomb. Estos procesos se han usado a lo largo del tiempo y han sido comparados con el afán de encontrar cuál de ellos muestra mejores resultados o los más próximos a la realidad.

2.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Los muros anclados son utilizados para asegurar los cortes en las excavaciones. Los anclajes proporcionan una precarga de los sistemas estructurales aplicando tensión por medio de sistemas hidráulicos al tendón del anclaje, que puede ser tanto barras como cables de acero de alta resistencia. El cable o barra entonces será enlazado al suelo o roca por medio de una lechada cemento. Esto servirá entonces para evitar desplazamiento de la estructura, en este caso también soportará la fuerza vertical de todo el edificio.

Los anclajes varían en su longitud dependiendo tanto de la estratigrafía del sitio y sus condiciones geológicas, como la geometría y cargas a las que se ven sometidos, por ello anclajes pueden ser de típicamente de 30 ton a 60 ton.

Los anclajes permanentes incorporan una variedad de sistemas de la protección contra la corrosión que son determinados por las condiciones específicas del sitio de trabajo, al presupuesto y a la duración de la obra.

Se puede decir que un muro anclado es una construcción en serie que consiste básicamente en cinco etapas:

- a. Movimiento de tierra o excavación
- b. Perforación
- c. Instalación del anclaje, llenado e inyección de lechada
- d. Encofrado y vaciado de concreto del muro
- e. Tensado de anclaje

2.3.1 Movimiento de tierra o excavación

Es el trabajo previo a la perforación y se inicia con el movimiento de tierras preliminar o excavación masiva, dejando una banqueta con medidas preestablecidas; posteriormente se realiza la excavación puntual y de manera intercalada. Una vez terminado el movimiento de tierra se procede a la perforación.



Figura Nº 014 Movimiento de tierra para habilitar área de perforación

Fuente: Propia

2.3.2 Perforación

Normalmente existen dos métodos de perforación:

Perforación a rotación: en el cual la tubería solamente rota y se empuja hacia adentro del taladro para ejercer presión. Esta tubería de perforación puede ser hueca por dentro o sólida, como lo es en el caso de barrenas continuas conocidas como "Auger". La tubería hueca se utiliza en los casos en que se implementan fluidos en la perforación, ya sea aire o agua, para lubricar y ayudar a la erosión.

Perforación a rotopercusión: Este tipo de perforación se utiliza para suelos muy duros y/o roca, y el útil de perforación que se utiliza es un martillo de fondo neumático. La tubería que se implementa es del tipo hueca en su interior para darle paso al aire que acciona el martillo de fondo. Los martillos de fondo tienen en su punta una cabeza que golpea el suelo duro rompiéndolo y la rotación que se le imprime a la tubería ayuda a fragmentar el material.

Una vez perforados los anclajes se procede con la inyección de los mismos hasta alcanzar la presión adecuada para los anclajes. Esta presión se aproxima a 130psi.



Figura N° 015 Perforación de anclajes

Fuente: Propia.

2.3.3 Instalación del anclaje, llenado e inyección de lechada (cemento - agua)

La instalación del anclaje se realiza de forma manual introduciendo el anclaje en la perforación previamente realizada, la perforación debe tener un diámetro mayor a 3 o 4 pulgadas, dependiendo el número de cables del anclaje.

Dependiendo del tipo de perforación realizada, ya sea con aire, con agua o con algún otro fluido, se podrá realizar un llenado de la perforación por gravedad o colocando presión en el fondo del anclaje, esto depende también del tipo de terreno que previamente se ha perforado.



Figura N° 016 Instalación de anclaje

Fuente: Propia.

2.3.4 Encofrado y vaciado de concreto del muro

La elaboración de los paños de concreto debe calcularse de tal manera que empiece 3 días después de iniciada la perforación. Esto se debe a que una vez inyectados los anclajes los mismos necesitan de 7 días para que alcancen la resistencia necesaria para ser tensados. En cambio el concreto reforzado solamente necesita de 3 días para poder ser sometidos a carga

sin riesgo de que se fracture; es por esto que para que la operación sea secuencial y sin interrupciones hay que dejar un período de 3 a 4 días entre una operación y la otra.

Es quizá la etapa en la cual se tienen que pulir los rendimientos toda vez que existe diferencia si se emplea el procedimiento tradicional (madera de encofrado) frente a un procedimiento que incluya paneles prefabricados para este fin.



Figura N° 017. Encofrado

Fuente: Propia.

2.3.5 Tensado del anclaje

Una vez que la inyección de los anclajes cumple con los 7 (siete) días, puede procederse con la tensión de los mismos, siempre y cuando se respete el tiempo de curado inicial de 3 días para el concreto. La carga de tensión dependerá del diseño, por lo general esta entre 20 y 40 toneladas.

Una vez tensados los anclajes se procede a excavar para poder iniciar nuevamente los procedimientos para el siguiente nivel y de esta manera llegar al nivel de zapata.



Figura N° 018 Tensionamiento

Fuente: Propia.

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **ADITIVOS:** Material diferente del agregado, utilizado para modificar, mejorar o impartir propiedades especiales a las mezclas de concreto.
- **ANCLAJE:** Perfil metálico especial utilizado para unir perfiles metálicos u obra de fábrica.
- **APUNTALAR:** Sujetar alguna cosa con puntales, especialmente un edificio, para reforzarla o para que no se derrumbe. A la hora de vaciar el concreto de una losa, por ejemplo, se utilizan puntales para sujetar el encofrado.
- **ARMADURA:** Conjunto de barras de acero que se coloca en la masa del hormigón para ayudar a éste a resistir los esfuerzos de tracción (estiramiento) a que está sometido.
- **CEMENTO PORTLAND:** Cemento hidráulico que se obtiene al calcinar una mezcla de arcillas y piedra caliza en un horno para pulverizar posteriormente la mezcla obtenida.
- **BULBO DE ANCLAJE:** El bulbo es la longitud de varilla que es cementada para transmitir la carga de tensión al suelo. Generalmente, estos bulbos son longitudes no menores a 3.0 metros.
- **CABLES:** Hilo de siete alambres con resistencia a tensión última de 1.86 MPa con diámetro entre 0.5 y 0.6 pulgadas que cumpla con la especificación ASTM A-416.
- **CURADO:** El objetivo principal del curado es el de evitar que se evapore el agua de la mezcla, lo que podría producir grietas de retracción debido a la pérdida de humedad y alteraciones en la relación agua/cemento de la mezcla, lo que incide directamente en su resistencia.
- **DESPERDICIO:** Residuo de lo que no se puede o no es fácil aprovechar.

- **DISEÑO DE MEZCLA:** Proceso mediante el cual se proyecta el diseño de una determinada mezcla, para una resistencia determinada.
- **EDIFICACIÓN:** El conjunto constituido por el edificio y los elementos de urbanización que permanezcan adscritos al mismo que se hallen definidos en el proyecto en el momento de la recepción.
- **ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS:** Aquellos realizados en fábrica o en taller, los cuales pueden haber sido sometidos a procesos de pretensado o similares.
- **ENCOFRADO:** Recintos o moldes de madera o metal que retienen el hormigón fresco hasta su fraguado y endurecimiento.
- **ESTANQUEIDAD:** Lo que es impenetrable al agua.
- **ESTRUCTURA:** Distribución y orden de las partes de un edificio. Conjunto de elementos fundamentales para una construcción.
- **ESTRUCTURA PREFABRICADA:** Aquella compuesta por elementos estructurales prefabricados.
- **GEOTECNIA:** Aplicación de principios de ingeniería a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre.
- **GEOSINTÉTICOS:** Los materiales geosintéticos son los fabricados a partir de varios tipos de polímeros derivados del petróleo y que son usados para mejorar y hacer posible la ejecución de ciertos proyectos de construcción de ingeniería civil y geotécnica, como anticontaminación, redistribución de esfuerzos, refuerzo de tierra, filtración, drenaje, protección, control de la permeabilidad y otras funciones.
- **GEOTEXTILES:** son fabricados en Polipropileno orientado; livianos y fáciles de instalar, son aplicados como refuerzo de suelos.

- **INFRAESTRUCTURA:** Parte de la infraestructura necesaria para soportar la súper estructura de la edificación por debajo de la parte superior de la base losa de pavimento, o de la losa de fundación.
- **INYECCIÓN A PRESIÓN:** En esta técnica se inyecta a presión la lechada para que penetre dentro de suelos granulares o roca fracturada. Generalmente se utilizan presiones superiores a 50 psi. La presión puede además aumentar el diámetro del hueco y producir esfuerzos normales más altos sobre la pared, lo cual contribuye a aumentar la resistencia a la extracción del bulbo.
- **LECHADA DE CEMENTO** Mezcla de cemento y agua.
- **NIVEL FREÁTICO:** Altura donde se encuentra una capa de agua subterránea.
- **MURO ANCLADO:** Son estructuras de gravedad, semigravedad o pantallas; que se sostienen mediante anclas pretensadas con bulbos profundos.
- **OBRA:** Edificio en construcción. Reparación o reforma de un edificio.
- **PANTALLAS:** Elemento de cimentación estructural y continuo del terreno que sirve de contención.
- **PREFABRICADOS:** Se dice de los elementos fabricados fuera de la obra, efectuándose en ésta solo la colocación.
- **LAS PRESIONES DE TIERRAS:** Las presiones de tierra actúan directamente sobre los muros, pantallas, o estructuras superficiales.
- **PROYECTO BÁSICO:** Conjunto de documentos que comprenden memoria, planos y presupuesto estimativo por capítulos, en los cuales se definen las características geométricas y urbanísticas de la edificación.
- **PROYECTO DE EJECUCIÓN:** Conjunto de documentos que incluyan memoria, pliego de condiciones, planos, mediciones y presupuesto, que definan de manera completa las características del edificio, desarrollando el

proyecto básico; de forma que se pueda llevar a cabo la correcta ejecución del edificio.

- **PUNTAL:** Los puntales son los elementos que le proporcionan soporte al encofrado hasta que el concreto fragüe y la estructura sea capaz de resistir las cargas debidas a su propio peso.
- **PUNTAL TELESCOPICO:** Un puntal telescópico regulable de acero, es un apoyo provisional que trabaja a compresión y que se utiliza normalmente como soporte.
- **RASANTE:** Línea de una calle o camino considerada en su inclinación respecto al plano horizontal.
- **SÓTANO:** Superficie edificada por debajo de la cota o del edificio. Si no está completamente enterrada y puede tener ventanas para la iluminación toma el nombre de semisótano.
- **SUPERESTRUCTURA:** Parte de una construcción que está por encima del nivel del suelo.
- **ZAPATA:** Ensanchamiento de la base de un soporte para repartir las cargas sobre el terreno.

2.5 MARCO NORMATIVO

Todos los trabajos y actividades a efectuar, se realizaron en conformidad a las Normas y Reglamentos vigentes especificados en el Reglamento Nacional de Construcciones y Edificaciones, siendo estas:

- Norma E.50 Suelos y Cimentaciones.
- Norma técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismo Resistente.
- DIN 4085: Berechnung des Erddrucks. Cálculo del empuje.
- DIN 4125: Ground anchorages. Design, construction and testing.
- Recomendaciones de la comisión de trabajo “Excavaciones” de la Soc. Alemana de Suelos y Fundaciones.
- ACI 318 – 95: Código de diseño de Hormigón Armado.
- DIN 1054: Permissible loading of subsoil.
- DIN 4084: Calculation of soil failure and slope failure.
- Guía para el Diseño y Ejecución de anclajes al terreno (2005) Ejecución de anclajes al terreno (2005)

CAPITULO III

ETAPAS DE LA CONSTRUCCIÓN

3.1. TRAZO Y CONTROL DE NIVEL

La Primera actividad que se desarrolla para la construcción de muros anclados es el levantamiento topográfico, para establecer la sectorización o trazado de los límites de la obra. Este trabajo va a permitir establecer con un 98% de exactitud los volúmenes tierra a mover.

Es importante colocar a cada sector un nombre que lo identifique del resto, con el fin de no confundir los anclajes calculados (toda vez que posiblemente tengan diferentes medidas).

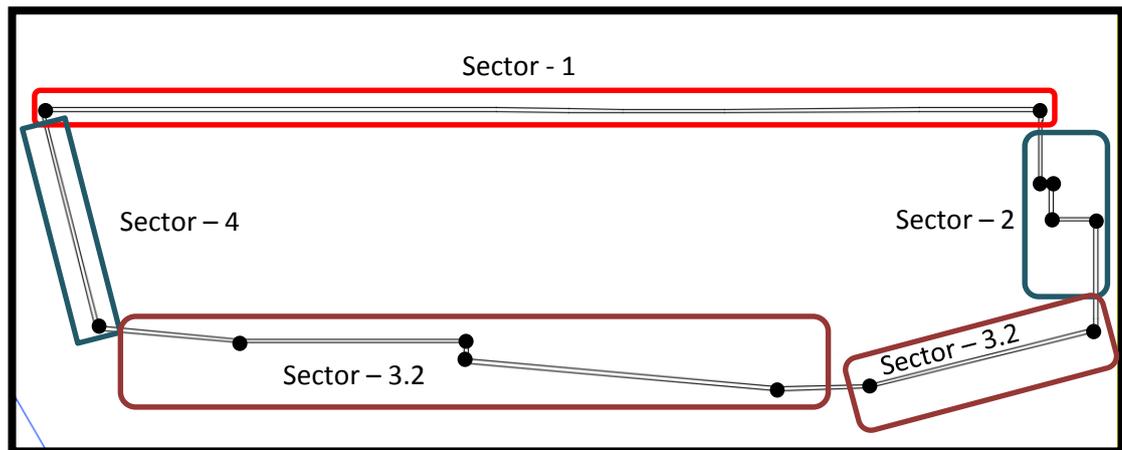


Figura N° 019 Trazo y sectorización

Fuente: Propia.

3.2. EXCAVACIÓN MASIVA

Se refiere a las excavaciones que ocupan área considerable, generalmente es practicada para sótanos, cisternas, etc. Para poder iniciar la excavación masiva debe realizarse una inspección de los muros perimetrales de los edificios para verificar su estabilidad.

Durante la excavación se efectuará un control permanente de los niveles, de manera de evitar sobre excavación. La excavación masiva se hace por tramos,

los cuales deben estar identificados en un plano para ejercer un control de la circulación de los volquetes. A medida que se van terminando los anillos planteados en los planos se va excavando el anillo siguiente.

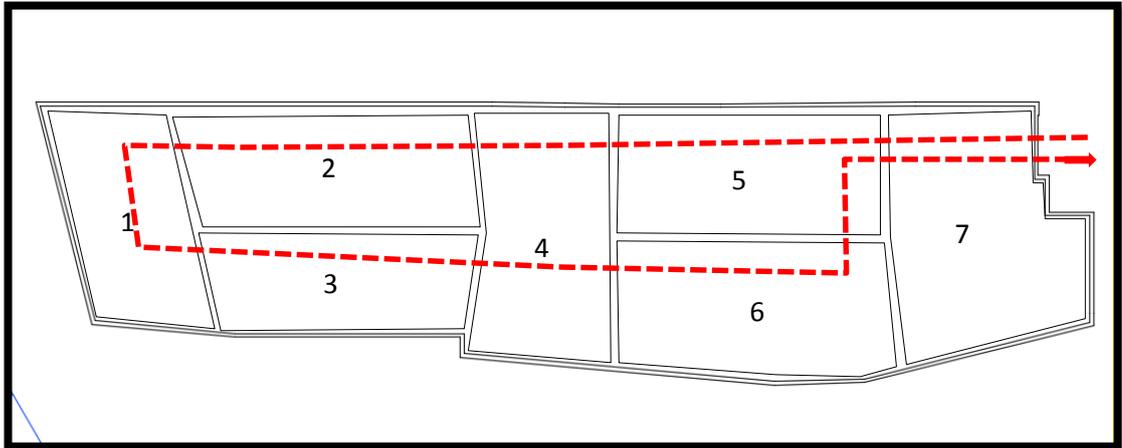


Figura N° 020 Tramos de la excavación masiva

Fuente: Propia.

Por otro lado, Durante el desarrollo de esta actividad se debe tener cuidado en dejar las bermas de seguridad para que éstas puedan soportar el talud vecino durante la construcción de los primero anillos.



Figura N° 021: Excavación masiva, bermas de seguridad.

Fuente: Propia.

Así mismo, la rampa es la primera opción que se tiene para iniciar con las excavaciones y la eliminación del material. Aunque tiene la desventaja de que a mayor profundidad, más paños de muros quedarán atrapados detrás sin construir, por esto luego se pasa a eliminar material con una faja transportadora.

