

PLAN DE ESTUDIO PARA LA GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EXCAVACIONES PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS

Laura Giselle Romero Méndez, Gina Paola Duarte Samacá



Tecnología en construcciones arquitectónicas, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

5 de Diciembre de 2018

Plan de estudio para la gestión y seguridad en excavaciones para cimentaciones profundas

Laura Giselle Romero Méndez, Gina Paola Duarte Samacá

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de tecnólogas en
construcciones arquitectónicas**

Arquitecta Melisa Gálvez Bohórquez



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa en construcciones arquitectónicas, Facultad de arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

5 de Diciembre de 2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente jurado

Firma del jurado

Agradecimientos

El trabajo de esta monografía ha sido realizado primeramente gracias a Dios, que nos permitió llevar a cabo cada investigación y planear con disciplina y dedicación el tiempo necesario para terminarla de la mejor manera, también agradecemos a nuestra docente, que hasta el final nos dio su asesoría para poder encontrar siempre la respuesta a nuestras dudas, por último a nuestra familia, que siempre estuvo en cada momento apoyando cada proyecto culminado. Este será el primer proyecto de muchos culminados con mucho éxito.

Tabla de contenido

RESUMEN	10
PALABRAS CLAVE:	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	14
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
METODOLOGÍA.....	16
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	17
MARCO REFERENCIAL.....	17
<i>Marco Conceptual.....</i>	<i>19</i>
<i>Generalidades.....</i>	<i>19</i>
<i>Seguridad en obra.....</i>	<i>20</i>
<i>Excavación</i>	<i>20</i>
<i>Tipos de excavaciones.....</i>	<i>21</i>
<i>Maquinaria de excavación.....</i>	<i>22</i>
<i>Gestión de seguridad</i>	<i>24</i>
<i>Entibaciones.....</i>	<i>25</i>
CAPITULO II: CRITERIOS DE DISEÑO Y LINEAMIENTOS NORMATIVOS EN ZANJAS Y EXCAVACIONES	26
TIPO DE SUELOS	26
¿CÓMO ESTÁ COMPUESTO EL SUELO?.....	27
CLASIFICACIÓN TIPOS DE SUELO	27
<i>Suelos arenosos</i>	<i>28</i>
<i>Suelos calizos</i>	<i>28</i>

<i>Suelos limosos</i>	28
<i>Tierra negra</i>	29
<i>Suelos arcillosos</i>	29
<i>Suelos rocosos</i>	29
ESTUDIOS GEOLÓGICOS PREVIOS.....	30
<i>Zonas de turbas o de arcillas</i>	30
<i>Zonas de alto nivel freático</i>	30
TIPO DE SISTEMA DE ENTIBACIÓN	31
<i>Tipos de entibaciones</i>	31
FIGURA 6 ENTIBACIÓN TIPO CAJÓN O POZO	32
MARCO NORMATIVO.....	34
<i>Normas Osha (Occupational Safety and Health Administration)- Normas estadounidenses de seguridad</i>	34
MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LAS ZANJAS	35
<i>Definiciones</i>	35
<i>Altura</i>	36
<i>Guía de trabajo seguro en excavaciones</i>	37
<i>Normas Osalan (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)</i>	37
<i>Tener en cuenta</i>	37
<i>Terrenos</i>	39
CAPITULO 3: TRABAJO INVESTIGATIVO- OBRA N° 1	40
COMINSA RAMONH- CASTILLA LA NUEVA I.....	40
<i>Descripción del proyecto</i>	40
ESTUDIO DE RIESGOS LABORALES- OBRA 1	41
<i>Condición del suelo</i>	41

<i>Excavación en pozos</i>	42
TIPO DE SEGURIDAD EN LA OBRA 1	45
<i>Listado de verificaciones</i>	45
RESULTADOS	49
ANEXO- HOJA GUÍA DE TOMA DE DATOS	50
CAPITULO 4: TRABAJO INVESTIGATIVO- OBRA N° 2	51
ALCALDÍA DE MACHETÁ CUNDINAMARCA	51
<i>Descripción del proyecto</i>	51
ESTUDIO DE RIESGOS LABORALES- OBRA 2	52
<i>Condición del suelo</i>	52
TIPO DE SEGURIDAD EN LA OBRA 1	54
<i>Listado de verificaciones</i>	54
RESULTADOS	59
ANEXO, HOJA GUÍA DE TOMA DE DATOS	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA	64

Lista de Figuras

Figura 1	Accidentes en excavación	12
Figura 2	Indices de mortandad en la industria	13
Figura 3	Excavación con sistemas de protección nulos	14
Figura 4	Tipos de suelo.....	26
Figura 5	Entibación ligera.....	31
Figura 6	Entibación tipo cajón o pozo	32
Figura 7	Entibación de patines o corredera.....	32
Figura 8	Ubicación Castilla la nueva I.....	40
Figura 9	Estado del suelo.....	41
Figura 10	Excavación en pozos	42
Figura 11	Figura 12 Excavación en pozos	44
Figura 13	Poca seguridad en obra.....	45
Figura 14	Excavación incumple ciertos parámetros	49
Figura 15	Ficha técnica.....	50
Figura 16	Alcaldía municipal, Machetá Cundinamarca.	51
Figura 17	Ubicación de obra Alcaldía municipal, Machetá Cundinamarca.	52
Figura 18	Estado del suelo	53
Figura 19	Estado del suelo.....	54
Figura 20	Excavación con mucha inseguridad	55
Figura 21	Excavación incumple ciertos parámetros	55

Lista de Tablas

Tabla 1	Tipos de excavaciones profundas	21
Tabla 2	Maquinaria de excavación	23
Tabla 3	Tipos de accidentes en excavaciones	33
Tabla 4	Índice de peligros en una excavación según la investigación realizada.....	46
Tabla 5	Nivel de riesgo en excavaciones, tabla realizada a la obra asistida número 1	47
Tabla 6	Nivel de riesgo de excavaciones-obra numero 2.....	56
Tabla 7	Nivel de riesgo en excavaciones, tabla realizada a la obra asistida número 2	57
Tabla 8	Excavación incumple ciertos parámetros.....	59
Tabla 9	Ficha técnica	60

Resumen

En la presente monografía se realizó un estudio de caso a la seguridad en obra dirigida a las zanjas y excavaciones de gran profundidad, las cuales según análisis e investigación visual, escrita y comparativa en obra se logró encontrar el punto crítico en la etapa de excavaciones y el procedimiento más riesgoso o carente de atención en el momento de situar algún tipo de sistema de soporte.