Por ello, para empezar, la primera parte de la excavación masiva se hace hasta una profundidad tal que se considere la altura del primer anillo por debajo de la cimentación vecina.

Para finalizar la excavación masiva es preciso contar con una rampa que permita la salida de los volquetes con material excedente; luego de sacar la mayor cantidad de material excedente las máquinas más grandes evacuan la zona por las rampas, quedando las máquinas pequeñas estrictamente necesarias para la eliminación del material excedente. Finalmente la excavación se realizará por intermedio de fajas y la evacuación del equipo se realizará por intermedio de grúas de gran capacidad de carga.



Figura N° 022: Excavación masiva.

Fuente: Propia.

3.3. EXCAVACIÓN PERIMÉTRICA (PLATAFORMA N° 1)

La excavación perimétrica consiste en que se tiene que dejar una banqueta perimetral de 1.5 metros como mínimo, la cual sirve de sostenimiento. En esta etapa es necesario el uso de maquinaria pesada como excavadora, cargadores frontales y volquetes.

Las excavaciones masivas, señaladas en el párrafo anterior, no se realizan en el área íntegra de la zona a estabilizar, debe dejarse un tramo denominado banqueta, la misma que tiene ciertas características según sea su función.

La excavación puntual consiste en eliminar el material excedente del sector denominado: bermas de seguridad (visto en el párrafo anterior) y dejar a nivel banqueta.

La excavación se realiza desde el nivel de superficie de terreno (+0.00 m) hasta el nivel (-3.00 m) dejando un contrafuerte de terreno natural (denominado banqueta) de aproximadamente 1.00 m en la superficie y 1.5 m en el nivel – 3.00 m según se muestra en la Figura 015.

Cabe señalar que la excavación debe ser ejecutada conservando en lo posible la horizontalidad del terreno y que, por ningún motivo debe descalzarse el talud en forma vertical.

La excavación puntual se realiza con la finalidad de iniciar el marcado de los tramos o los límites de las pantallas.

Este trazo de paños permitirá ubicar exactamente los anclajes, lo cual consiste en un trabajo topográfico (empleando de preferencia una estación total).

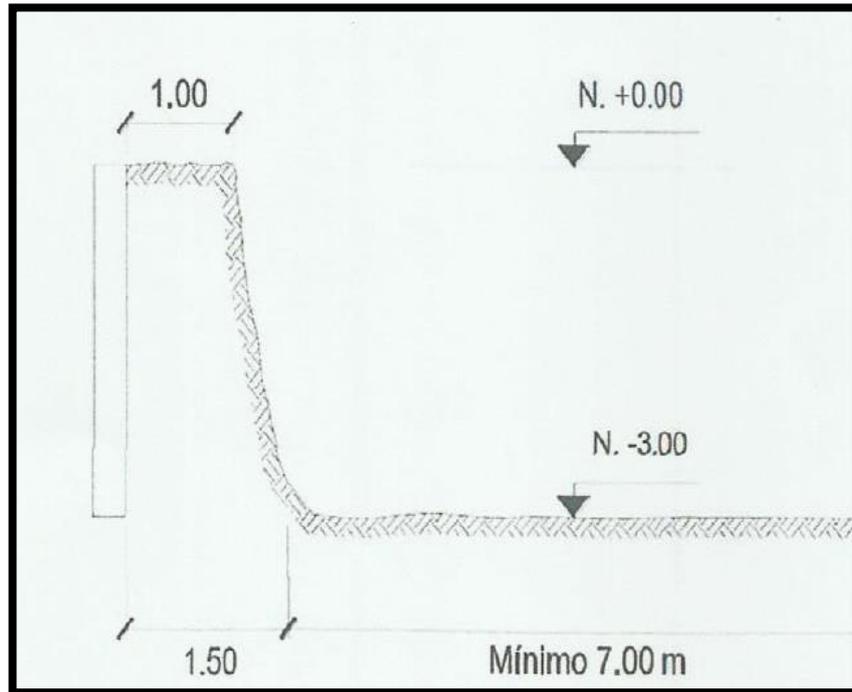


Figura N° 023: Contrafuerte de terreno natural.

Fuente: Propia.

3.4. PERFORACIÓN E INTRODUCCIÓN DE CABLES E INYECCIÓN

3.4.1. TRAZO DE PAÑOS PARA LA UBICACIÓN DE LA MÁQUINA.

Este punto define los límites de las banquetas, en consecuencia la dimensión del paño y la ubicación exacta del punto de perforación, para lo cual se deberá tener en cuenta el nivel del suelo para que la máquina perforadora le dé el ángulo esperado.

Se debe tener en cuenta que las dimensiones de la banqueta deben ser homogéneas (según diseño), esto es importante para que el muro anclado tenga el soporte suficiente y además, para facilitarle el trabajo a la máquina perforadora, en cuanto al desplazamiento y también en la ubicación del punto y ángulo de perforación. Por otro lado, el trazo de paño diferente traería tal vez más adelante problemas de disminución o incremento de anclajes, además de presentar problemas cuando se coloque los empalmes de la armadura del muro.

Para pasar el segundo anillo, se procede de la misma manera, desde el paso inicial, esto quiere decir que pasa por el proceso de construcción de excavación masiva, puntual (banqueta) y trazo.

Antes de perforar se nivela o prepara el terreno donde se va ubicar la máquina perforadora.

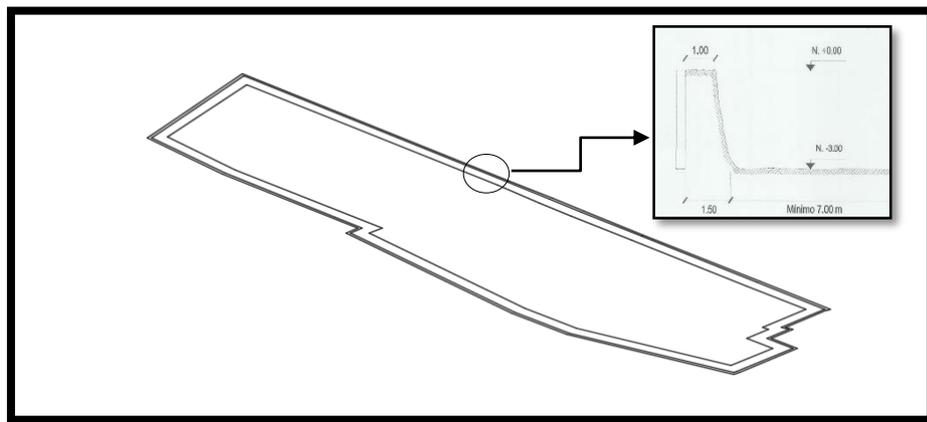


Figura Nº 024: Trazo de paños para perfilado.

Fuente: Propia.

Hay que considerar que el detalle de los planos es a la cara de los muros anclados, por lo cual debemos proyectar el punto con el ángulo de inclinación en la banqueta.

Una vez terminada la perforación y el proceso de inserción de todos los anclajes (inserción e inyección), se procede a realizar la perfilación, que consiste en una excavación manual de los paños para iniciar el proceso constructivo de las pantallas.



Figura N° 025: Trazado de paños para muros anclados.

Fuente: Propia.



Figura N° 026: Trazado de puntos de perforación para muros anclados.

Fuente: Propia.

3.4.2. PERFORACIÓN PARA ANCLAJES

La perforación consiste en una de las etapas más críticas del proceso constructivo de muros anclados, motivo por el cual se explicará al detalle en los cinco pasos siguientes:

3.4.2.1. ARMADO DE TALADRO CASING

Se arma el primer CASING (camiseta o tubo que protege al taladro e impide el desmoronamiento interno del terreno) con la punta del taladro en la máquina perforadora; a medida que avanza la perforación, se procederá colocar el segundo, tercer o más CASING, hasta llegar a la profundidad de diseño, o profundidad requerida.



Figura N° 027 Armado del CASING.

Fuente: Propia.

3.4.2.2. COLOCACIÓN DE ESPUMA Y LUBRICANTES

El proceso de colocación de espuma y lubricantes, obedece a un factor preventivo ya que sin esos lubricantes se podrían presentar problemas serios. Se colocan los lubricantes al taladro para que pueda rotar; así mismo, se coloca espuma líquida al agua para que sirva como agente de limpieza del taladro y de la perforación.



Figura N° 028: Colocación de espuma y lubricantes.

Fuente: Propia.

3.4.2.3. POSICIONAMIENTO Y MEDICIÓN DE ÁNGULO

Se posiciona la máquina perforadora en el punto indicado y se mide el ángulo de inclinación y horizontal indicado en planos. Está directamente relacionado con la adopción de tolerancias por lo que es preciso hacer una explicación de las mismas.



Figura N° 029: Ubicación de la máquina para medir el ángulo.

Fuente: Propia.



Figura N° 030: Medición de ángulo.

Fuente: Propia.

La adopción de tolerancias en los trabajos de muros anclados, específicamente en la ubicación de anclajes, ángulo de perforación (H:V), longitud de perforación, longitud libre y bulbo de anclajes y carga de tensado, obedecerán a diferentes factores que condicionan esta adopción, ya que se pueden tener interferencias como losas y columnas, cisternas y/o piscinas de edificaciones adyacentes, trazos de topografía erróneos, posición de equipos y factor humano.

Este ítem aclara las diferentes situaciones que pudieran presentarse en la obra y la adopción de tolerancias que en caso de adoptarlas, no tendrán ninguna anomalía en este proceso o para ser más exacto, en el diseño estructural.

Para mitigar el desplazamiento de la ubicación inicial de cada anclaje de acuerdo al diseño del sostenimiento, se prevé la reubicación de anclajes a un tercio de la ubicación actual del referido anclaje.

El sistema de muro anclado, es un sistema flexible en donde puede adaptarse a las necesidades de la obra, el desplazamiento del anclaje por interferencias y tolerancia en el ángulo de inclinación.

Los anclajes pueden cambiar su ubicación original cuando se requiera, siempre que se encuentre en el tercio central respecto al nivel de anclaje diseñado, como se muestra en la siguiente figura.

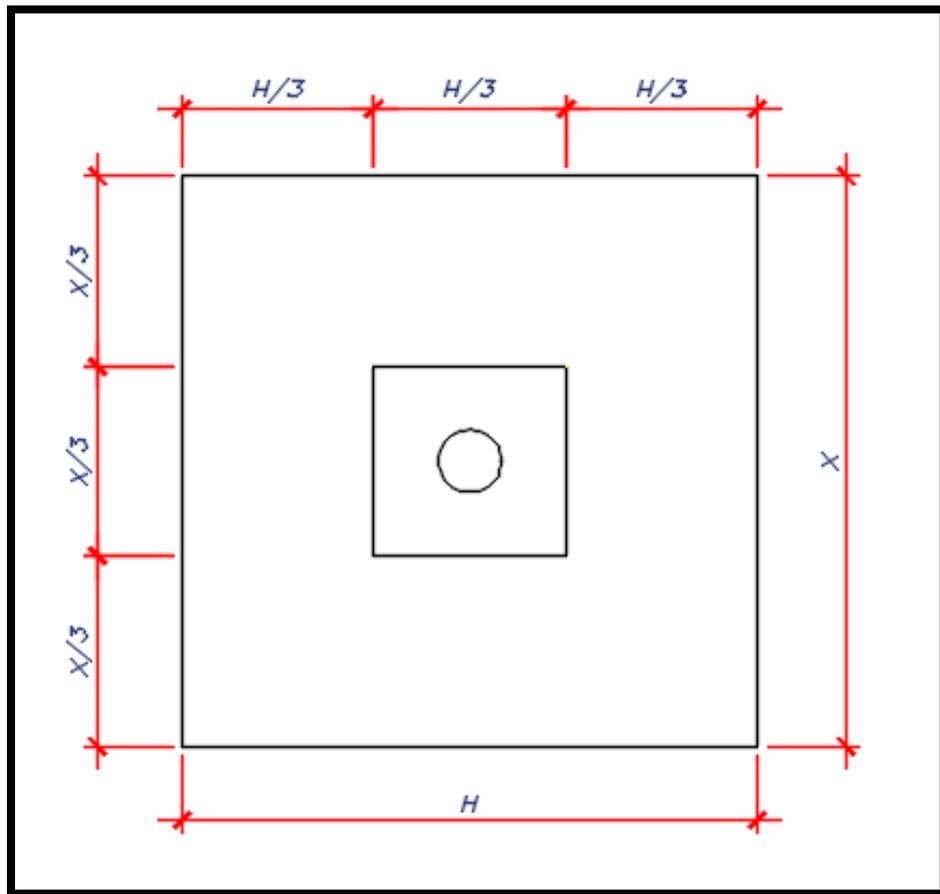


Figura N° 031: Tolerancia para mitigar el desplazamiento de la ubicación inicial del anclaje.

Fuente: Propia.

La reubicación del anclaje será de acuerdo a lo antes indicado, es decir podemos trasladar el anclaje en un radio promedio de 0.80 m de su ubicación original, la misma que se encuentra ilustrado en el siguiente gráfico:

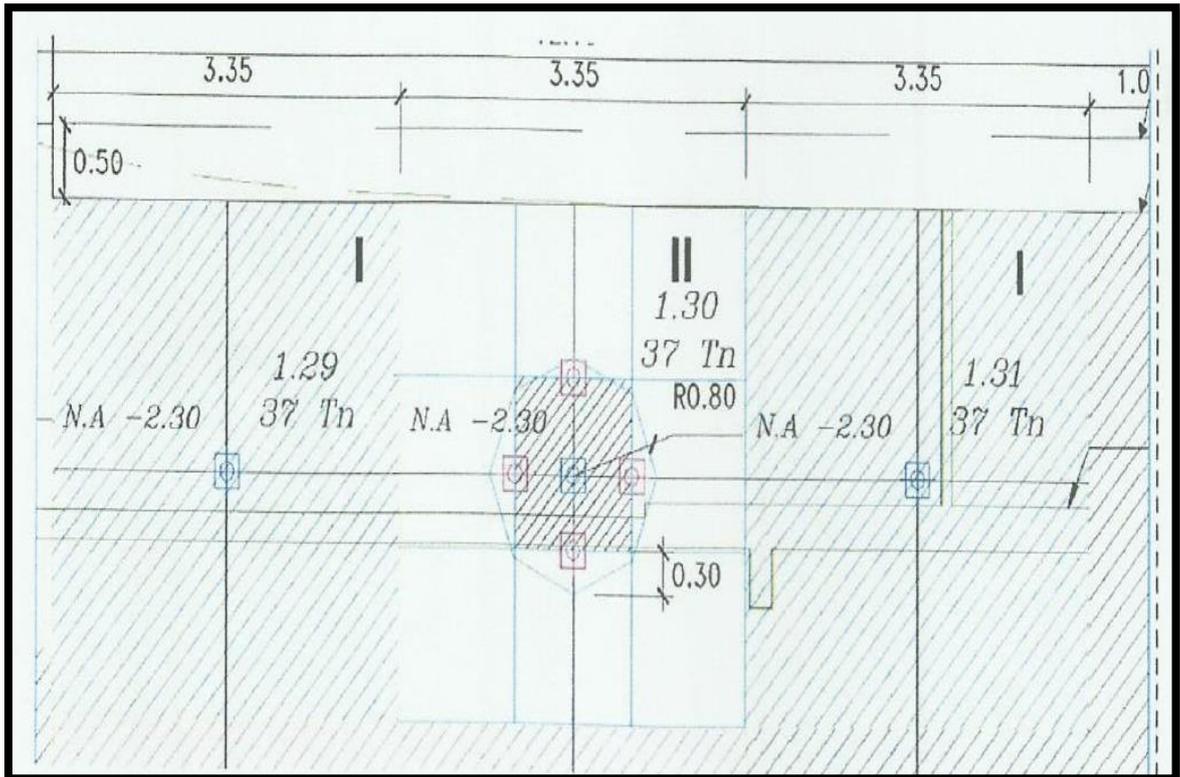


Figura N° 032: Tolerancia para mitigar el desplazamiento de la ubicación inicial del anclaje según diseño.

Fuente: Propia.

Se prevé que la profundidad de las perforaciones tendrá una tolerancia de ± 50 cm. Los diámetros de perforación especificados tendrán una tolerancia de ± 50 mm, la orientación e inclinación del eje de la perforación tendrá una tolerancia de $\pm 10^\circ$, tanto en la vertical como en la horizontal. La longitud de libre y longitud de bulbo puede variar en ± 10.0 cm.

En relación a la carga de tensado, este tendrá una tolerancia del ± 5.0 % de la carga de servicio, por cuanto los diseños se efectuarán considerando factores de seguridad parciales y/o globales, el mismo que es asumidos por diferentes factores propios de operación y/o trabajo.

En el siguiente cuadro se señalan los factores de seguridad que asume el diseño:

FACTORES DE REDUCCIÓN	Abrev.	Coeficiente parcial		
		Caso Estático permanente	Caso Estático, constructivo temporal	Caso sísmico extraordinario
Ángulo de fricción interna	γ_ϕ	1.25	1.15	1.0
Cohesión	γ_c	1.25	1.15	1.0
Fuerza de arranque anclajes, clavos, geosintéticos	γ_A	1.40	1.30	1.0
FACTORES DE MAYORACIÓN				
Cargas permanentes	γ_G	1.0	1.0	1.0
Cargas variables	γ_Q	1.3	1.2	1.0

Figura N° 033: Cuadro de factores de seguridad.

Fuente: Propia.

3.4.2.4. PERFORACIÓN

Una vez ubicada la máquina en el punto de perforación previamente definido, se debe tener en claro la inclinación de la maquinaria con respecto a un eje horizontal o vertical, ésta inclinación está definida en los planos o especificaciones. Se debe utilizar una plantilla y un nivel o un medidor de ángulos.

Así mismo, la perforación es realizada antes de la inyección de la lechada de cemento y la eliminación de la banqueta, considerando la longitud del diseño, este tipo de perforación es roto-percusiva, ósea revisten el hueco a la vez que perforan.

La utilización de la herramienta apropiada, es según el tipo de terreno a perforar y de maquinaria a utilizar, de acuerdo a las indicaciones del jefe de perforaciones o ingeniero encargado del proyecto o de acuerdo a lo siguiente:

- Perforadora rotatoria con martillo de fondo: perforaciones mayores a 3 pulgadas de diámetro, de una profundidad mayor a 5 metros, en terreno duro tipo roca o en materiales granulares como arenas o gravas.
- Perforadora rotatoria tricono y/o mano de ángel: perforaciones mayores a 3 pulgadas de diámetro, de una profundidad mayor a 5 metros, en terrenos más sueltos o expandibles tipo arcillas o limos, en muchos de los casos será necesario utilizar agua, bentonita o polímero y una bomba de lodos para mantener la perforación.
- Perforadora con martillo de cabeza: Se utiliza en terrenos duros como rocas areniscas o arcillolitas.



Figura N° 034: Perforación.

Fuente: Propia.

3.4.2.5. RETIRO DEL TALADRO

Se procede a retirar el taladro (84 mm) para dejar el CASING libre.



Figura N° 035: Retiro del taladro.

Fuente: Propia.

3.4.3. INDUCCIÓN DE ANCLAJE

Previamente a la inducción del anclaje es necesario tener satisfacer los siguientes requerimientos:

- Desplazamiento al sitio de trabajo.- Esta fase consiste en movilizarse al sitio de trabajo, teniendo en cuenta la identificación de peligros y riesgos, realizada anteriormente, además se deben tener en cuenta los procedimientos operativos de armado e instalación de anclajes y otros como por ejemplo trabajo en alturas.
- Fabricación de manguitos.- Para la fabricación de manguitos, se realizan perforaciones con broca de 3/4 de pulgada sobre el la tubería PVC RDE 21 de 1 pulgada de diámetro, aproximadamente cada 15 centímetros alrededor de todo el diámetro (4 perforaciones cada 15 centímetros) esto es por la longitud del bulbo del anclaje, previamente definida, en planos o especificaciones.
- Corte de cable.- Se mide el cable para realizar el corte en una superficie plana horizontal que puede ser sobre el piso, la longitud de corte es la longitud perforada del anclaje más 1 (un) metro que se dejan para que el anclaje pueda tensionarse posteriormente.
- Unión del anclaje.- Consiste en conformar el anclaje en su totalidad, uniendo los tubos con manguitos (zona de bulbo) los tubos sin perforar (zona libre) colocando los separadores en la zona de bulbo y ensamblando el cable en los separadores, utilizando alambre para su amarre. Por último se forra el cable de la zona libre con manguera de protección de polietileno y se termina de amarrar con alambre.
- Traslado del anclaje.- El anclaje deberá ser transportado al sitio donde se haya realizado la perforación, en esta etapa, se debe considerar el peso del mismo y de acuerdo a este trasladarlo con la ayuda de varias personas al sitio para comenzar la instalación, se deben tener en cuenta sobre-esfuerzos y caídas al mismo y diferente nivel, si es

necesario tener en cuenta el procedimiento de trabajos en alturas, dependiendo del lugar de instalación del anclaje.

Una vez terminada la perforación y los aspectos señalados anteriormente, se introduce el anclaje en el agujero por dentro del tubo de revestimiento y luego se procederá al retiro del tubo de revestimiento. La introducción del anclaje dentro del agujero debe ser muy cuidadoso para no dañar la estructura del anclaje. Presenta dos partes: bulbo y parte libre.

Las personas que transportan el anclaje pasarán el mismo a las personas que lo instalan (mínimo 2) las cuales ejercerán una fuerza para introducir el anclaje. Tener en cuenta el riesgo de fatiga y sobreesfuerzos, en caso que la perforación sea inestable y no se pueda instalar el anclaje deberá ser retirado y se re-perforará, según procedimiento de perforación de anclajes.



Figura N° 036: Verificación del bulbo.

Fuente: Propia.



Figura N° 037: Inducción del anclaje.

Fuente: Propia.

3.4.4. INYECCIÓN DE LECHADA

Esta actividad es de mucha importancia, es necesario efectuar el llenado del anclaje garantizando la descarga correcta y verificando que no se presente fuga entre el terreno; forman parte de esta actividad los elementos y herramientas utilizados para la tarea tales como obturadores, flauta, llaves para tubo, mangueras y tubería de inyección acerada (presión mayor a 1000PSI).

Para realizar esta actividad muy importante es preciso señalar algunos aspectos de mucha relevancia como:

- Desplazamiento al sitio de trabajo.- consiste en movilizar los equipos de trabajo al sitio de trabajo, teniendo en cuenta la identificación de peligros y riesgos, así como los procedimientos operativos normalizados de llenado e inyección; por otro lado, se debe realizar una inspección pre-operacional de los equipos de llenado e inyección (bomba de

inyección, tubería de inyección, manguera de inyección) equipos adicionales (obturadores, flauta, etc.)

- Ubicación de la maquinaria.- Se debe ubicar la maquinaria en un sitio de fácil acceso, y que tenga las facilidades para el suministro de agua y de cemento.
- Mezclado de lechada agua cemento.- Se realiza la dosificación Agua - Cemento atendiendo las especificaciones, ya sea para la Inyección o Llenado. Utilizar un mezclador manual o eléctrico debidamente revisado a diario en los formatos pre-operacionales. A su vez debe comprobarse la dosificación Agua – Cemento utilizando recipientes o marcando previamente el mezclador ya sea manual o eléctrico.
- Llenado.- El llenado dependerá del tipo de perforación seseada, ya sea con aire, con agua o con algún otro fluido, se podrá realizar un llenado de la perforación por gravedad o colocando presión en el fondo del anclaje, esto depende también del tipo de terreno que previamente se ha perforado. Se debe realizar un llenado por gravedad para una perforación que no ha presentado signos de inestabilidad en ninguno de los estratos perforados, esto sucede para terrenos duros como roca arenisca, limolita o arcillolita, entre otros. Por otro lado, se debe realizar un llenado desde el fondo anclaje aplicando una presión menor, si la perforación ha sido inestable, o realizada con agua o algún otro líquido expansivo como bentonita o polímero. Lo que generalmente se utiliza para terrenos como arcillas, limos, arenas u otros.

Para la realización de la inyección se debe colocar la tubería de inyección, incluyendo dos obturadores y una flauta que puede tener longitudes desde 1 metro hasta 2, dentro de la tubería del anclaje. Una vez instalada la tubería de inyección dentro del anclaje ésta debe ser asegurada, en el extremo libre. Se debe inyectar la lechada agua-cemento a una presión no mayor a 300 psi. Se puede presentar que según el tipo de terreno, a una presión menor o igual a 300 psi no se supere la resistencia del mismo, para lo cual no es necesario seguir inyectando en ese metro. Así como también

se puede presentar, que haya la necesidad de realizar una segunda o tercera inyección cuando el bulbo no se ha conformado en la primera inyección. Al igual que el llenado se debe, antes de realizar la inyección, haber revisado cuidadosamente las uniones de mangueras de acoples rápidos y si es posible incluir guayas antilátigo y dejar registro de los bultos utilizados para la inyección y de la presión por cada metro inyectado.



Figura N° 038: Planta de inducción de concreto.

Fuente: Propia.



Figura N° 039: Inducción de concreto finalizado.

Fuente: Propia.

3.5. EXCAVACIÓN EN BANQUETA, COLOCACIÓN DE ARMADURA Y TENSADO DE ANCLAJES

3.5.1. EXCAVACIÓN DE BANQUETAS

Como se señaló anteriormente, en relación con las excavaciones, la banqueta tiene ciertas características según sea su función; en este caso debe ser de 1.00 a 1.50 de ancho en la parte superior, de esta manera el equipo de trabajo podrá efectuar, el trazado, perforación, colocación de anclaje e inyección, los cuales son trabajos que se ejecutan sobre la banqueta.



Figura N° 040: Configuración de banquetas.

Fuente: Propia

3.5.2. PERFILADO DE LA BANQUETA

El perfilado se realiza manualmente con picos y palas una vez conformado el bulbo mediante la inyección de la lechada de cemento, este procedimiento consiste en alcanzar el nivel horizontal y vertical de manera

intercalada, para posteriormente proceder a echar una lechada de cemento en la pared perfilada para evitar que se desmorone el terreno.

Es decir, esta excavación debe realizarse de preferencia manualmente, excavando alternadamente o en frentes separados.

El número de banquetas que se excavan está relacionado con el ritmo de avance de la obra.

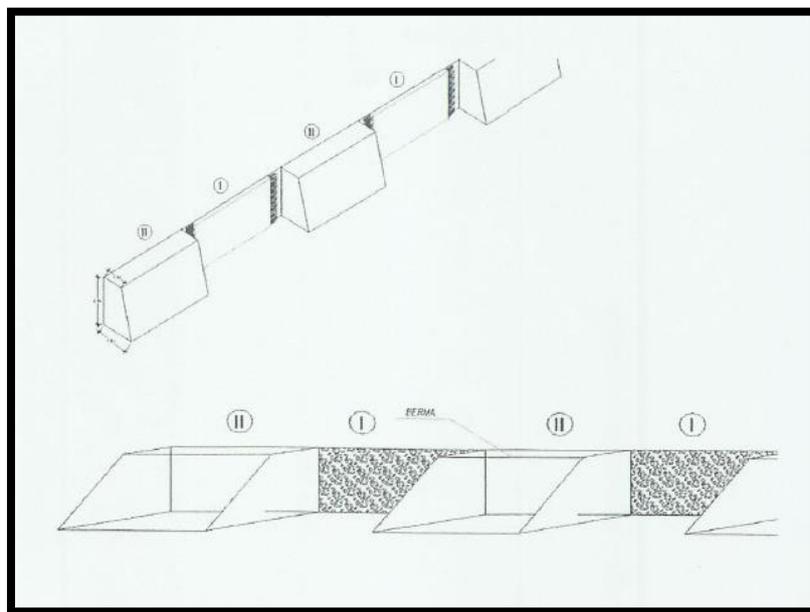


Figura N° 041: Excavación de banquetas.

Fuente: Propia.

Es muy importante señalar que se debe tener cuidado en dejar los aceros de espera necesarios para la armadura del muro (mechas de acero para empalmar con el anillo inferior, superior y laterales).



Figura N° 042: Desarrollo del trabajo en banquetas alternadas.

Fuente: Propia.



Figura N° 043: Perfilado de banquetas, lechada de concreto y perfilado para el refuerzo.

Fuente: Propia.

3.5.3. COLOCACIÓN DE ARMADURA DEL MURO Y VERIFICACIÓN DEL REFUERZO

Culminado el proceso de perforación, inyección y perfilación, se procede a montar la armadura del muro pantalla, la cual es igual a cualquier estructura armada (previo diseño) con la diferencia que lleva un refuerzo en la parte donde ira el anclaje. Este refuerzo ayudara a que el muro no se agriete al momento de ser tensado, el recubrimiento suele ser de 2.5 a 4 cm para muros anclados.



Figura N° 044: Colocación de la armadura del fierro.

Fuente: Propia.



Figura N° 045: Refuerzo del punto de anclaje.

Fuente: Propia.

3.5.4. ENCOFRADO DE LA ESTRUCTURA DEL MURO

En esta etapa se tapan o encofran los espacios dejados para las pantallas, dejando una abertura en la parte superior para el respectivo vaciado, es preciso señalar que el encofrado se realiza teniendo en cuenta que las mechas deben quedar libres para el empalme con las pantallas inferiores laterales y superiores, según sea el caso.

La fuerza que ejerce la mezcla de concreto es muy alta, tanto que puede vencer a un encofrado común. Por esto se busca reforzarlo con apuntalamientos. El problema viene cuando se va avanzado descendentemente en el proceso constructivo de los muros, puesto que entre más profundo sea el nivel en el que nos encontremos, más difícil será poder encontrar puntos de apoyo que sirvan para estabilizar el encofrado por la misma distribución del terreno y las pendientes que se generan.



Figura N° 046: Encofrado del muro anclado.

Fuente: Propia.

3.5.5. Vaciado del muro

El diseño del concreto que se usará en los muros será realizado teniendo en cuenta que se necesitará hacer un tensado de los anclajes lo antes posible, así mismo, teniendo en cuenta el punzonamiento al que será sometido. El valor o resistencia de tensado lo define el proyectista en función del tamaño de la placa de fijación y de la carga de tensado. El uso de concreto acelerado es particular al plan de cada obra.

El valor de tensado en el proyecto fue $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ definido por el proyectista de muros anclados; sin embargo el concreto solicitado fue de $f'c=340 \text{ kg/cm}^2$ más acelerantes de fragua a tres días. El vaciado de los muros anclados se ejecutó con Mixer, cargador frontal y empleando carretillas y lampas para lo cual se adecuó una rampa de acceso.



Figura N° 047 Vaciado del muro anclado.

Fuente: Propia.



Figura N° 048: Muro anclado en fragua rápida (3 días).

Fuente: Propia.



Figura N° 049: Pilotes para las pruebas a la compresión de los muros anclados.

Fuente: Propia.

3.5.6. TENSADO DE ANCLAJES DE CABLES

Cuando el concreto ha alcanzado su resistencia, esto es a los tres días, se tensan los cables aplicando una fuerza entre las 25 a 35 Toneladas, dependiendo de la especificación de cada muro.

En primer lugar, se ejecuta una limpieza del anclaje y de la superficie de apoyo de la estructura de contención. Se retirará la vaina que protege a los cables de anclaje, junto con los restos de concreto o materiales existentes. La superficie de apoyo del muro debe estar perfectamente lisa para permitir la instalación correcta de la placa de apoyo, es por esto que se ejecuta un resane previo a esta superficie.

Seguidamente, se debe verificar el ángulo de apoyo del anclaje. Este sistema debe ser adecuado para el ángulo formado entre el anclaje y el

muro con una desviación máxima permitida entre el anclaje y el sistema de apoyo de +/- 3°.

Se verifica la disponibilidad de espacio requerido por el gato hidráulico para poder realizar el tensado de forma óptima. Se debe verificar la longitud adicional de los cables de anclaje, debe cumplir con los requerimientos mínimos puestos por el equipo, el cual es 80cm. Adicionalmente se debe disponer de una plataforma de trabajo suficiente para que el personal maniobre el gato hidráulico y realice las mediciones correspondientes.



Figura N° 050: Tensado de anclaje con gata hidráulica.

Fuente: Propia.