Para llevar a cabo esta investigación se estudiaron tres obras que presentan las características más riesgosas al momento de ejecutar una excavación, esto se realizó con el fin de que sean más efectivas las medidas preventivas ya existentes en las normas y que se pueda disminuir y prevenir los índices de accidentalidad que actualmente suelen ser constantes.

Palabras clave: Excavaciones profundas, gestión del riesgo, seguridad en excavaciones, prevención de accidentes, seguridad en obra, sistemas de mitigación, seguridad industrial en la construcción.

Abstract

In the present monograph a study of a case is made to the safety in the work in the ditches and the excavations of great depth, which according to analysis and visual, written and comparative research in the work was able to find the critical point in the excavation stage and the most risky process or lack of attention at the time of placing some type of support system.

To carry out this research, three works will be studied that present the most risky characteristics when executing an excavation, this is done in order to be more effective preventive measures already existing in the standards and that can be reduced and to prevent the accident rates that currently tend to be constant.

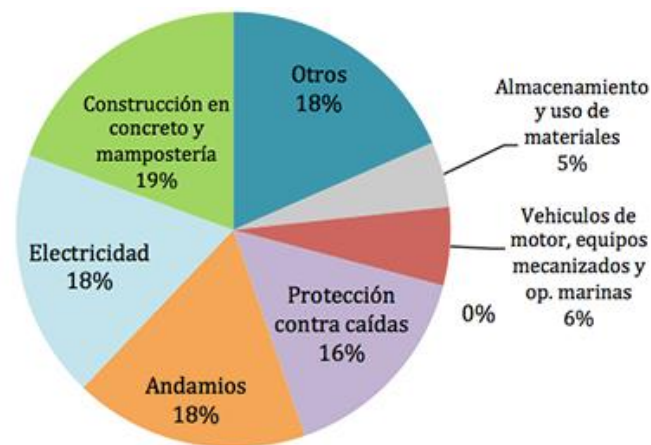
Keywords: Deep excavations, risk management, safety in excavations, accident prevention, safety on site, mitigation systems, industrial safety in construction

Introducción

El sector de la construcción es conocido por ser altamente riesgoso (constantes accidentes e incidentes), debido a que algunos procedimientos no se realizan con los parámetros adecuados de seguridad o en muchas ocasiones la planeación inicial es incorrecta es por este motivo que la construcción se encuentra en una posición destacada en cuanto a los riesgos industriales (ver figura 2); entre los puntos más significativos en el tema de seguridad en obra se encuentra la etapa de cimentación y excavación ya que en la mayoría de casos donde se realiza este tipo de procedimientos es necesario exponerse a peligros en los cuales los índices de accidentalidad son altos y usualmente tienen un fuerte impacto sobre los trabajadores, como se explican en la figura 1. Para mitigar estos impactos o sucesos que conllevan a riesgos en la excavación es necesario tomar medidas de mitigación que detengan o minimicen los riesgos.

Figura 1

Accidentes en excavación



Nota: La figura representa accidentes en excavación.

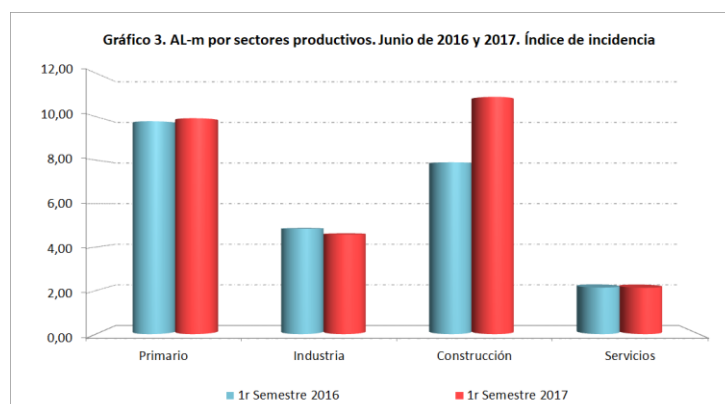
Adaptado de Cien meses de accidentes en la construcción en el sureste de México [Gráfico] por Scielo, 2017 (https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000300195)

Como se puede observar en la estadística, el derrumbamiento es la primera y la más frecuente causa de los accidentes en excavaciones ya que tiende a generar derrumbes, atrapamientos y contusiones que suelen ser muy comunes cuando no se instala un elemento de contención que evite el derrumbe o movimiento de tierras causado por diversos factores que se mostrarán más adelante.

Esta dificultad que se muestra en las excavaciones y zanjas con cierto nivel elevado de profundidad ha sido el responsable de un alto índice de accidentes registrados en las constructoras, aseguradoras y en el ministerio de trabajo de Colombia. Para encontrar una manera de aminorar esta problemática es necesario estudiar el punto más riesgoso de la etapa de la excavación y analizar en qué falla la mayoría en las obras visitadas, este análisis se plasmará en diagramas, esquemas, dibujos y tablas que expliquen detalladamente el resultado del seguimiento de la problemática dicha con anterioridad.

Figura 2

Indices de mortandad en la industria



Nota: La figura 2 muestra los indices de incidencia de mortandad en en los sectores productovis que mas riesgos representan.

Adaptado de Accidentes laborales mortales por sectores productivos [Gráfico] por AEPSAL, 2017
(<https://www.aepsal.com/causas-accidentes-laborales-junio-2017/>)

Problema y justificación

Los accidentes en la excavación producen con frecuencia accidentes graves o incluso mortales, que se originan primordialmente por el desplazamiento de tierras que causa derrumbes, sepultamiento, atrapamientos y aplastamientos, por este motivo es garantizar medidas que mantengan en todo momento la seguridad y la salud de los trabajadores que están sometidos a esta riesgosa actividad en la construcción.