3.5.7. EXCAVACIÓN PERIMÉTRICA (PLATAFORMAS INFERIORES)

Para iniciar las excavaciones inferiores de las diferentes plataformas de trabajo deben estar necesariamente tensados todos los anclajes de las líneas superiores. Recién después del tensado de los paños inmediatos superiores, se procederá con las siguientes etapas de excavaciones que se hará en forma similar a las anteriores, en el nivel -3.00 m se dejará un

ancho terreno de 1.00 m y en el nivel -6.50 el ancho será de 1.50 m como se muestra en la siguiente figura:

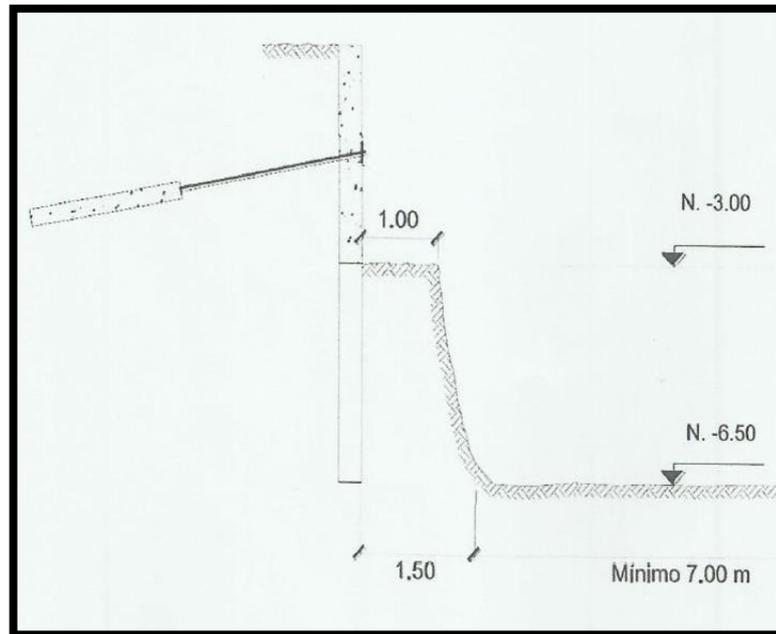


Figura N° 051: Diseño de trabajo en anillos inferiores.

Fuente: Propia.

3.5.8. EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN

La construcción del muro de esta última etapa, se hace también en forma alternada. Se debe tener en cuenta que la cuña de seguridad solo debe ser removida antes de la construcción del muro.

Asimismo, cuando el terreno es perfilado hasta el nivel de fondo de la última losa de sótano, se procede a la excavación correspondiente a la cimentación, para este caso se deberá excavar solo el volumen mínimo necesario para construir los cimientos. Inicialmente concluida la ejecución de los mismos, el terreno excavado deberá ser restituido y compactado, para proporcionar confinamiento lateral.

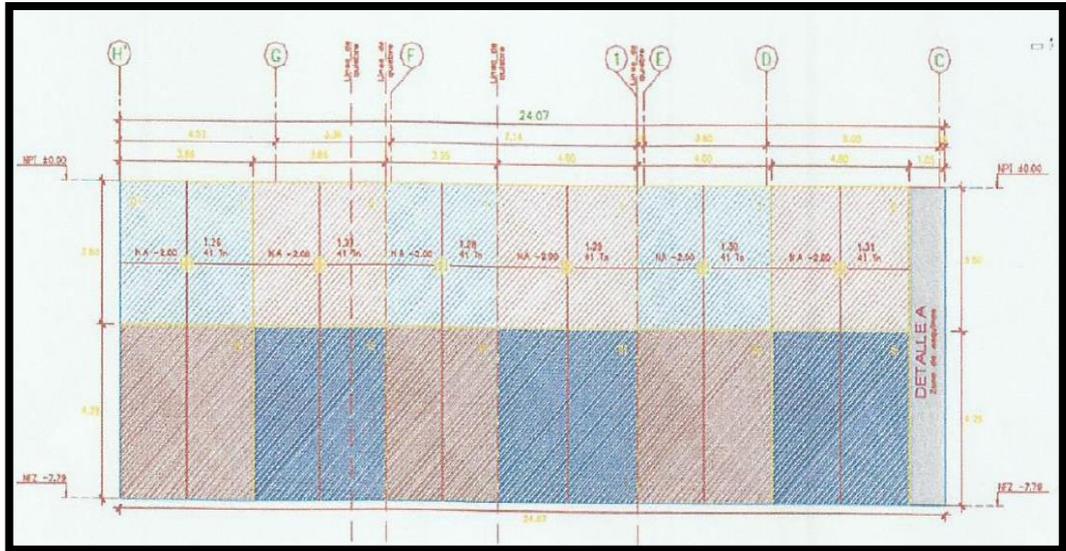


Figura N° 052: Segmento común en anillos inferiores.

Fuente: Propia.

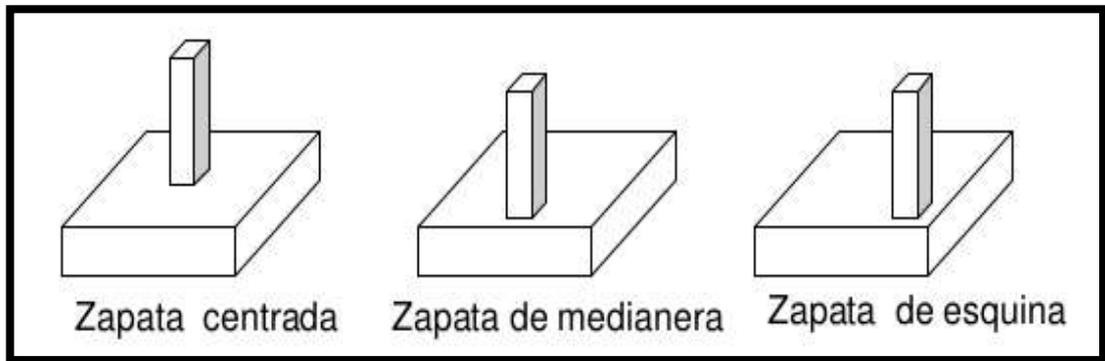


Figura N° 053: Tipos de zapatas para columnas.

Fuente: Propia

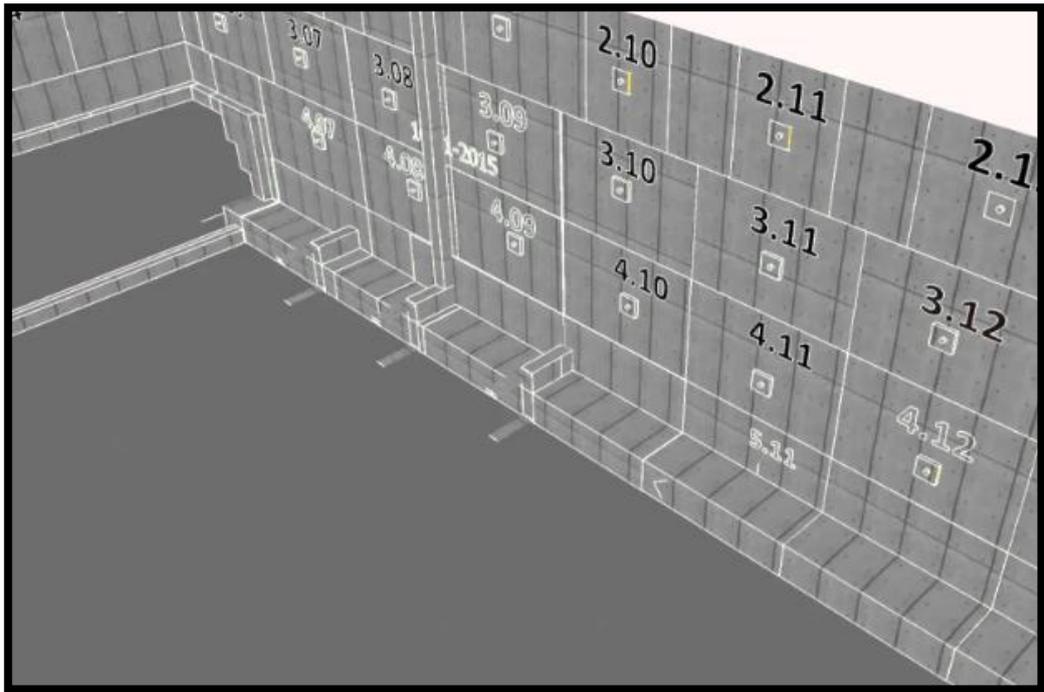


Figura N° 054: Cimiento para muros anclados.

Fuente: Propia

3.6. MAQUINARIA Y EQUIPOS EMPLEADOS

La maquinaria y equipos empleados dentro del proceso constructivo del sistema de estabilización de taludes por medio de anclajes post tensado son diversos, debido a la variedad de los trabajos propios de cada etapa de su construcción. Además de los ya conocidos como Volquetes, Excavadoras y Retroexcavadoras participaron los siguientes equipos:

3.6.1. Perforación

Para esta etapa se emplea la perforadora autopropulsada sobre orugas con su equipo de perforación hidráulica de cabezal giratorio diseñado esencialmente para perforar todo tipo de terreno.

Sus funciones principales son perforar túneles, trabajos de cimentación (anclajes), perforación para estudios geotécnicos, perforación para explotación de minería, etc.

En la perforación, además de la perforadora propiamente dicha los elementos que participan son los siguientes:

- Barreno.- Barra de acero (puede ser hueca para lubricación) la misma que en la cabeza de ésta, posee una aleación especial para la perforación.
- Tubería Casing.- para encamisado de la perforación



Figura N° 055: Empleo de la perforadora autopropulsada y la compresora de aire.

Fuente: Propia.

Equipos y Características *	Dimensiones	Fotografía
<p>Equipo de Perforación: Atlas Copco Mustang 5P4D</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Atlas Copco, Modelo: Mustang 5P4D - Rendimiento promedio: 90 m/día (grava arenosa, Lima) - Velocidad de avance: 22 m/min - Inclinación máxima de avance: 30° - Mástil perforación BMI 4.20 m operado hidráulicamente - Panel de control con brazo extensible - Brazo articulado con movimiento lateral ±30° - Tornamesa 3 x 120° - Sistema de orugas con función pendular ±10° 	<p>Largo: 8.00 m Ancho: 2.40 m Altura: 6.30 m Peso: 14,000 kg</p>	
<p>Equipo de Perforación: Atlas Copco Mustang 9F4D</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Atlas Copco, Modelo: Mustang 9F4D - Rendimiento promedio: 70 m/día (grava arenosa, Lima) - Velocidad de avance: 30 m/min - Inclinación máxima de avance: 30° - Mástil de perforación de 6.25 m operado hidráulicamente - Panel de control con brazo extensible - Brazo articulado con movimiento lateral ±30° - Tornamesa 3 x 120° 	<p>Largo: 7.64 m Ancho: 2.48 m Altura: 3.47 m Peso: 14,000 kg</p>	

Figura N° 056: Algunos equipos de perforación

Fuente: CAPECO

- Compresora de aire, la cual se encarga de recoger el aire y someterlo a una presión atmosférica superior; esta presión de aire va permitir que los residuos sean expulsados durante la perforación.

Compresora: Atlas Copco XRVS 1000CD6 - Marca: Atlas Copco, Modelo: XRVS 1000CD6 - Presión de trabajo efectiva: 25 bar (363 psi) - Volumen de trabajo: 980 CFM - Compresor helicoidal con silenciador de dos fases - Motor Diesel CAT C-13 refrigerado por líquido	Largo: 5.64 m Ancho: 2.10 m Altura: 2.46 m Peso: 6,800 kg	
---	--	---

Figura N° 057: Compresora empleada

Fuente: CAPECO

3.6.2. Inyección

Concluida la perforación e insertado el cable correspondiente, se emplea el equipo de inyección de lechada, la misma que tiene por función añadirle la lechada de cemento al anclaje (conformación del bulbo), esta máquina se compone de:

- Mezcladora.- Es la máquina que se encarga de realizar la mezcla del cemento, agua y aditivos (acelerante de fragua)
- Agitador.- Esta máquina sirve como depósito de acumulación entre la bomba y la mezcladora, tiene por función principal garantizar la continuidad de la inyección.
- Bomba de inyección.- Es la máquina que se encarga de impulsar la mezcla durante la inyección.



Figura N° 058 Equipo de inyección de lechada

Fuente: CAPECO

Equipos y Características *	Dimensiones	Fotografía
Central de Inyección: Bomba Maquesonda BIM-55 - Marca: Maquesonda, Modelo: BIM-55 - Presión máxima: 70 bar (1000 psi) - Potencia: 12.5 HP - Caudal: 19.5 GPM (55 l/min) - Bomba para inyección de lechada y mortero - Motor eléctrico trifásico, con base estructural con esquíes	Largo: 1.28 m Ancho: 0.72 m Altura: 1.08 m Peso: 600 kg	
Central Inyección: Unidad Hidráulica de Accionamiento - Unidad tipo doble pistón hidráulico - Base estructural sobre esquíes	Largo: 3.00 m Ancho: 0.40 m Altura: 0.80 m Peso: 300 kg	

Figura N° 059: Central de inyección (bomba y unidad hidráulica)

Fuente: CAPECO

3.6.3. Vaciado de muro

Para el vaciado de los muros se empleó una AUTOBOMBA modelo S32X, sistema automático de bombeo de concreto que consta de una bomba montada sobre el chasis de un vehículo, que funciona bajo el principio hidráulico, así mismo, cuenta con un brazo y su propia tubería la misma que se opera a control remoto ubicado en el sitio de descarga.



Figura N° 060: Autobomba de concreto premezclado

Fuente: Propia

3.6.4. Tensado de anclajes de cables

El gato hidráulico es la herramienta que se usa para tesar los cables del anclaje, esta herramienta va a permitir que todos los cables dentro del tendón sean tensados simultáneamente con un gato hidráulico adosado al anclaje; se podría decir que la ventaja de este método está en la realización rápida y precisa del tesado de cables en una sola operación.

Equipos y Características *	Dimensiones	Fotografía
Equipos de Tensado: Pistón Hidráulico Rudloff - Marca: Rudloff, Serie N° MP 05-12-24 - Capacidad: 200 toneladas - Carrera máxima del pistón: 300 mm - Área del pistón de avance: 355.30 cm ²	Altura: 640 mm Diámetro: 330 mm Carrera: 280 mm Peso: 237 kg	
Equipos de Tensado: Bomba Hidráulica Rudloff - Marca: Rudloff, Modelo: BEP 03, Serie N° MP 05-12-24 - Bomba hidráulica de accionamiento eléctrico 3F, 220 V Equipos de Tensado: Manómetro Enerpac - Marca: Enerpac, Modelo: GF-871P - Capacidad: 10,000 psi (700 bar) - Valor de una división: 100 psi (7 bar)	Largo: 0.56 m Ancho: 0.53 m Altura: 0.65 m Peso: 125 kg	
Equipos de Tensado: Pistón Hidráulico Farex - Marca: Farex, Modelo: MFC, Tipo: MFC-20012 - Capacidad: 200 toneladas - Carrera máxima del pistón: 300 mm - Área del pistón de avance: 45,465 mm ² - Área del pistón de retorno: 29,442 mm ²	Altura: 523 mm Diámetro: 290 mm Carrera: 300 mm Peso: 308 kg	
Equipos de Tensado: Bomba Hidráulica Farex - Marca: Farex, Serie N° 08142 - Bomba hidráulica de accionamiento eléctrico - Diseñada para accionar cilindros de doble efecto Equipos de Tensado: Manómetro Farex - Marca: Farex, Serie N° 264411 - Capacidad: 440 bar - Valor de una división: 10 bar	Largo: 0.45 m Ancho: 0.45 m Altura: 0.90 m Peso: 200 kg	
Equipos de Tensado: Pistón Hidráulico Mekano4 - Marca: Mekano4, Modelo: MS-3 - Capacidad: 309 toneladas - Área del pistón de avance: 433.527 cm ² - Área del pistón de retorno: 208.124 mm ²	Altura: 732 mm Diámetro: 384 mm Carrera: 210 mm Peso: 475 kg	
Equipos de Tensado: Bomba Hidráulica Mekano4 - Marca: Mekano4, Tipo: BPT-11.2, Serie N° 91 - Bomba hidráulica de accionamiento eléctrico - Diseñada para accionar cilindros de doble efecto Equipos de Tensado: Manómetro Mekano4 - Marca: Mekano4, Serie N° 1450 - Capacidad: 700 bar - Valor de una división: 20 bar	Largo: 1.05 m Ancho: 0.50 m Altura: 0.95 m Peso: 500 kg	

Figura N° 061: Equipos de tensado (Gato hidráulico)

Fuente: CAPECO

CAPÍTULO IV

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

4.1 Generalidades

Durante los últimos años, la cultura de la prevención de accidentes, se ha impregnado fuerte y acertadamente en el rubro de la construcción, es más hoy por hoy los Estados a través de las instituciones correspondientes exigen a las empresas constructoras, que dentro de su staff profesional exista un responsable de la prevención de accidentes, nombrado y con una asignación presupuestal necesaria.

Sin embargo, si bien podríamos decir que los accidentes en el trabajo de alguna manera han mermado, estos continúan existiendo; este capítulo propone una metodología didáctica, simple y que sobre todo que permitirá mitigar o neutralizar los accidentes en el trabajo.

Esta metodología tiene tres pasos iniciales y un cuarto paso en el cual convergen los pasos anteriores y dos productos finales, de acuerdo a lo siguiente:

Primer paso: Análisis de las lecciones aprendidas

Segundo paso: Análisis de riesgos

Tercer paso: Visión del Previsionista

Cuarto paso: Integración

Producto uno: Medidas de seguridad actualizadas

Producto dos: Lista de Chequeo

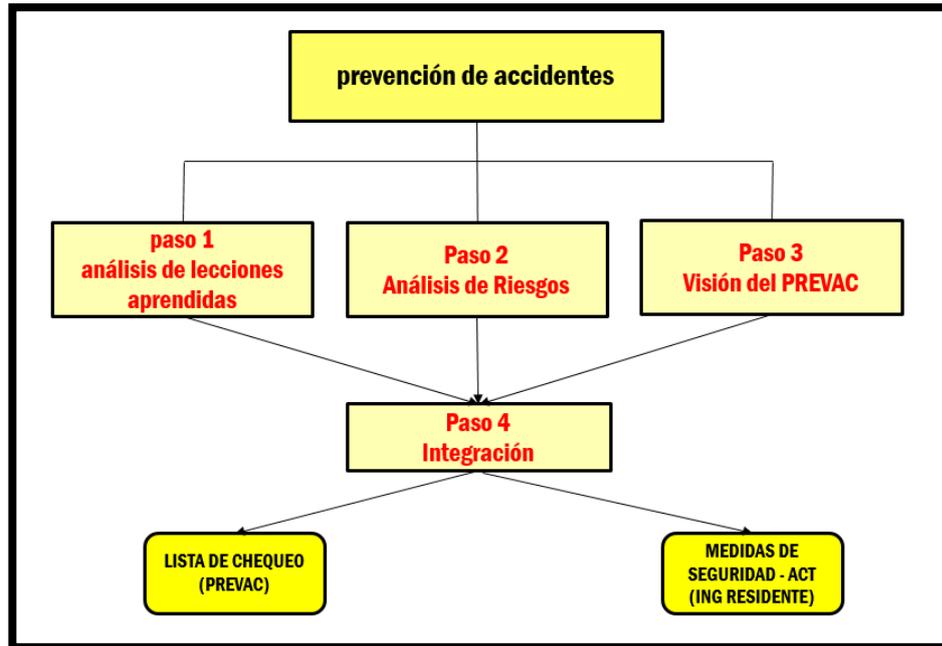


Figura N° 063: Pasos para prevenir un accidente

Fuente: Propia.

4.2 Análisis de las lecciones aprendidas

Son eventos del pasado (excavaciones en el ámbito nacional e internacional) que como consecuencia de su ejecución han ocasionado accidentes o muertes y que luego de haber sido analizados, dieron como resultado ciertos procedimientos a seguir para que no vuelva a suceder.

Su análisis debe ser breve y entendible por cualquiera; su desarrollo incluye los siguientes aspectos:

4.2.1 Hecho suscitado

Es la descripción de la actividad propiamente dicha, en él se incluyen aspectos como: tipo de terreno o granulometría, factores de seguridad, equipamiento, maquinaria empleada, etc. Se inicia con una descripción general del trabajo para luego concluir con los aspectos específicos.

4.2.2 Causa

Se describe la causa o causas del accidente, de existir documentación como lecciones aprendidas se recoge el producto, de no existir éstas, se hace una investigación a través de la recopilación de datos, luego se analiza y finalmente se establecen conjeturas (Juicio probable formado acerca de una cosa o persona a partir de una señal o indicios) de los motivos del accidente.

4.2.3 Lecciones aprendidas

Es el conocimiento o entendimiento ganado por medio del análisis y la reflexión sobre un evento pasado, pueden ser positivas o negativas, constituyen el primer paso para la identificación de buenas prácticas. La finalidad del análisis de las lecciones aprendidas es que los aspectos negativos que fueron consecuencia de un accidente no se vuelvan a repetir.

4.3 Análisis de riesgos

En este paso, se estudia la posibilidad y consecuencia de cada factor interviniente, de manera de establecer el nivel de riesgo de la obra; por otro lado, determinará cuáles son los factores de riesgo que potencialmente podrían ocurrir. Por tanto debe ser efectuado por el responsable de la prevención de accidentes.

El análisis de riesgo debe ser elaborado para cada actividad, teniendo presente el precepto "ninguna actividad es exactamente igual a otra así estas tengan el mismo nombre", esto se explica porque muchas veces variarán los elementos que la componen (entorno, clima, humedad, granulometría, altura, etc).

En ese contexto, se ha desarrollado un procedimiento para prevenir los accidentes durante la construcción de la cimentación del sistema de sostenimiento mediante cables post tensados, el mismo que es el siguiente:

4.3.1 Detección de las vulnerabilidades

Se señala todas las vulnerabilidades que se puedan producir a consecuencia de la falta de experiencia, negligencia, confianza del obrero o por falta de control del encargado; las vulnerabilidades están relacionadas con el factor humano.

En este aspecto está considerado el equipo individual de protección del trabajador.

4.3.2 Identificación del peligro

Se señalarán todos los peligros que presenta la zona de trabajo y el material empleado; el peligro está relacionado con el entorno, equipo y los materiales.

- Análisis del entorno (zona de trabajo).- El desarrollo de una partida específica en una obra es diferente al de otra obra, así estas tengan el mismo nombre, esto debido a las diferencias físicas existentes en ambas, como la humedad, sifonamiento granulometría, precipitaciones, iluminación, napa freática, etc.



Figura N° 064: Falla por sifonamiento

Fuente: América Televisión.

- Análisis del equipo.- En la ejecución de un trabajo se emplea equipo mecánico y equipo menor, en ambos casos se debe tener cuidado en cuanto a su operatividad, toda vez que existe un gran índice de accidentes producto a falla mecánica de estos.
- Análisis de los materiales.- Normalmente al realizar los trabajos de construcción se realizan empleando materiales (cemento, pegamentos, aditivos, cerámicos, etc) los cuales merecen cuidados especiales para su manipulación, estos cuidados normalmente se encuentran escritos en sus respectivos embaces. De no hacerlo, podría afectar la salud del personal y si se quiere ir más allá, también al desarrollo de la obra.

4.3.3 Determinación del riesgo

Para determinar un riesgo, se confecciona una lista de las vulnerabilidades y los peligros (muchas veces éstas se vinculan entre sí) este paso es muy importante toda vez que demanda una gran capacidad

de análisis. ; Por otro lado, es importante señalar que un riesgo tiene que ser mitigado o anulado.

N/O	VULNERABILIDAD (V = F. HUMANO)	PELIGRO (P = E, E, E)	RIESGO (V + P) ó V , P
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-

Tabla N° 002: Identificación de riesgos

Fuente: Propia.

4.3.4 Recomendaciones

Identificados los riesgos, se deben dictar disposiciones para mitigar o anular los riesgos; estas son dirigidas al responsable de la obra (Ingeniero Residente)

4.4 Visión del PREVAC

Un aspecto gravitante, y que sin embargo no se le da la importancia necesaria, es la visión del prevencionista; normalmente existen aspectos relevantes que no han sido analizados en los pasos anteriores y que únicamente se dan producto de la experiencia y sapiencia del prevencionista. Consiste en hacer un ejercicio mental de la secuencia de la ejecución del trabajo, poniéndose en los zapatos del personal que va a ejecutar el trabajo, de manera de concebir los peligros potenciales al que será expuesto.

4.5 Integración

En este paso se integran los cuatro pasos anteriores, muchas veces el resultado del análisis de uno de los pasos va a repetirse el otro, es por ello que debe existir una integración de todos los aspectos, de modo que se realice la depuración y a la vez que se cubran todos los posibles vacíos, del mismo modo, es posible que dos o más aspectos den como resultado uno solo; finalmente, este proceso

demanda una gran capacidad de síntesis y experiencia del prevencionista para ello se recomienda la siguiente matriz:

Análisis de lecciones aprendidas	Análisis de riesgos	Visión del PREVAC	Integración
- Riesgo A1			- Riesgo A
- Riesgo B1	- Riesgo B2		- Riesgo B
	- Riesgo C2	-Riesgo C3	- Riesgo C
- Riesgo D1	- Riesgo D2	- Riesgo D3	- Riesgo D
	-Riesgo E2		- Riesgo E

Tabla N° 003: Integración de riesgos.

Fuente: Propia.

Posteriormente, cada aspecto determinado en la integración se somete a una valoración cualitativa, la misma que es una matriz en la que entrecruza el grado de riesgo con la probabilidad de ocurrencia.

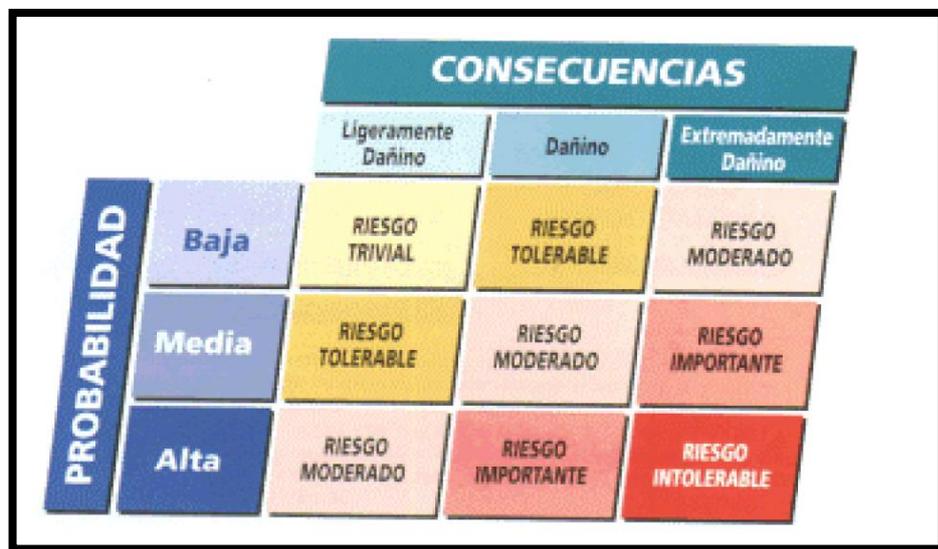


Figura N° 065: Matriz de valoración de riesgos.

Fuente: Fuerza Aérea del Perú.

El desarrollo del producto anterior va a permitir catalogar cada riesgo, en función a lo siguiente:

Tabla de Consecuencias	
Ligeramente Dañino	Golpes menores, irritación de ojos.
Dañino	Cortes, quemaduras, fracturas menores, incapacidad menor.
Extremadamente Dañino	Amputaciones, fracturas mayores, lesiones y enfermedades mortales.
Tabla de Probabilidad	
Baja	el daño ocurrirá raras veces.
Media	el daño ocurrirá en algunas ocasiones.
Alta	el daño ocurrirá siempre o casi siempre.
Riesgo	Acción
Trivial	No se requiere mejorar la acción preventiva.
Tolerable	No se requiere mejorar la acción preventiva. Se requiere seguimiento a la efectividad de los controles.
Moderado	Se deben considerar la reducción del riesgo determinando inversiones y plazos razonables. En caso que las consecuencias sean extremadamente dañinas mayor precisión en la evaluación para determinar la urgencia de medidas de control.
Importante	No debe iniciarse el trabajo hasta haber reducido el riesgo, cuando se trate de acciones en curso se deben establecerse un plazo corto para la implementación de controles adicionales.
Intolerable	No se debe iniciar ni continuar el trabajo hasta haber reducido el riesgo.

Figura N° 066: Denominación de la matriz de valoración de riesgos

Fuente: Fuerza Aérea del Perú.

Una vez catalogado cada riesgo, se procede a indicar que acción a seguir, de acuerdo a lo siguiente:

CLASIFICACIÓN	ACCIÓN
Riesgo intolerable e importante	Detención inmediata
Riesgo moderado	Corrección urgente
Riesgo tolerable	Corrección necesaria

Tabla N° 004: Clasificación de los riesgos y acción a seguir

Fuente: Propia.

Lo señalado en la tabla precedente (acompañado por los colores) va a permitir confeccionar una lista de chequeo y listado de medidas de seguridad muy didácticas para prevenir los accidentes.

4.6 Lista de chequeo

Es una lista de preguntas, cuya respuesta elimina por completo los riesgos determinados en el paso de integración, por consiguiente es la herramienta más importante del prevencionista del sector.

Las preguntas se categorizan en tres niveles: amarillo, verde y rojo; si la respuesta de una pregunta es negativa y ésta tiene una categoría de amarillo, quiere decir que la falencia se puede solucionar sin necesidad de parar con el trabajo; si la respuesta es negativa y ésta tiene categoría verde, significa que la falencia se debe solucionar inmediatamente y requiere de las acciones del encargado; finalmente si la respuesta de una pregunta es negativa y ésta tiene una categoría de rojo, es obligación del prevencionista parar el trabajo ya que se corre el riesgo de que ocurra un accidente y que las consecuencias sean fatales.

La lista de chequeo o CHECK LIST tiene dos tipos de preceptos:

- Preceptos generales.- son los aspectos o preguntas comúnmente utilizados, como por ejemplo: si existe o no presencia de personal capacitado en primeros auxilios, si existe un vehículo para transportar un herido, si se ha realizado la ruta para llegar a un hospital que tenga las condiciones requeridas por los medios más rápidos, si el trabajador tiene o no su equipo de trabajo, etc.
- Preceptos específicos.- son aspectos o preguntas enfocadas en la actividad desarrollada, sus respuestas van a eliminar por completo los aspectos encontrados en la fase integración. Es la parte más importante de la lista de chequeo.

La lista de chequeo o CHECK LIST, es una tabla (se recomienda el formato desarrollado a continuación) que consta, inicialmente, por los datos generales del evento, lo que va a permitir identificar la actividad específica, el prevencionista, la fecha y la categoría del trabajo; seguidamente, cuenta con el listado de preceptos generales explicados en los párrafos anteriores; y

finalmente, con el listado de los preceptos particulares que tienen como fin mitigar y anular los riesgos.

Los preceptos pueden estar escritas a modo de preguntas o afirmaciones, asimismo cada una de ellas está catalogado con un color específico, la misma que al ser respondido negativamente va a tener una determinada acción

LISTA DE CHEQUEO EN CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES (MUROS ANCLADOS)

PREVACIONISTA :

FECHA :

ACTIVIDAD : PERFORACIÓN DE TALADROS

CATEGORÍA : RIESGO MEDIANO

RIESGO	CONTINUA LA INSTRUCCIÓN
Intolerante	DETENCIÓN INMEDIATA
Moderado	CORRECCIÓN URGENTE
Tolerable	CORRECCIÓN NECESARIA

N/O	LISTA DE CHEQUEO	PELIGRO	SÍ	NO
	PRECEPTOS GENERALES			
1	¿Se dictaron las medidas de seguridad?			
2	¿Se cuenta con personal paramédico o capacitado en primeros auxilios?			
3	¿Existe un croquis de los centros de salud más cercanos para casos de emergencia?			
4	¿Se cuenta con vehículo ambulancia debidamente abastecido?			
5	¿El vehículo ambulancia cuenta con chofer disponible y combustible?			
	PRECEPTOS PARTICULARES			
6	¿El personal se encuentra con lentes de protección, guantes y casco?			
7	¿El equipo mecánico está en óptimas condiciones?			
8	¿Las herramientas para el cambio de CASING se encuentran en óptimas condiciones?			
9	¿La unión de la manguera de la compresora está correctamente acoplada a la perforadora?			
10	¿Los anclajes de los anillos de muros superiores están asegurados y tensados?			
11	¿El sistema cuenta con el personal suficiente? 01 operador de compresora, 02 peones para cambios de CASING, 01 operador de perforadora.			
12	¿El sifonamiento es nulo?			
13	¿Existe una adecuada ruta para la evacuación?			

Tabla N° 005: Lista de chequeo.

Fuente: Propia.

4.7 Medidas de seguridad actualizada

En casi todos los trabajos de construcción se han establecido medidas de seguridad, con el fin de disminuir el índice de accidentes en ellas, sin embargo se ha visto que estas medidas de seguridad son generales, es decir sirven para todo, por ello en la presente tesis son consideradas como medidas de seguridad estándar. Estas medidas de seguridad son las mismas que son repetidas diariamente a los trabajadores por los elementos encargados de la prevención de accidentes. La desventaja de estas medidas de seguridad es que con el tiempo se convierten en rutina y dejan de ser efectivos.