En la mayoría de obras, es evidente, la ausencia de controles y seguimientos de seguridad en obra en cuanto a la actividad de las excavaciones, la necesidad de disminuir los riesgos en las obras, se realiza identificando las falencias y estudios que permitan solucionar esta necesidad, capacitando a los trabajadores de todas las áreas de diferentes tipos de actividades en las obras, para alcanzar la solución a esta problemática.

Figura 3

Excavación con sistemas de protección nulos



Nota: En la figura 3 se puede observar como se realiza la instalación de los sistemas de protección nulos en las excavaciones.

Adaptado de seguridad en tareas de excavación [Fotografía] por charlas de seguridad, 2012 (<https://charlasdeseguridad.com.ar/2012/09/excavaciones/>)

Objetivo General

Desarrollar un plan de mejora en trabajo seguro para la ejecución correcta de excavaciones profundas, que detalle específicamente los puntos más críticos a los que se expone un trabajador y promueva la prevención o mitigación de dichos riesgos por medio de una guía didáctica.

Objetivos Específicos

- Analizar el desempeño que se lleva a cabo en algunas obras conforme a la norma OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional- Normas estadounidenses), Normas ACHS (Asociación Chilena de Seguridad- Normas Chilenas) y en la Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones del Ministerio de Trabajo Colombiano.

- Evaluar las obras por medio de una ficha técnica acondicionada para comprobar si existe algún tipo de sistema de mitigación en dicha construcción, los peligros a los que se exponen los trabajadores y el estado de la excavación.

- Interpretar el resultado que se encontró en las obras visitadas por medio de gráficas, esquemas, estadísticas y recomendaciones.

- Proponer acciones de mejora al trabajador y a la industria de seguridad, guiándose en el análisis, argumentos e interpretación de los datos obtenidos en campo por medio de una guía que muestre de manera gráfica el procedimiento correcto.

Metodología

En la metodología se describen los pasos para una correcta realización de esta monografía, ya que para llevarla a cabo se siguieron ciertos lineamientos, en donde se muestra una descripción de los procedimientos que es necesario seguir para lograr abordar y entender el tema de los próximos capítulos. La elaboración de este trabajo se realiza principalmente en tres etapas:

Primera etapa

En primer lugar, para poder abarcar este tema con totalidad es necesario realizar un análisis en la etapa de excavación de manera visual y detallada para comparar si los sistemas de prevención existentes se están llevando de manera correcta y si se toma en cuenta la normativa existente colombiana.

Segunda etapa

Para este paso es necesario realizar una recolección de datos exhaustiva la cual se realizará por medio de fotografías, entrevistas a los trabajadores y una encuesta que se llevará a cabo por medio de una ficha técnica que describe un listado de parámetros necesarios para que la seguridad en la excavación se ejecute de manera correcta y menos riesgosa para el personal que debe trabajar en esta área.

Tercera etapa.

Finalmente, se interpretan y analizan los resultados obtenidos y se extraen ciertas conclusiones tras desarrollar el trabajo de manera correcta, con el fin de aportar al tema del procedimiento de trabajo seguro para la ejecución de excavaciones descrito en manuales Colombianos y normas internacionales.

CAPÍTULO I: Marco teórico

Marco Referencial

“ Los trabajos en construcción e infraestructura, llevan asociados gran cantidad de riesgos que causan incidentes y accidentes muy graves e incluso mortales; se ha identificado según análisis encontrado en excavaciones profundas” (Ministerio de trabajo, 2014, p.17) En la actualidad los índices de accidentes en la excavación no presentan un numero alarmante pero si es significativo y muy preocupante la gravedad que estos descuidos conllevan, en el siguiente texto se mencionaran algunos estudios previos realizados a partir de esta problemática, estos fueron de base fundamental para la ejecución del proyecto y el desarrollo de algunas pautas para disminuir los accidentes en excavación.

“Uno de los motivos más frecuentes que producen este tipo de accidentes depende en un gran porcentaje del tipo de terreno en el cual estamos trabajando, por lo que no se puede desmerecer de un conocimiento previo a la naturaleza del suelo, para ello es muy sabio identificar previamente si el suelo es de material rocoso o de sedimentos, además de la humedad y/o resequedad que esté presente lo que nos llevará en definitiva a determinar si es o no un material con tendencias a derrumbes.” (Navarro, 2007, p.1).

A lo largo del estudio que tuvimos y generamos en las obras visitadas y los artículos y tesis vistos, encontramos una gran similitud, en cuanto a las excavaciones teniendo en cuenta los porcentajes de accidentalidad, visto que los más comunes, están enlazados al estado del terreno, probablemente por el nivel freático del suelo, o por inundaciones por lloviznas.

“Debido a su naturaleza, los trabajos ejecutados en zanjas producen con frecuencia accidentes graves o mortales, originados principalmente por el desprendimiento o deslizamientos de las tierras. La forma de accidente más frecuente es el ahogamiento o sepultamiento y los atrapamientos y aplastamientos, siendo la desviación más importante en estos trabajos la rotura, fractura, estallido, caída o derrumbe del agente material. Por ello, es necesario adoptar medidas que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores que intervienen.” (Jiménez, 2016, p.3).

Los accidentes más comunes según diferentes tipos de estudios, son presentados por ahogamientos y sepultamientos, aplastamientos, caída de materiales dentro de las excavaciones, por no seguir las normativas, para la organización del material como se indica en ella.

“En las zonas urbanas, las excavaciones de sótanos de edificios, de aparcamientos enterrados, o también de obras de saneamiento, así como la construcción de túneles y otros sistemas soterrados, pueden inducir movimientos del terreno con distorsiones y, en los casos más severos, daños en los edificios y servicios colindantes.” (García, 2015, p.3).

Los movimientos de tierras son producidos, por las maquinarias utilizadas en las excavaciones profundas, muchas veces por esta razón, es que se evidencian los desprendimientos de tierras, por esta razón deben ser instaladas debidamente las entibaciones, las entibaciones deben encontrarse en buenas condiciones para evitar que se fraccionen por la fuerza que pueda generar la tierra.