Estas medidas de seguridad son útiles hasta cierto grado, toda vez que inculca una conciencia de seguridad en el trabajador; sin embargo, teniendo en cuenta el precepto de que ninguna actividad es igual a otra, es ilógico pensar que estas medidas de seguridad sean suficientes.

Es por este motivo, las medidas de seguridad existentes (muchas veces son estándares y generales) deben formar parte del análisis con el fin de rescatar los aspectos positivos y depurar los aspectos inservibles del trabajo específico a realizar. En otras palabras, este análisis debe dejar de ser general y convertirse en específico.

Las medidas de seguridad actualizadas son un listado de disposiciones, que le permitirán al prevencionista comunicarle o en todo caso hacerle recordar al trabajador, sobre los aspectos que tiene que tener en cuenta, durante el desarrollo de un trabajo específico, con finalidad de no incurrir en ellas y a la vez salvaguarde su integridad física. Cada aspecto considerado debe ser controlado por la tabla que a continuación se presenta.

Medidas de seguridad actualizadas

N/O	MEDIDAS DE SEGURIDAD ACTUALIZADAS	CONTROL
1	El personal que realiza la perforación deberá contar con todos su equipo de seguridad individual	✓
2	Deberá existir un elemento con capacitación de primeros auxilios.	✓
3	Antes de iniciar los trabajos se deberá verificar la operatividad de las herramientas y equipo mecánico.	✓
4	El personal deberá conocer la ruta de evacuación de heridos.	✓
5	El personal paramédico deberá constituirse inmediatamente al lugar del accidente, con camilla y equipo médico para realizar la evacuación.	X
6	El vehículo ambulancia deberá ubicarse en su lugar asignado con el combustible necesario.	✓
7	El chofer deberá encontrarse en su puesto y conocer la ruta más rápida al hospital más indicado.	✓
8	Mientras se realice la perforación en los anillos inferiores, mantener a un elemento con un silbato de aviso en caso de derrumbe.	X
9	El paramédico debe saber que silbatos consecutivos debe constituirse al lugar del accidente	X

Tabla N° 006: Medidas de seguridad actualizadas.

Fuente: Propia.

CAPITULO V

HIPÓTESIS Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 Hipótesis general

Los aportes del proceso constructivo del sistema de estabilización de taludes mediante anclajes postensados del proyecto Conjunto Residencial “El Mirador Las Palmas” serán de utilidad en obras de similares características.

5.2 Hipótesis específicas

- Existe un mejor rendimiento si se ejecuta un adecuado procedimiento constructivo.
- El método didáctico establecido para prevenir accidentes minimiza los accidentes en obra.

5.3 Variables

1. Etapas de la construcción
2. Prevención de accidentes

5.4 Recopilación e información existente

Nuestro punto de partida para la recopilación e información existente fue el informe semanal de avance de obra (Anexo 1) en el que se obtuvieron aportes importantes producto de la observación del proceso constructivo. La segunda fuente de recopilación e información fue la guía de entrevista, en la que quince (15) profesionales competentes indican importantes aportes en base a su experiencia asimilada durante su participación de obras en la que se realizaron obras similares.

5.5 Medición y observación

5.5.1 Informe semanal de avance de obra durante el proceso constructivo.

5.5.1.1 EXCAVACIÓN MASIVA

Se debe realizar una adecuada evaluación de los equipos mecánicos a emplear, tomando en cuenta la movilización, ejecución de los trabajos y la desmovilización. En el caso específico de la obra, la eliminación del material excedente se realizó mediante el empleo de una retroexcavadora y de fajas, sin embargo al término de su empleo, la grúa no pudo sacar las partes del equipo mecánico, por lo que se tuvo que contratar a otra grúa de mayor capacidad para ese trabajo.

5.5.1.2 EXCAVACIÓN PERIMÉTRICA (PLATAFORMA N° 1)

Se debe realizar una verificación de las edificaciones contiguas para verificar la estabilidad y el sifonamiento; toda vez que una de las viviendas aledañas de la zona C, presentó una fuga de agua en la tubería de desagüe, lo que humedeció el terreno; debido a ello se reparó la tubería y esperó tres días para que ofrezca mejores condiciones de seguridad.

La inclinación de la excavación debe ser tal que permita al talud final obtener una estabilidad adecuada, de acuerdo al tipo de terreno.

5.5.1.3 TRAZO DE PAÑOS PARA LA UBICACIÓN DE LA MÁQUINA.

Los paños por construir fueron de 3 metros de altura por 4.5 metros a 5 metros de largo, sin embargo tubo que tener en cuenta que cuando hay una construcción al costado es recomendable hacer la primera fila con longitudes menores, máximo 2.5 metros. Las siguientes con una separación según diseño.

5.5.1.4 POSICIONAMIENTO Y MEDICIÓN DE ÁNGULO

Para realizar esta actividad se debe realizar una inspección de los muros perimetrales de las viviendas aledañas para verificar la estabilidad y la existencia o no de redes eléctricas, sanitarias y otros. En este caso específico, en el sector A1 uno de los vecinos que se dedica a la venta de vino, realiza la

maceración artesanal en su suelo; por este motivo se tuvo que modificar el Angulo de inclinación del anclaje.

5.5.1.5 PERFORACIÓN

Antes de iniciar la perforación se deben identificar y evaluar los riesgos asociados a la actividad de perforación, así mismo, seleccionar las herramientas de perforación, martillo de fondo, tricono, brocas y barras de perforación, asegurándose que estas sean las adecuadas para el tipo del terreno; Terminada la perforación se debe realizar una limpieza interna del terreno con una hidrocompresora, a fin de eliminar todo el detritus que se pueda encontrar en el interior de la perforación. En la obra, la compresora presentaba problemas de potencia, por lo que no se eliminaron correctamente los residuos; debido a ello el anclaje no pudo ingresar en su totalidad retrasando el trabajo.

5.5.1.6 INDUCCIÓN DE ANCLAJE

Durante la manipulación y colocación se debe tener especial cuidado en no deformar ni dañar los anclajes, así como con la protección anticorrosión; antes de su instalación se probará visualmente la integridad de la misma. Por otro lado, antes de su colocación se comprobará la perforación de forma que se encuentre libre de obstáculos.

El tiempo de la instalación del tirante y la inyección deberá ser el menor posible; de preferencia durante el mismo día o a fin de jornada.

5.5.1.7 ASPECTOS PREVIOS A LA INDUCCIÓN DEL ANCLAJE

Realizar el corte del cable con la pulidora, teniendo en cuenta la emisión de partículas en caliente, usar siempre gafas de protección personal, calzado de seguridad y casco.

Para desenvolver el cable tener en cuenta que debido a sus características de resistencia y de uso, éste es acerado. Por lo cual en el momento de desenvolverse va a tratar de volver a su estado original y puede golpear a la persona que no realiza la actividad con la debida precaución, recuerde usar

siempre los elementos de protección personal, posteriormente al realizar los cortes al cable recuerde usar la herramienta apropiada, pulidora con disco de corte de acero. No deben permanecer personas alrededor que puedan ser alcanzadas por esquirlas o chispas de corte.

5.5.1.8 DESPLAZAMIENTO AL SITIO DE TRABAJO

Para la inyección, tener en cuenta que se maneja alta presión (mayor a 50 psi en lechada de agua cemento). Por lo tanto todos los materiales utilizados deben tener una resistencia a la presión mayor a 1000 psi, estos son, acoples rápidos, mangueras, tuberías etc.

En las uniones de mangueras de acoples rápidos se deben utilizar guayas anti-látigo, o abrazaderas de seguridad.

Existen riesgos de atrapamientos o golpes cuando se está realizado el movimiento de la maquinaria por la utilización de herramienta menor. Utilice siempre los elementos de protección personal. Se debe tener especial cuidado en el apoyo de la herramienta menor como barras y llaves.

5.5.1.9 MEZCLADO DE DOSIFICACIÓN

Utilice los elementos de protección personal, recuerde que la exposición a material particulado por la utilización del cemento, puede causar daños en el sistema respiratorio severo, usar protección respiratoria; y para el riesgo de material particulado en los ojos, usar gafas de seguridad.

Se debe haber divulgado previamente el riesgo químico por la exposición al cemento identificado en la hoja de seguridad respectiva.

5.5.1.10 LLENADO

Para el llenado con presión se deben haber revisado cuidadosamente las uniones de mangueras de acoples rápidos y si es posible incluir guayas antilátigo, a su vez se debe dejar registro de los bultos utilizados para el llenado en el registro en el formato de registro del elemento instalado.

5.5.1.11 INYECCIÓN

Este procedimiento debe ser realizado por personal especializado toda vez que constituye la parte más crítica, como es la conformación bulbo del anclaje. Durante la extracción se podrá inyectar la lechada a presión por el cabezal superior y se controlará que ésta no se filtre en el terreno de manera incontrolable. La inyección termina cuando la lechada de cemento salga por el orificio.

5.5.1.12 PERFILADO DE BANQUETA

Es muy importante la precisión del trabajo toda vez que de ello depende que el terreno no se sobre excave y se tenga un desperdicio de concreto, se recomienda usar una estación total para el marcado, si se hace de manera manual emplear tres plomadas para verificar la verticalidad.

5.5.1.13 COLOCACIÓN DE LA ARMADURA

La armadura, especificada en los planos estructurales, debe ser armada de preferencia en el piso, una vez armado, pararlo y situarlo en el muro perfilado; se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Durante la ubicación del cable, agregar el refuerzo en la zona donde se generarán los esfuerzos al momento de tensar los cables.
- Colocar un tubo de PVC a 15° para el protección del anclaje.
- Colocación de mechas para futuras losas de los costados e inferiores, viga, columnas.

5.5.1.14 ENCOFRADO

Es recomendable prefabricar bloques de concreto para un buen apuntalamiento, los mismos que son elaborados con concreto ciclópeo, sus dimensiones dependen del encofrado. Otro sistema es colocar un gran montículo de tierra que sirva para el apuntalamiento.

5.5.1.15 VACIADO DEL MURO

Para este caso se utilizó concreto con acelerante de fragua a las 24h y recién se hizo el tensado de los cables a las 72h para extremar las medidas de seguridad. Por otro lado, realizar un vibrado uniforme y cuidadoso para eliminar las burbujas y las cangrejeras.

El desencofrado se realiza empleando la retroexcavadora para mover los dados y la tierra acumulada. Finalmente el curado se debe hacer al día siguiente para minimizar los efectos de retracción plástica (rajaduras). De ser posible se recomienda un curado químico ya que tienen mayor eficiencia al solo necesitar una vez a la cara del muro.

5.5.1.16 TENSADO DE ANCLAJES DE CABLES

El equipo de producción del proyecto deberá incluir en el proceso constructivo una matriz de sincronización en el que se establecerá un tren de actividades perfectamente coordinado, entre la subcontrata de la perforación, tensado y destensado de los anclajes. Con la finalidad de determinar los momentos para cada actividad.

El orden de tesado de los anclajes debe ser tal que se vayan poniendo en carga de forma alterna, para evitar la concentración excesiva en la estructura anclada.

También se tendrá en cuenta la rigidez y la resistencia a flexión de las estructuras, para evitar que se produzcan esfuerzos de flexión como consecuencia de la aplicación de cargas concentradas excesivas.

Tener en cuenta que para que el anclaje quede a la carga específica se debe subir aproximadamente 50 PSI más considerando la tolerancia de los resortes.

Antes de realizar el Tensionamiento verificar que no existan fugas de aceite hidráulico ya sea del cilindro o de la bomba.

Al comenzar a bombear aceite manténgase a una distancia prudencial de los cables, nunca se ubique detrás o frente al cilindro hidráulico en lo posible ubíquese a los lados y mantenga su distancia.

Para realizar las medidas de elongación del cable, la bomba debe estar parada, debe confirmarse que no existan fugas ni re-acomodamiento de los cables y esté atento a cualquier movimiento del cilindro hidráulico.

Realice la medida tomando un punto de referencia a un lado del cable que se le facilite en el terreno, realice esta actividad lo más rápido posible y manténgase alejado del cilindro hidráulico, nunca se acerque al mismo de frente o por detrás del cilindro.

Por ningún motivo coloque las manos u otro elemento frente al cilindro o entre el cilindro y el anclaje, mantenga su distancia.

Una vez realizado el Tensionamiento descargue la presión del cilindro suavemente y de forma escalonada mediante las válvulas de la bomba, no se acerque a los cables ni retire ningún elemento hasta que no se haya descargado por completo la bomba hidráulica y el manómetro se encuentre en ceros.

Para el retiro del cilindro hidráulico no se debe forzar ningún elemento, procurar no utilizar martillo y cincel para la separación de las cuñas, en caso de ser necesario use siempre los elementos de protección personal.

En el retiro de los elementos del cable especialmente el cilindro hidráulico tenga en cuenta las personas que están a su alrededor y no realice movimientos bruscos.

5.5.1.17 EXCAVACIÓN PERIMÉTRICA (PLATAFORMAS INFERIORES)

Cuando existan columnas integradas con el muro de sótano, estas se construyen de arriba abajo, igual que los muros; para esto hay que hacer empalmes en una misma sección y por tanto se tiene que ser generoso con la longitud de los empalmes (por lo menos 1 metro).

5.5.1.18 EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN

Las zapatas deben diseñarse o modificarse de preferencia con zapatas esquinadas o medianera, evitando en la medida de las posibilidades las zapatas centradas, a fin de no realizar excavaciones peligrosas por debajo y detrás del muro.

5.5.2 Análisis de la guía de entrevista

5.5.2.1 ¿QUÉ PROBLEMAS SE PRESENTARON DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS?

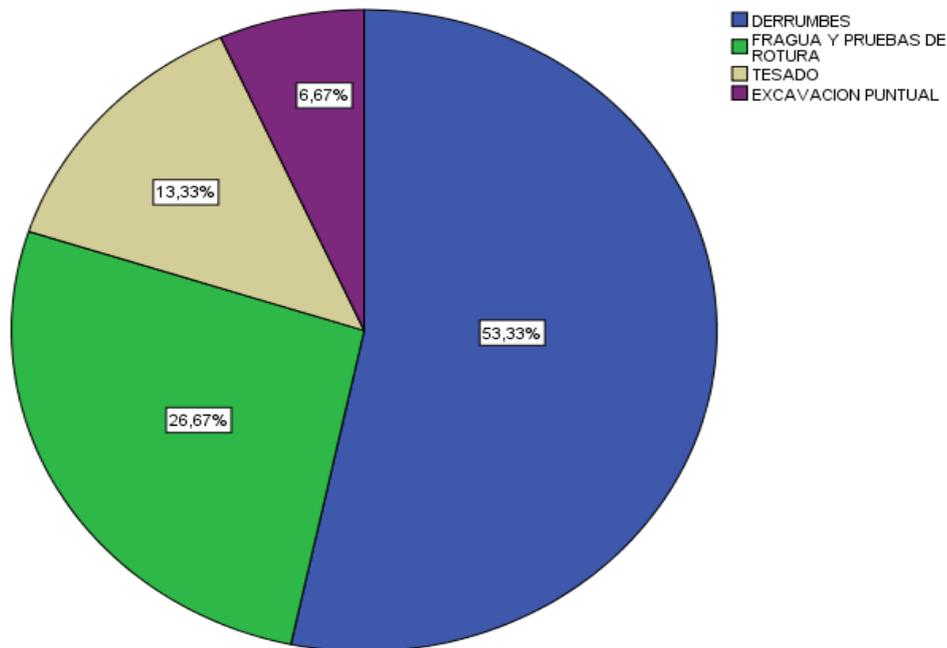


Figura N° 067: Problemas que se presentaron con más frecuencia
Fuente: Propia.

- El 53.33% de los entrevistados indica que el problema que se presenta con mayor frecuencia en el proceso constructivo de muros anclados son los derrumbes.
- El 26.67% de los entrevistados indica que el problema que se presenta con mayor frecuencia en el proceso constructivo de muros anclados es el deficiente control en cuanto a la fragua y pruebas de rotura.
- El 13.33% de los entrevistados indica que el problema que se presenta con mayor frecuencia en el proceso constructivo de muros anclados se da en el tesado.

- El 6.67% de los entrevistados indica que el problema que se presenta con mayor frecuencia en el proceso constructivo de muros anclados se da durante la excavación puntual.

5.5.2.2 ¿EN ORDEN DE PRELACIÓN, ESTABLEZCA LOS TRABAJOS MÁS CRÍTICOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS?