“La ejecución de conducciones subterráneas continúa siendo necesaria para el

adecuado desarrollo urbanístico, cuya última finalidad es ser utilizadas en la prestación de servicios a la comunidad; todo ello conlleva la realización de todo tipo de zanjas, cuya ejecución implica la aparición de riesgos de seguridad y salud laboral; por ello es necesario considerar razonadamente que una zanja es una zona de trabajo peligrosa ya que, por ejemplo, un desprendimiento puede tener fatales consecuencias.” (OSALAN, 2012, p.6).

La ejecución en excavaciones de zanjas, a pesar de ser más estrechas estas excavaciones generan riesgos más altos en la tasa de accidentalidad a diferencia de las excavaciones profundas, por la misma razón que al ser más estrecha está excavación, probablemente podrían cerrarse por movimiento de tierras, las paredes del terreno, y aplastar a los trabajadores.

Marco Conceptual

Generalidades

El Marco conceptual se compone principalmente de sucesos y momentos o situaciones que muestran un resultado investigativo, como por ejemplo las definiciones y los antecedentes que se encontraron en el marco teórico.

En este apartado se definirán específicamente las teóricas, conceptos y definiciones sobre los temas tratados en el trabajo investigativo que se realizó que tienen como principal objetivo delimitar y aclarar los significados. Es importante que en el marco conceptual no se describa textualmente cada palabra importante, sino que más bien se debe mencionar y hablar correctamente de las definiciones que más se utilizaran en este trabajo para que el lector pueda entender sobre que trata esta investigación.

Seguridad en obra

“La seguridad industrial de una obra es fundamental para poder garantizar la integridad de todos los trabajadores que componen un proyecto, sin importar su magnitud.” (Argos, 2020)

“Toda obra de construcción debe contar con un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST) que contenga los mecanismos técnicos y administrativos necesarios para garantizar la integridad física y salud de los trabajadores y de terceras personas durante la ejecución de las actividades previstas en el contrato de obra y trabajos adicionales que se deriven del contrato principal. El Jefe de Obra o Residente de Obra es responsable de que se implemente el PSST.” (Laboral, 2016).

Las construcciones generalmente deben tener un plan de seguridad, donde se pueda mitigar la tasa de accidentalidad y además debe contarse con una supervisión regulada que asegure que se cumple, con la reglamentación y los planes de seguridad según este estipulado en las normativas vigentes.

Excavación

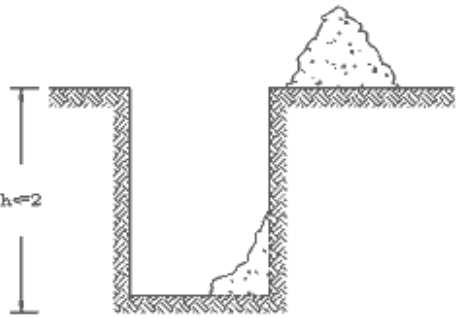
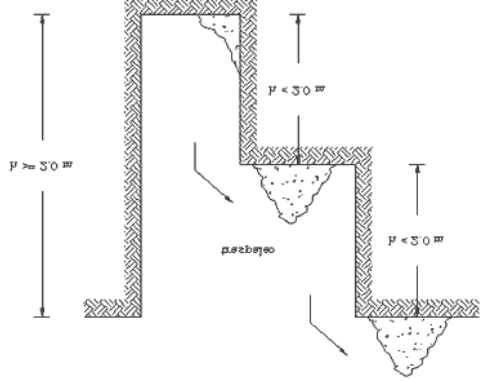
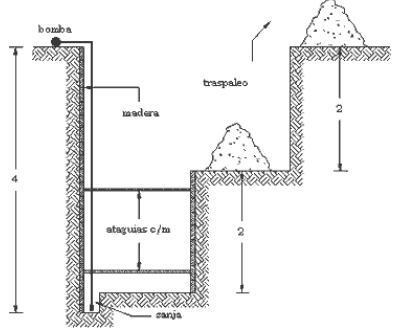
“Se entenderá por excavación al proceso de excavar y retirar volúmenes de tierra u otros materiales para la conformación de espacios donde serán alojados cimentaciones, tanques de agua, hormigones, mamposterías y secciones correspondientes a sistemas hidráulicos o sanitarios según planos de proyecto.” (Ingeniería civil, 2016).

Este ítem de excavación es uno de los más importantes que se realiza antes de ejecutar el alzado de pisos o la placa de contra piso, es por eso que requiere un sistema de seguridad eficaz para así lograr una obra con una excavación que soporte una cimentación y que esta funcione de una manera estable durante toda la vida de la casa o edificio.

Tipos de excavaciones

Tabla 1

Tipos de excavaciones profundas

Excavaciones en suelo común: Se realiza en terrenos blandos, cuando la profundidad de excavación no supera 2mt. La excavación y desalojo del material se realiza manualmente sin el uso de maquinaria. (Ingeniería civil, 2016)	
Excavación con traspaleo: Cuando la altura de excavación es mayor a 2.0 m, esta será ejecutada por traspaleo, que consta en conformar alturas menores a 2.0 m para retirar el material excavado en dos tiempos, ya que el alcance vertical máximo del retiro manual es de 2.0 m. (Ingeniería civil, 2016)	
Excavación con agotamiento y entibamiento: Cuando en la excavación se presenta nivel freático de agua muy elevado se deberá prever equipo de bombeo para evacuar el agua, lo que generalmente se llama excavación con agotamiento. (Ingeniería civil, 2016)	

Nota: La tabla 1 en la columna izquierda nos describe los tipos de excavaciones profundas, en la columna derecha muestra graficamente como debe quedar cada excavacion con sus respectivas medidas.

Nota: La tabla representa los tipos de excavaciones profundas, esta información fue tomada del blog “Ingeniería civil”, 2016. (<https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/01/excavacion.html>)

Maquinaria de excavación

Las maquinarias de excavación están diseñados para ejercer fuerza sobre el terreno y poder modificarlo para hacer frente a las correspondencias adecuadas que se deben modificar en la construcción. Generalmente la maquinaria está provista para tener ruedas o algún tipo de sistema de movimiento para poder maniobrar las tareas.

“Mientras que algunas poseen neumáticos similares a los automóviles de bandas de rodadura mucho más anchas, otras poseen orugas similares a las de los carros de combate, y en otras máquinas las cubiertas de caucho están recubiertas de mallas metálicas para proteger la goma contra el daño que de otra forma le producirían las piedras filosas que se excavan.” (Maquinaria de construcción, 2020)

Las maquinarias de excavación se utilizan para excavar terrenos en donde se realizarán las cimentaciones o las bases del edificio, la excavación debe estar muy completa para que el terreno sea consistente al momento de realizar las cimentaciones.

“Dependiendo de las características del suelo es el tipo de maquinaria que resulta más adecuada. Por ejemplo suelos muy duros como rocas o arenas cementadas requieren de martillos para perforar la roca, cuchillas circulares de corte o retroexcavadoras con martillo picador. Por otra parte suelos más blandos permiten trabajar con retroexcavadoras y motoniveladoras.” (Maquinaria de construcción, 2020)

Tabla 2
Maquinaria de excavación

Máquinas excavadoras	La función principal de las máquinas excavadoras es la extracción de material procedente del terreno natural, su carga y transporte y su descarga en el lugar elegido para la realización del acopio. En función de las características y desnivel del terreno, se usan dos tipos diferentes de excavadoras: sobre ruedas y sobre cadenas u orugas.	
Palas cargadoras	La pala cargadora se usa en las labores de excavación y desmonte para la recogida y acarreo del material acopiado por la excavadora o generado por voladura del terreno hasta el lugar elegido para el almacenamiento en obra o hasta el medio de transporte que posteriormente lo trasladará a la cantera.	
Tractor bulldozer	El tractor bulldozer es usado en las labores de desmonte y excavación como alternativa a la excavadora para la extracción y transporte de capas de terreno de poco espesor siempre y cuando la profundidad de excavación sea pequeña. Estas capas extendidas deberán ser posteriormente compactadas mediante rodillo	
Traíllas	Las traíllas son maquinaria empleada de manera específica para la carga y transporte de material. Las traíllas pueden realizar labores de excavación y acarreo similares a las de los bulldozers, pero no pueden llevar a cabo la extensión de tongadas de material.	

Nota: La tabla 2 se encuentra la maquinaria más utilizada en las etapas de excavaciones profundas, esta tabla consta de 3 columnas, la primera se encuentra el nombre en la segunda las descripción de cada máquina y en la tercera se puede observar cada una de las maquinarias relacionadas.

Nota: Toda la información plasmada en la Tabla 2 ha sido extraída de la página web (Structuralia), 2018, <https://blog.structuralia.com/maquinaria-empleada-en-operaciones-de-movimiento-de-tierras>

Gestión de seguridad

Este término se refiere a un seguimiento que se realiza en un procedimiento específico para verificar y planificar el desarrollo adecuado y seguro para los trabajadores, en obra, el sistema de seguridad es algo habitual y se debe realizar sin falta en la obra, esta etapa fundamental y con cuatro funciones importantes:

“El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora, continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud en el trabajo.” (Ministerio de cultura, 2017, p.1)

Etapas

Planificar: Lo primero que se debe realizar en un trabajo de gestión seguridad es planificar de forma segura lo que se realizará, los empleados deben pasar por un proceso en el que sean capacitados para que en el momento de utilizar la protección en obra se eficaz y no hayan contra tiempos.

Verificar: En cada obra debe haber un personal capacitado que tiene como objetivo verificar que se esté llevando acabo los sistemas de seguridad en todas las etapas de la obra, ya que la salud y la vida del personal es importante.

Permanecer: Este tipo de conducta suele demorar un poco la obra pero se debe mantener ya que cualquier imprevisto puede suceder en la obra y es mejor impedirlo.

Entibaciones

“Entibaciones son aquellas agrupaciones de materiales de estructuras auxiliares y desmontables que, previo estudio, se colocan como sostén y soporte de las paredes en las excavaciones de pozos, minas, galerías subterráneas, zanjas, etc., siendo necesarias para evitar su desplome, es decir, asegurar su estabilidad.” (Osalan, 2012, p.8)

En seguridad en excavación la entibación es la pieza clave para evitar uno de los accidentes más frecuentes en esta etapa, el desplome o derrumbe en la zona. La entibación es un elemento que funciona sí se ejecuta de manera correcta y con los elementos en buen estado y con las especificaciones adecuadas, sí este se implementa con materiales que ya perdieron su utilidad en cuanto a la resistencia y propiedades mecánicas no se debe implementar en ninguna excavación.

CAPITULO II: Criterios de diseño y lineamientos normativos en zanjas y excavaciones

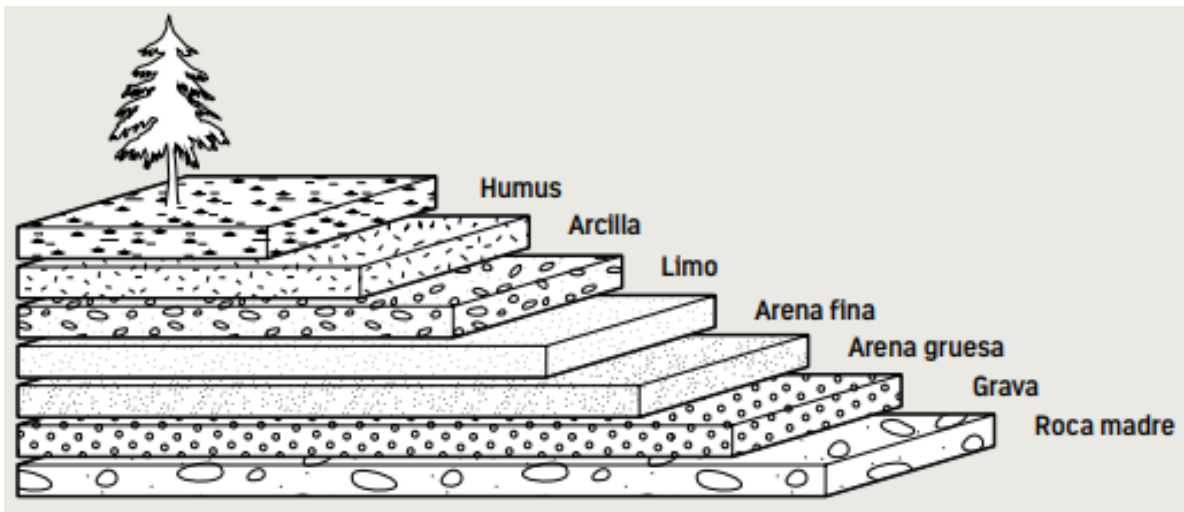
En este capítulo se describirán algunos términos que son necesarios saber antes de comenzar una excavación, los lineamientos de seguridad que se deben tener en cuenta para evitar algún peligro y la normativa que es necesario seguir.