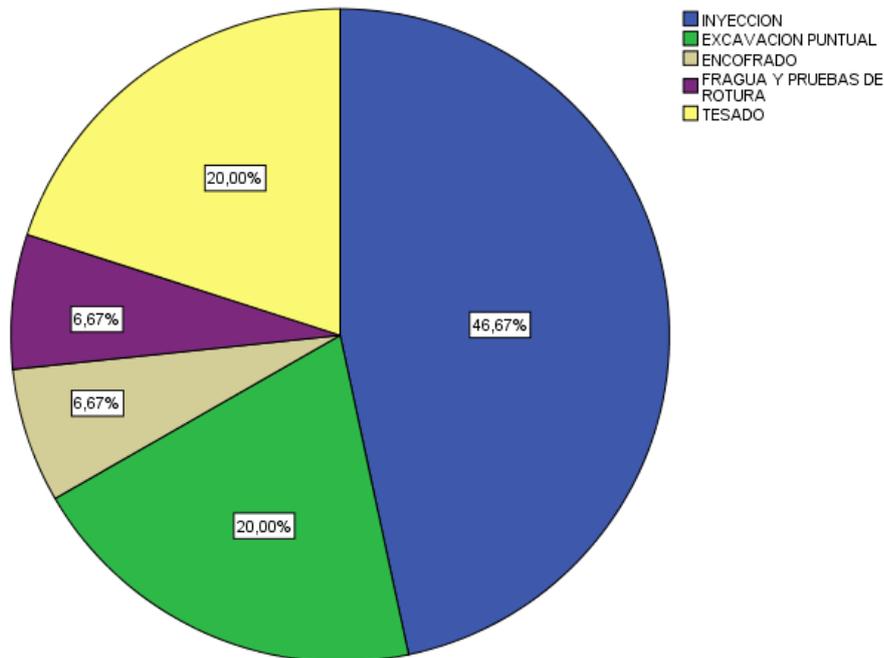


Figura Nº 068: Orden de los trabajos más críticos
Fuente: Propia.

- El 46.67% de los entrevistados indica que el trabajo más crítico durante el proceso constructivo de muros anclados es durante la inyección.
- El 20% de los entrevistados indica que el trabajo más crítico durante el proceso constructivo de muros anclados es durante la excavación puntual.
- El 20% de los entrevistados indica que el trabajo más crítico durante el proceso constructivo de muros anclados es durante el encofrado.
- El 6.67% de los entrevistados indica que el trabajo más crítico durante el proceso constructivo de muros anclados es durante la fragua y pruebas de rotura.
- El 6.67% de los entrevistados indica que el trabajo más crítico durante el proceso constructivo de muros anclados es durante el tesado.

5.5.2.3 ¿QUÉ MEDIDAS ADOPTARIA PARA OPTIMIZAR EL TESADO?

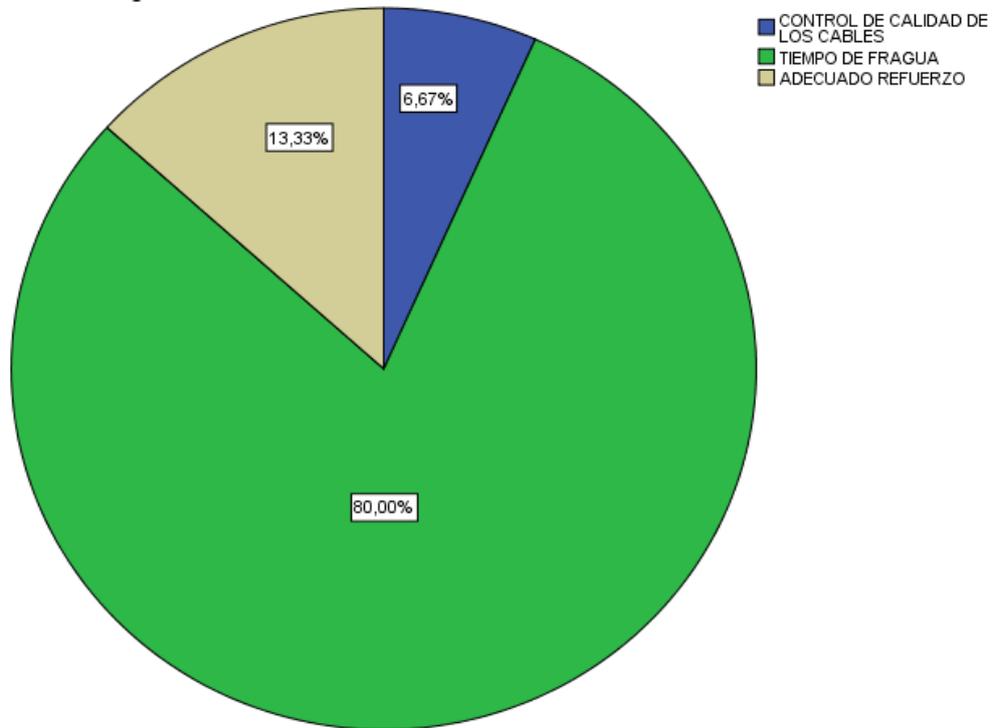


Figura Nº 069: Medidas para optimizar el tesado del cable
Fuente: Propia.

- El 80% de los entrevistados indica que para optimizar la etapa del tesado se debe hacer un adecuado control en el tiempo de fragua y acelerantes.
- El 13.33% de los entrevistados indica que para optimizar la etapa del tesado se debe verificar un adecuado refuerzo.
- El 6.67% de los entrevistados indica que para optimizar la etapa del tesado se debe hacer un adecuado control de calidad de los cables.

5.5.2.4 ¿QUÉ MEDIDAS APORTARÍA PARA OPTIMIZAR LA FRAGUA?

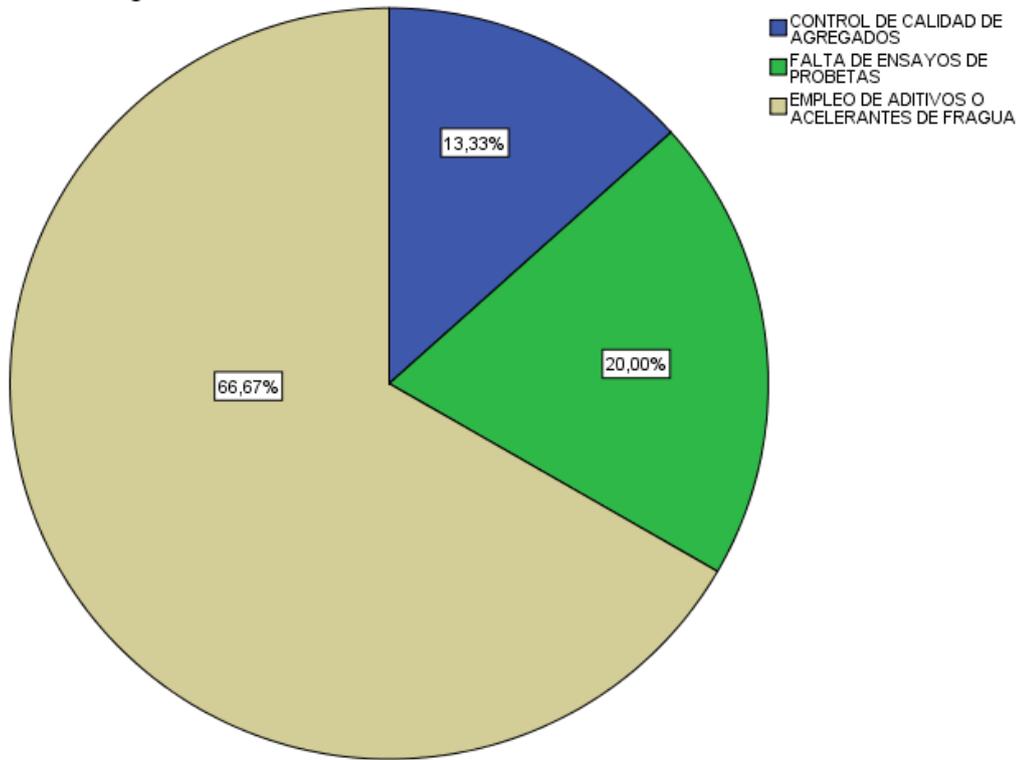


Figura N° 070: Medidas para optimizar la fragua del concreto
Fuente: Propia.

- El 66.67% de los entrevistados indica que para optimizar la etapa del tesado se deben emplear acelerantes de fragua.
- El 20% de los entrevistados indica que para optimizar la etapa del tesado se deben verificar los ensayos de rotura.
- El 13.33% de los entrevistados indica que para optimizar la etapa del tesado se debe hacer un adecuado control de calidad de los agregados.

5.5.2.5 SEÑALE EN ORDEN DE PRELACIÓN LOS RIESGOS MÁS FRECUENTES EN UN PROYECTO DE MUROS ANCLADOS

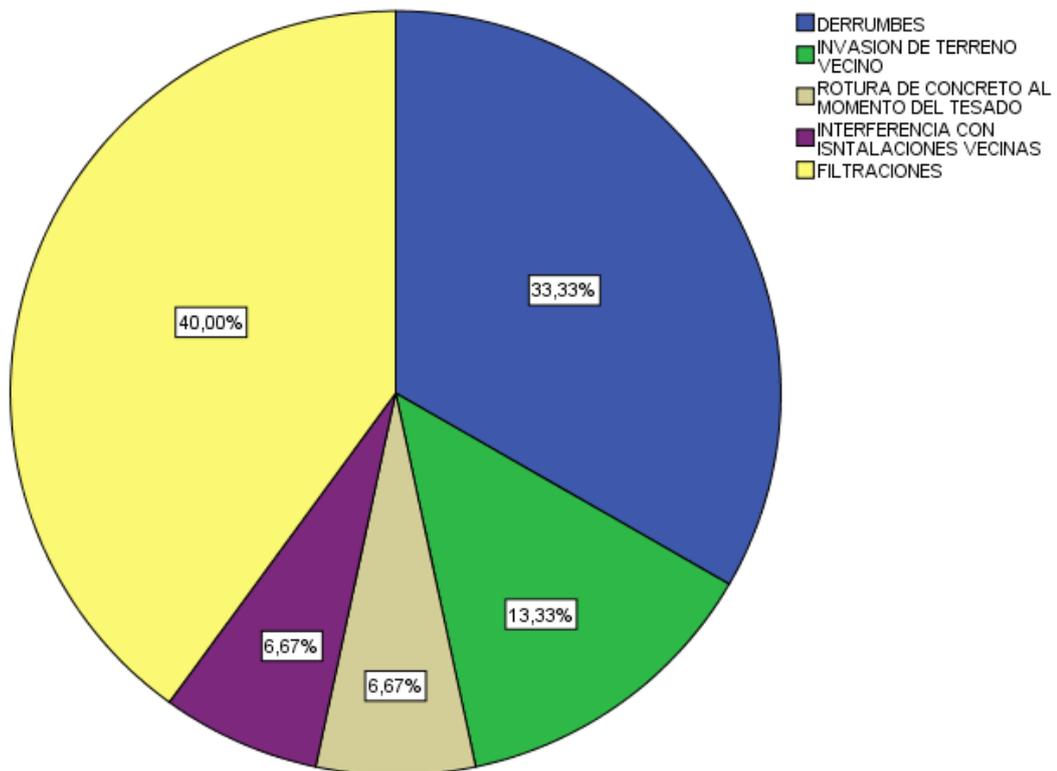


Figura N° 071: Riesgos más frecuentes
Fuente: Propia.

- El 40% de los entrevistados indica que los riesgos más frecuentes en un proyecto de muros anclados es la presencia de filtraciones de agua.
- El 33.33% de los entrevistados indica que los riesgos más frecuentes en un proyecto de muros anclados son los derrumbes.
- El 13.33% de los entrevistados indica que los riesgos más frecuentes en un proyecto de muros anclados es la invasión de terreno vecino.
- El 6.67% de los entrevistados indica que los riesgos más frecuentes en un proyecto de muros anclados son las filtraciones
- El 6.67% de los entrevistados indica que los riesgos más frecuentes en un proyecto de muros anclados interferencia con instalaciones vecinas.

5.5.2.3 ¿A QUÉ CREE UD, QUE SE DEBE EN MAYOR MEDIDA LA EXISTENCIA DE DERRUMBES EN MUROS ANCLADOS?

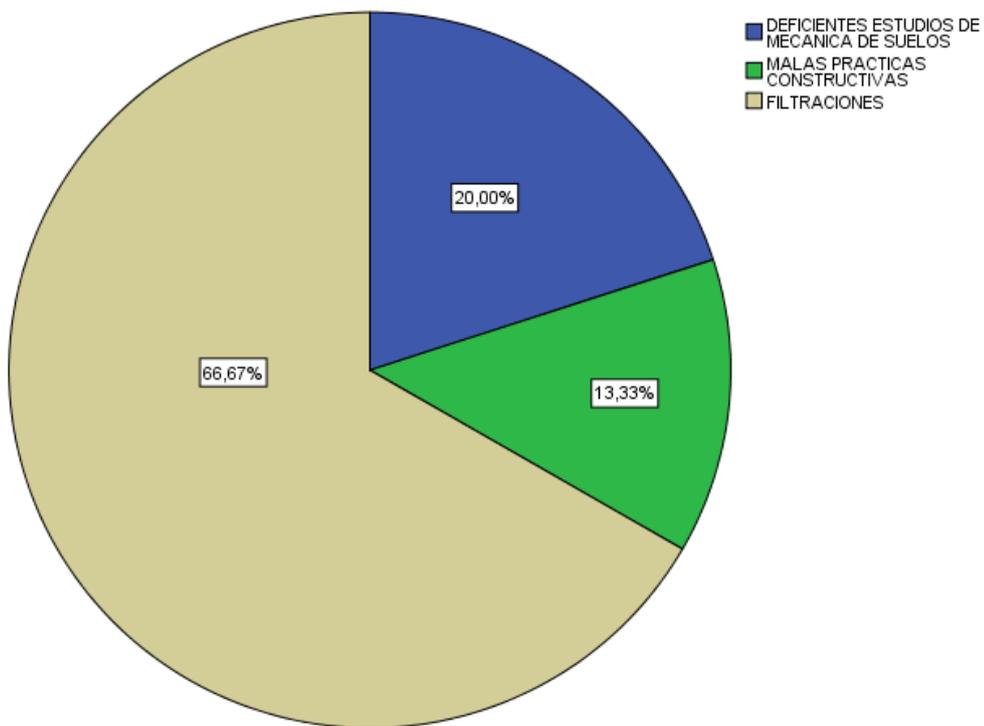


Figura N° 072: Existencia de derrumbes en muros anclados
Fuente: Propia.

- El 66.67% de los entrevistados indica que la existencia de derrumbes se debe a las filtraciones de agua.
- El 20% de los entrevistados indica que la existencia de derrumbes se debe las malas prácticas constructivas
- El 13.33% de los entrevistados indica que la existencia de derrumbes se debe al deficiente estudio de suelos.

5.5.2.3 ¿A QUÉ CREE UD, QUE SE DEBE EN MAYOR MEDIDA LA ROTURA DEL CONCRETO AL MOMENTO DEL TESADO?

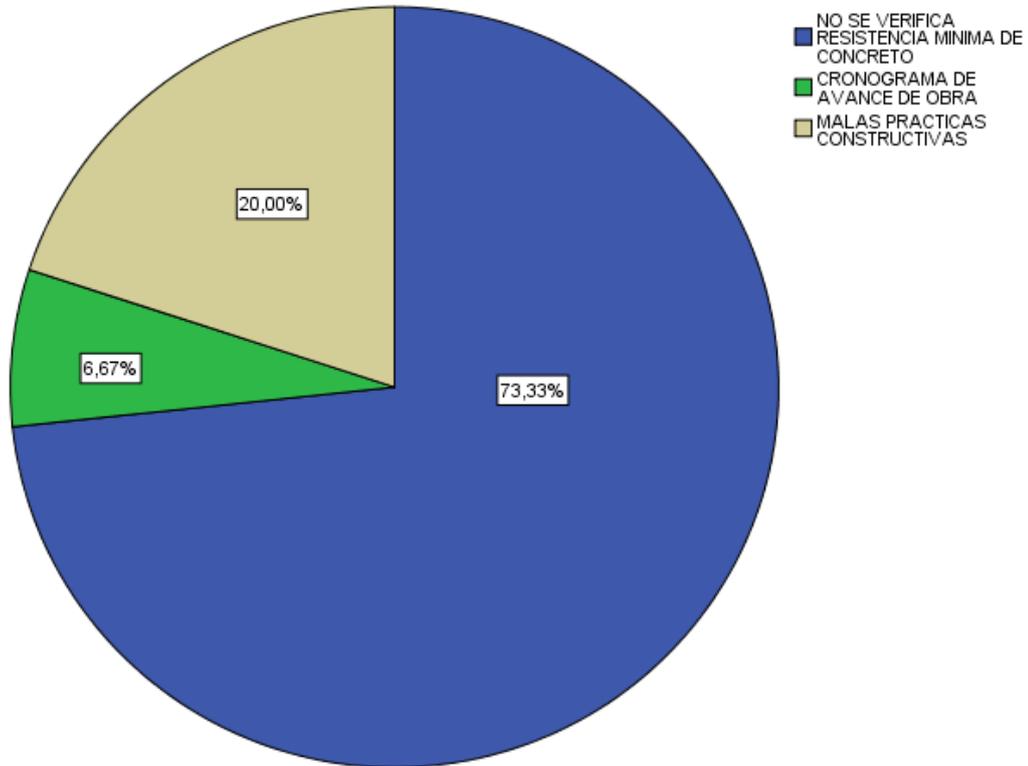


Figura N° 073: Rotura del concreto durante el tesado
Fuente: Propia.