Tipo de suelos

El suelo está dividido por capas que se contienen diferentes componentes que dependiendo a su nivel de profundidad son más resistentes, en la figura 4 se evidencian los nombres y el orden en el que se encuentran estas capas, las cuales deben ser tenidas en cuenta al momento de realizar una excavación y un estudio de suelo respectivo conforme a la obra.

Figura 4

Tipos de suelo



Nota: En la figura 4 se encuentra un grafico de cada uno de los tipos de suelos que se encuentran al momento de realizar una excavación.

Adaptado de tipos de suelo [imagen] Por manual de seguridad en excavaciones; 2014, normas acsh

¿Cómo está compuesto el suelo?

De acuerdo con el Blog Concepto.de (2018) el entramado mineral de los suelos duros está formado principalmente por rocas como silicatos (mica, cuarzo, feldespato), óxidos de hierro (limonita, gagesita), aluminio (gibusaito, ácaro), carbonatos (calcita, dolomita) y sulfatos. . Estaba. Cloruros, nitratos y sólidos de minerales orgánicos u orgánicos, como diversas goethitas.

Los suelos líquidos son ricos en agua, pero el agua no siempre es pura (como un depósito), sino que contiene iones, sales y diversas sustancias orgánicas. El movimiento del agua del suelo por capilaridad depende de la permeabilidad del suelo y transporta muchas sustancias de un nivel a otro. Hueco.

El suelo contiene muchos gases en la atmósfera como oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂), pero dependiendo de la naturaleza del suelo, hidrocarburos gaseosos como metano (CH₄) y óxidos de nitrógeno. También puede incluir. El gas del suelo es muy diverso.

Clasificación tipos de suelo

Según OSHA (Occupational Safety and Health Administration) en los Estados Unidos mueren más de 800 trabajadores al año en obras constructivas, esto debido a que no se tienen en cuenta los parámetros de seguridad ni se analiza el tipo de suelo para el zanjado, que es una de las etapas más peligrosas al momento de construir.

Suelos arenosos

Estos suelos son formados por arena, la cual tiene partículas diminutas de rocas, son suelos inestables y en la construcción no es muy habitual edificar sobre suelos arenosos, además para la agricultura también es difícil su utilización ya que es difícil que se produzcan crecimientos de diferentes especies de plantas o frutas.

“Sin embargo, algunas plantas son capaces de florecer y crecer en los suelos arenosos, como lo es la salvia. A pesar de ello, hay que tener presente que el suelo arenoso ofrece poca retención de agua.” Tomado de Twnergy, 2020.

Suelos calizos

Estos suelos son secos pero absorbe un alto nivel freático en poco tiempo, es utilizado en la construcción para realizar rellenos, es usado comúnmente en las cimentaciones para darle fineza a un terreno, es uno de los mejores suelos para construir y los más seguros, ya que son suelos que no se deslizan con facilidad y tampoco se plastifican, de todas maneras se recomienda utilizar sistemas de seguridad para este tipo de suelo.

Suelos limosos

Es un tipo de suelo que se compone de grava, arena fina y arcilla, este suelo como el anterior también retiene agua por mucho tiempo, este suelo se suele encontrar comúnmente en ríos. A pesar de ser un suelo estable por su capacidad de absorción del nivel freático no es muy recomendable para realizar cimentaciones, si la construcción cuenta con este suelo es necesario realizar excavaciones profundas para la cimentación y se aconseja que se realice cimentación con concreto ciclópeo.

Tierra negra

Se denomina tipo de suelo de tierra negra porque el color es negro, este tipo de suelo cuenta con material orgánico, el cual hace que sea muy bueno para la agricultura, pues se comporta muy bien ante la cosecha pero para la construcción es un terreno muy malo, ya que si se realiza una cimentación sobre un suelo de tierra negra no permitiría una compactación, si ya se ha alzado una vivienda sobre este suelo causará hundimiento y las paredes se cubrirían totalmente de humedad, si se va a realizar una construcción en este suelo es recomendable realizar excavaciones profundas hasta hallar terrenos con rocas, se debe retirar toda la tierra negra y rellenar toda la excavación con roca pueta para impedir la humedad.

Suelos arcillosos

Es un terreno con un 45% de arcilla pura, es de color amarillo, tiene un porcentaje muy bajo de porosidad, logra retener el agua y presenta una textura adherente, esto permite que no se realice una buena compactación. Este tipo de suelo para la construcción de cimentaciones es muy peligroso, ya que es un suelo que no produce asentamiento fácilmente, así que no se estabiliza logrando desplazar la estructura o causando desviaciones y hasta el desplome total. La arcilla tiene una textura dura en ausencia del agua pero cuando hay un alto nivel freático este material se vuelve viscoso y blando.

Suelos rocosos

Son suelos impermeables formados por piedras, es un tipo de suelo muy bueno para realizar cimentaciones, para realizar una excavación se recomienda que sea superficial y así realizar una cimentación con zapatas, este al ser un suelo resistente se realizan construcciones altas.