- El 73.33% de los entrevistados indica que la rotura en el concreto en el tesado se debe a que no se verifica la resistencia mínima del concreto.
- El 20% de los entrevistados indica que la rotura en el concreto en el tesado se debe a las malas prácticas constructivas.
- El 6.67% de los entrevistados indica que la rotura en el concreto en el tesado se debe a la presión que existe en el tiempo, vinculado al cronograma de avance de obra.

5.5.2.3 ¿A QUÉ CREE UD, QUE SE DEBE EN MAYOR MEDIDA LOS SOBRECOSTOS?

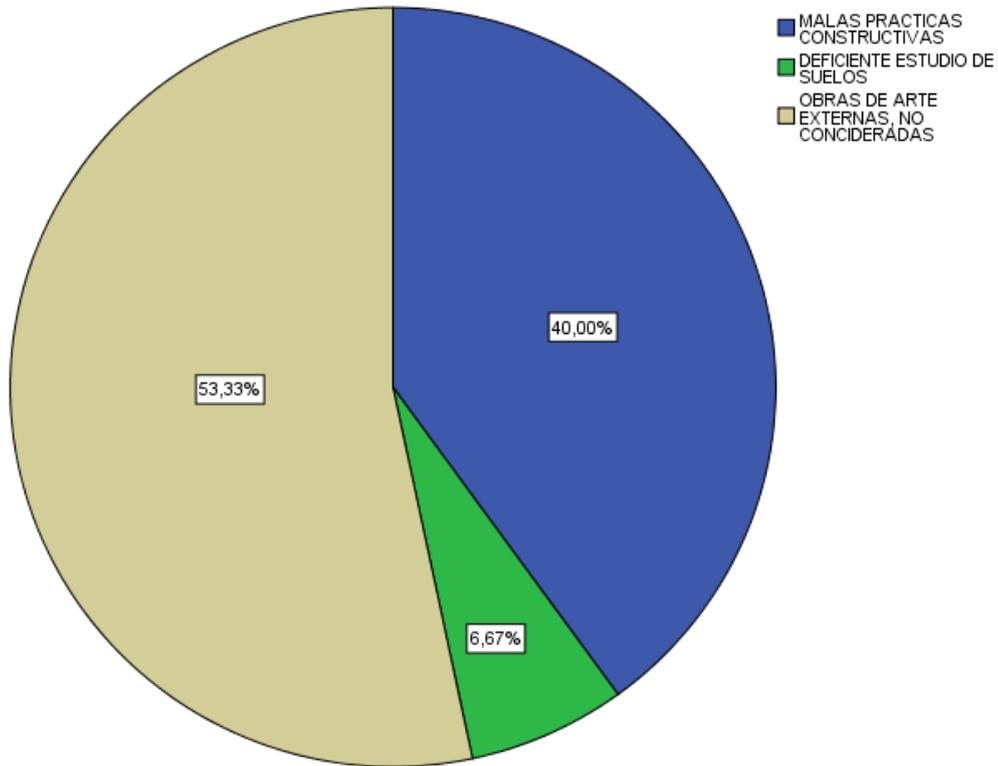


Figura N° 074: Existencia de sobrecostos
Fuente: Propia.

- El 53.33% de los entrevistados indica que los sobrecostos se deben a la existencia de obras de arte externas no consideradas y que se detectan a la hora de la perforación.
- El 40% de los entrevistados indica que los sobrecostos se deben a las malas prácticas constructivas.
- El 6.67% de los entrevistados indica que los sobrecostos se deben al deficiente estudio de suelos.

5.5.2.3 ¿A QUÉ CREE UD, QUE SE DEBE EN MAYOR MEDIDA LOS ACCIDENTES LABORALES?

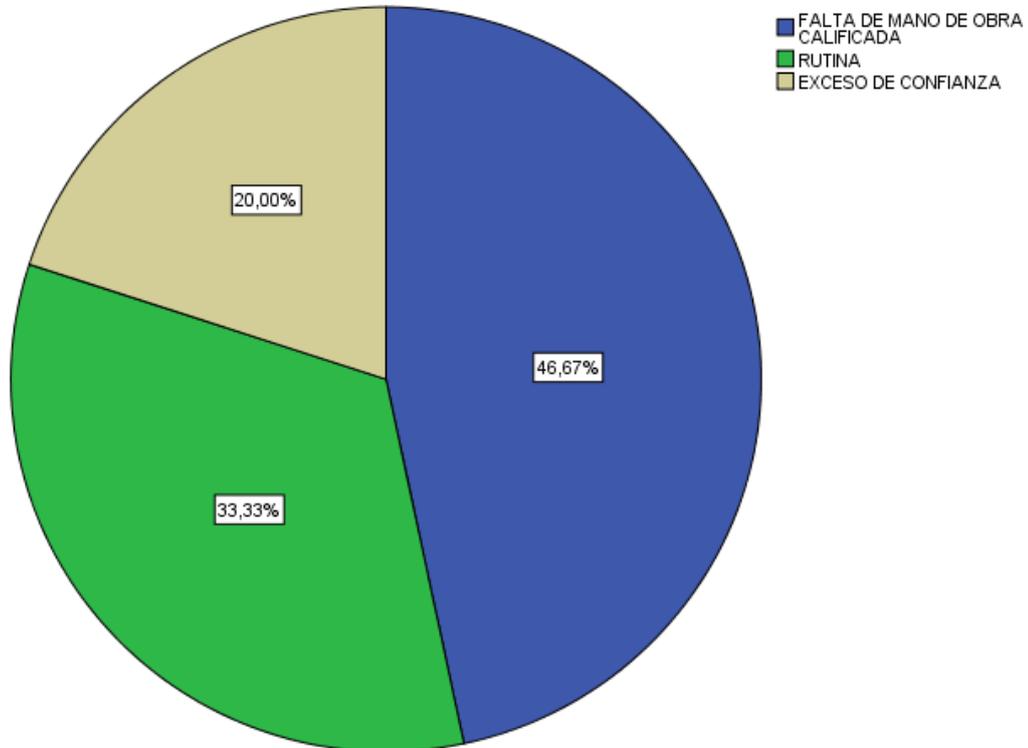


Figura N° 075: Existencia de accidentes laborales
Fuente: Propia.

- El 46.67% de los entrevistados indica que los accidentes laborales se deben a la falta de mano de obra calificada.
- El 33.4% de los entrevistados indica que los accidentes laborales se deben a la rutina existente.
- El 20% de los entrevistados indica que los accidentes laborales se deben al exceso de confianza.

5.6 Condiciones presentes en campo y consideraciones de diseño

5.6.1 Homogeneidad

No se puede garantizar que el terreno tenga el mismo comportamiento en la totalidad del desarrollo de la longitud y la profundidad del muro. Es posible que durante la excavación las características del suelo varíen. Las calicatas

realizadas en el estudio de suelo no garantizan una homogeneidad del suelo, de existir indicios de falta de homogeneidad, se debe comprobar que los suelos tengan similares características mediante un estudio de suelos, de obtener diferencias significativas, se debe consultar al proyectista.

5.6.2 Sobrecarga

La sobrecarga será un factor preponderante en el diseño ya que las condiciones no son iguales en todos los frentes de trabajo, y antes de continuar se hará una descripción de lo evidenciado en la obra, pues tiene influencia en el polígono de fuerza en el análisis inicial y en el cálculo de empuje tanto activo como pasivo. Es posible que existan proyectos que se diseñaron con una sobrecarga diferente a la existente.

5.6.3 Resurgencia

La resurgencia de la lechada es un claro indicio de que el bulbo no se está conformando como se espera, es vital lograr que el anclaje alcance la carga de diseño. Pero con una manifestación de pérdida de lechada a considerables distancias y/o con altos consumos en el llenado inicial se asume que el suelo no coincide con las características consideradas en el diseño.

5.6.4 Posicionamiento

El posicionamiento está vinculado a las tolerancias establecidas, es común que en una obra se proyecte el anclaje que coincidía con una red de agua residual, y en procura de no alterar con la integridad de la misma se deba desplazar el punto del tirante. En caso el punto de perforación se aleje de área de tolerancia, se debe consultar al proyectista para que determine su influencia en la obra o en todo caso su reubicación.

CAPÍTULO VI:

METODOLOGÍA

6.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método que se utilizó en la presente investigación es el descriptivo, porque recusa los prejuicios, los preconceptos y opiniones subjetivas y se ajusta a lo objetivo, a lo que se puede observar, medir y comprobar por cualquier otro investigador.

Permite obtener conocimientos científicos y auténticos.

La lógica del método científico bajo un esquema objetivo comprendió los siguientes momentos:

- Proceso constructivo de la estructura de sótanos empleando muros anclados.
- Prevención de accidentes para el proceso constructivo empleando muros anclados
- Deducción de conclusiones.
- Establecimiento recomendaciones.

6.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es básica, porque su motivación es descubrir nuevos conocimientos.

El nivel de la investigación es Descriptiva porque cuyo objetivo principal es recopilar datos e informaciones sobre las características, propiedades, aspectos

o dimensiones, clasificación de objetos. Un estudio descriptivo determina e informa los modos de ser de los objetos: (Gay, 1996:249)

6.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que se llevó a cabo puede ser caracterizada como no experimental, transeccional descriptiva. Se considera:

No experimental porque no se manipularán variables y se medirá la realidad tal como se presenta.

Descriptiva porque tienen como objetivo indagar la incidencia y valores en que se manifiesta una o más variables, el procedimiento consiste en medir un objeto y proporcionar su descripción.

Son, por lo tanto, estudios puramente descriptivos que cuando establecen hipótesis, estas son también descriptivas. (Sampieri, 2000).

Transeccional porque solamente se medirá en una sola ocasión las variables. (Namakforoosh, 2002).

6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

6.4.1 Unidad de análisis

La estructura de sostenimiento de sótanos de la obra denominado Vivienda Multifamiliar "El Mirador de las Palmas" está ubicado en el distrito de Surco, Av. General Edmundo Aguilar Pastor N° 432, sobre un terreno de 2,111.09 m² encerrado en un perímetro de 230.28 ml.

La unidad de análisis fue el sector 01 de la obra denominado Vivienda Multifamiliar “El Mirador de las Palmas”



Figura N° 076: Unidad de analisis.

Fuente: Propia.

6.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizarán dos técnicas de recolección de datos, el Análisis de Contenido y la Observación.

6.5.1 Análisis de Contenido: es una técnica para estudiar y analizar la comunicación de una manera objetiva, sistemática y cuantitativa Berelson (1952). Krippendorff (1982) extiende la definición del análisis de contenido a una técnica de investigación para hacer inferencias válidas y confiables de datos con respecto a su contexto.

6.5.2 La Observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta. Puede utilizarse como instrumento de medición en diversas circunstancias. Haynes (1978) menciona que es un método más utilizado por quienes están orientados conductualmente.

6.6 INSTRUMENTOS

Los instrumentos empleados para la Observación es el informe semanal de avance de obra y para el Análisis de Contenido es la Guía de Entrevistas a los profesionales competentes.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

7.1 Los aportes encontrados en el proceso constructivo, que ayudarán a una mejor administración de los recursos en cada una de las etapas, así como, a mejorar el rendimiento del avance de obra y la seguridad de los trabajadores, los aportes más relevantes son los siguientes:

- Durante la excavación focalizada, verificar la estabilidad y el sifonamiento, debido posibles fugas de agua en las tuberías de desagüe o abastecimiento de agua, propias de estas edificaciones.
- Se debe realizar una inspección de las viviendas aledañas, a manera de verificar la existencia de redes eléctricas, sanitarias y obras de arte (cisternas o recipientes de maceración de vino, etc.) no consideradas en el diseño.
- Durante encofrado de la estructura del muro, es importante apuntalar fuertemente el encofrado, de preferencia sobre dados de concreto ciclópeo prefabricado; de ello dependerá que la pantalla quede perfectamente vertical.
- Durante el vaciado del muro, es importante verificar los aditivos para acelerar la fragua, de manera de realizar el tensado del cable lo más pronto posible (dentro de las 72 horas).
- Se debe contar con una matriz de sincronización, en el que se establecerá un tren de actividades perfectamente coordinados, entre la subcontrata de perforación, tensado y destensado de los anclajes.

7.2 La prevención de accidentes constituye un factor fundamental, para asegurar la integridad física del trabajador en una obra de construcción de alto riesgo, es por ello que se deben realizar análisis, toda vez que constituye un factor importante para mitigar y/o eliminar los riesgos.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

7.5 Recomendaciones

- Dado el incremento de proyectos de vivienda en edificios multifamiliares en todo el país, sería importante, que el Colegio de Ingenieros del Perú, norme el procedimiento constructivo de muros anclados para sótanos en edificaciones; indicando los aportes del proceso constructivo.
- El proceso constructivo debe realizarse de preferencia por empresas especialistas en este rubro, quienes, en coordinación con el proyectista, son los responsables del diseño estructural del mismo.
- Sería de mucha utilidad que se confeccione un manual de prevención de accidente para este procedimiento en particular, de manera que el ingeniero residente, prevencionista de campo y el supervisor de obra, cuenten con herramientas simples que aseguren la integridad del trabajador.
- Sería de mucha utilidad que se estandarice un programa aprobado por el colegio de ingenieros para verificar el diseño del anclaje in situ, con los factores propios del terreno real y actual.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHE (2005), "Recomendaciones para el Proyecto, Construcción y Control de Anclajes al Terreno" Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural, 3ª Edición Corregida, Editorial del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid - España.
- Braja M. (2001). Fundamentos de ingeniería geotécnica - Rankine, Cengage Learning Latin Am.
- Bustamante, Michel y Doix, B. (1985), "Método para el Cálculo de los Anclajes y de los Micropilotes Inyectados". Boletín de Enlace del Laboratorio Central de Puentes y Caminos N° 140, París - Francia.
- Casanovas (1989), "Bond Strength and Bearing Capacity of Injected Anchors: A New Approach", Proceedings of the 12th Conference SMFE, Rio de Janeiro, Vol 2.
- Cohesionless Soils. Géotechnique, vol. 15, No 4, pp. 387-395.
- Expediente Técnico del proyecto Conjunto residencial "El Mirador Las Palmas" Santiago de Surco – Lima. FOVIME.
- Expediente Técnico de modificación de la estructura de sostenimiento de excavaciones. FLESAN.
- GEOTÉCNICA S.A. (1985), "Ensayo de Cable y Cabeza de Anclaje", Lima - Perú.
- Kanji, Milton y Menezes, Geovanio (1993), "Anclajes en Suelo y Roca", Seminario Cimentaciones de Estructuras, Lima, mayo 1993.
- Manual de Prevención de Riesgos de la Fuerza Aérea del Perú, Lima, junio 2016.

- Martínez Vargas, A. (1986), "Características del Subsuelo en Lima Metropolitana", Seminario de Actualización de Conocimientos, Diseño y Construcción de Cimentaciones (Primera Parte), Comité Peruano de Mecánica de Suelos, Fundaciones y Mecánica de Rocas, Lima - Perú.
- Muelas, A. (2002). Manual de mecánica del suelo y cimentaciones. Ediciones uned.
- Ucar Navarro, Roberto (2002), "Manual de Anclajes en Obras de Tierras", Universidad de los Andes, Mérida - Venezuela.
- Ucar Navarro, Roberto (2004), "Manual de Anclajes en Ingeniería Civil" U.D. Proyectos E.T.S.I. Minas - Universidad Politécnica de Madrid, Gráficas Arias Montano S.A. Madrid.