Estudios geológicos previos

Los estudios de geología tienen una gran importancia en la evaluación del terreno ya que permiten definir y concretar parámetros correctos para la adecuada elaboración, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Zonas de turbas o de arcillas: Se debe tener en cuenta que tipo de suelo des suelo y prevenir que no sea un suelo arcilloso, además se debe analizar las zonas y que no tengan ningún tipo de deformidad.

Zonas de alto nivel freático: Cuando hay existencia de zonas con un alto nivel freático el terreno sufre inestabilidad ya que el agua en el suelo puede causar desplazamiento de tierras y en muchos casos cuando le edificación ya está terminada causa humedad en las paredes y hongos en distintas partes del inmueble.

Estos dos aspectos que se deben verificar son muy importantes en el momento de colocar un sistema de contención (sistema de seguridad utilizado para sostener las zanjas), el cual protegerá al obrero de algún imprevisto de la obra, es decir, al momento en el que debe excavar se dan cuenta que el terreno presenta un alto nivel de agua, para evitar derrumbes sobre el trabajador, se debe instalar este tipo de sistema de contención.

Analizar a tiempo y realizar estudios geológicos previos puede impedir que muchos desastres o accidentes particulares o mortales sucedan, los cuales pueden poner en peligro la vida de los obreros o causar retrasos en la obra, los dos casos pueden ser perjudiciales para la realización de una construcción. Las recomendaciones y capacitaciones también serán de gran ayuda, ya que cuando se conoce a totalidad el terreno por los estudios geológicos previos se sabe con qué tipo de suelo se trabajará y así se realizará la excavación adecuada para la cimentación con el sistema de seguridad correspondiente.

Tipo de sistema de entibación

Los sistemas de entibación son sistemas de seguridad necesarios ya que estos generan una adecuada protección para las excavaciones, ya sean profundas o semi profundas, estos sistemas de mitigación se adecuan para evitar los desprendimientos y los accidentes de las tierras que ponen en peligro a los operarios que se encargan de realizar estos procedimientos.

Para evitar los riesgos en excavaciones y zanjas, se utilizan estos sistemas, estos son necesarios cuando el terreno es inconsistente, cuando hay un grado alto de cohesión o cuando el tipo de suelo no es el más resistente para realizar ciertas labores de construcción, además de esto también se considera el nivel freático, lo que significa que el terreno tiene un alto porcentaje de agua en su interior, esto puede ser un peligro ya que las zonas con alto nivel freático tienen a causar derrumbes o hundimientos. Estas entibaciones pueden ser de madera, metálicas u aluminio.

Tipos de entibaciones

Figura 5

Entibación ligera



Nota: En la figura 5 se encuentra la imagen la cual representa una entibación.

Adaptado de entibación ligera de aluminio [fotografía] Por manual de seguridad en excavaciones; 2014, normas acsh.

Figura 6

Entibación tipo cajón o pozo



Nota: En la figura 6 se muestra una imagen donde se puede observar la entibacion de pozo.

Adaptado de Cajón pozo/aluminio [Fotografía] Por manual de seguridad en excavaciones; 2014, normas acsh.

Figura 7

Entibación de patines o corredera



Nota: En la figura 7 observamos las entibaciones de corredera.

Adaptado de patines o corredera (imagen) Por manual de seguridad en excavaciones; 2014, normas acsh

Tabla 3*Tipos de accidentes en excavaciones*

Tipos de accidentes	
Sobreesfuerzos	- No cargar bien los materiales constructivos. - Posturas en donde el obrero haga una esfuerzo superior. - El obrero no utiliza las carretillas y en lugar de eso usa su fuerza propia para levantar cargas que exceden su límite de fuerza.
Golpes	- Caída de un objeto a profunda altura, ya sea por descuido del personal o imprevisto por falta de supervisión. - Incorrecta utilización de los equipos o maquinarias, puede ser por falta de atención o por una falla de la máquina. - Iluminación nula, el obrero no puede ver y no puede estar al tanto de lo que está realizando.
Cortes	- Material con filo o en mal estado, puede causar cortes o infecciones en la piel - Desconcentración por parte del operario Contacto con material de transporte en mal estado.
Atropellamientos	- Inexperiencia del personal, no sabe utilizar adecuadamente los vehículos empleados en obra. - Falta de iluminación o zona con mucha neblina
Caídas a distinto nivel	- Ausencia de seguridad anti caídas, puede provocar lesiones graves e incluso la muerte. - Personal capacitado para verificar no se encuentra presente o no realiza su trabajo adecuadamente
Atrapamientos	- Inestabilidad de terreno, tipo de suelo débil. - Sobre peso en el lugar de construcción, ya sea debido a materiales, vehículos o sobre carga de personal.

Nota: En la tabla 3 se ha realizada una clasificacion de los tipos de accidentes más comunes en las excavaciones.

Fuente: Propiedad del autor

Marco normativo

Para este marco normativo están aplicadas todas las normas que se ejecutan para complementar la investigación del proyecto, en este segmento se encuentran tanto normas colombianas como normas internacionales, ya que se ha descubierto que ninguna está completa en cuanto a los parámetros de seguridad que se deben tener en cuenta a la hora de realizar correctamente una excavación.

Normas Osha (Occupational Safety and Health Administration)- Normas estadounidenses de seguridad

Las normas de seguridad y salud de la OSHA, incluyen las referentes al asbesto, protección contra caídas, polvo de algodón, excavación de zanjas, protección de maquinaria, benceno, plomo y agentes patógenos transmitidos por la sangre, han evitado un sin número de lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo. (Todo sobre Osha, 2020, p.5).

Los derrumbes presentan un riesgo alto que los obreros tienen la posibilidad de sufrir durante la etapa de una excavación, entre estos riesgos más frecuentes están las caídas ya sea por cargas o por un objeto que se cae sobre un trabajador, también se encuentran las atmosferas toxicas o dañinas en donde la zanja o excavación es muy estrecha y no es posible respirar suficiente aire, los encargados de realizar la excavación sufren desmayos repentinos, intoxicación o asfixia en los casos más extremos. Se debe saber antes de entrar en una zanja que un metro cuadrado de tierra tiene la misma presión y peso que un carro por eso es tan importante evitar la no utilización de sistemas de contención o la falta de capacitación para los supervisores y obreros que trabajan en la construcción.

Medidas de seguridad en las zanjas

Las zanjas que tienen una profundidad mayor a los 5 pies o metro y medio se consideran como las más riesgosas, ya que con esta altura es más seguro que pueda ocurrir un accidente, por eso que a partir de esta medida se debe obligatoriamente colocar un sistema de protección para la excavación, se debe pensar en el tipo de suelo para así escoger el mejor sistema de protección para el determinado tipo de excavación. Para las zanjas más altas que superen los 20 pies de altura se requiere un sistema de protección diseñado por un ingeniero profesional en salud ocupacional y estructuras, que sepa que sistema de contención es el indicado para resistir el empuje de tierras, los deslizamientos, el peso que la zanja va a soportar y el peso de la tierra para que ningún trabajador salga lastimado de la construcción.

Definiciones

Persona competente: “Persona capaz de identificar peligros, en el sitio en donde se realizan trabajos en excavaciones, relacionados con el ambiente o condiciones de trabajo y que tiene la autorización para aplicar medidas correctivas inmediatas para el control de los riesgos asociados a dichos peligros. Debe tener un conocimiento técnico en los procedimientos de seguridad de la empresa y en la legislación nacional vigente y experiencia en trabajo en excavaciones se sugiere superior a seis meses.” (Ministerio de trabajo, 2014, p.7)

Medidas de seguridad en zanjas: “Las zanjas de cinco pies o más de profundidad requieren un sistema de protección a menos que la excavación esté hecha enteramente de piedra estable. Si está menos de cinco pies de profundidad, una persona competente puede determinar que no se requiere un sistema de protección. Las zanjas de 20 pies de

profundidad o más requieren que el sistema de protección sea diseñado por un ingeniero profesional registrado, o que sea basadas en datos tabulados preparados y/o aprobados por un ingeniero profesional registrado.” (Reunión semanal sobre seguridad, 2017, p.1)

Sistema de Protección: “Significa un método (inclinación, puntales, entibado, planchas protectoras, niveles escalonados, otros) para proteger a los trabajadores de los derrumbes, de materiales que podrían caer o rodar dentro de la excavación, o por el colapso de estructuras adyacentes.” (Ministerio de trabajo, 2014, p.8).

Altura

Las excavaciones que presentan un talud natural o usual, es decir de 90°, solo pueden realizar 1,2 m de profundidad, dependiendo también del suelo ya que si se presenta un suelo cohesivo se pueden realizar una excavación con una profundidad mayor a esta, se debe calcular por personal calificado que comprenda términos claves y que pueda realizar los estudios respectivos para este tipo de trabajo.

Altura crítica: “La máxima profundidad que se puede excavar un talud en forma vertical sin entibaciones, y puede ser calculada por un especialista a través de la expresión que relaciona la resistencia al corte de una muestra inalterada de suelo (q_u) y la densidad natural del terreno (γ).” (Achs, 2010, p.13).

Guía de trabajo seguro en excavaciones

Los operarios que tienen los permisos en las obras, son todos aquellos que tienen los cursos y se encuentran certificados para el manejo y operación de maquinaria pesada, no obstante deben estar con seguridad social, ARL, curso de alturas en dado caso que las excavaciones sean mayor a 1.50.

Normas Osalan (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

La ejecución de conducciones subterráneas continua siendo necesaria para el adecuado desarrollo urbanístico, cuya última finalidad es ser utilizadas en la prestación de servicios a la comunidad; todo ello conlleva la realización de todo tipo de zanjas, cuya ejecución implica la aparición de riesgos de seguridad y salud laboral; por ello es necesario considerar razonadamente que una zanja es una zona de trabajo peligrosa ya que, por ejemplo, un desprendimiento puede tener fatales consecuencias. (Osalan, 2012, p.6)

Tener en cuenta

No se pueden permitir ingresos a las excavaciones que tengan:

Nivel de oxígeno superior a 19.5%.

Los gases inflamables no deben estar por encima del 10% del límite de su explosividad.

Para la prevención de accidentes en la excavación se debe tener en cuenta una serie de prevenciones que pueden evitar un accidente que puede ser de alto riesgo para la vida del trabajador operario.

Las entibaciones son sistemas que protegen al trabajador de la excavación, los empujes de tierra, ahogamientos y atrapamientos.

Es necesario suspender la excavación en caso de presentar:

Movimientos en la tierra.

Lluvias que puedan afectar la estabilidad de la excavación.

Caídas de maquinarias pesadas.

Vehículos con vibración, que afecte la estabilidad de la excavación.

En caso de presentar hundimientos

La atmosfera se pueda volver peligrosa por oxígeno, contaminación de gases toxico, combustibles, etc.

Fracturas en las entibaciones o derrumbamientos.

Si hay presencia de aguas no esperadas dentro de la excavación.

Al momento en que sea necesario realizar bombeo de la excavación, debe ser supervisado persistentemente por la persona adecuada.

Se deben capacitar a los trabajadores para que desarrollen las actividades dentro de la excavación.

Identificando los peligros

Forma adecuada de utilización de los objetos de protección personal

Presentando las medidas de seguridad de la excavación

La utilización de las herramientas

La utilización de los equipos de maquinaria

Riesgos asociados, espacios confinados, alturas, fuentes eléctricas, etc.

Primeros auxilios

Terrenos

Los terrenos cohesivos tienen un porcentaje mínimo de arcilla. Las paredes de las zanjas que se sitúan en los terrenos cohesivos se mantienen de pie o verticales en un periodo tiempo inferior en comparación a otros tipos de suelo, en cambio en un suelo cohesivo se puede colocar fácilmente y a pesar de que el terreno tengan porcentaje freático este tipo de entibación se sigue manteniendo adecuadamente y cumple respectivamente con los parámetros de seguridad básicos para evitar cualquier tipo de riesgo en el terreno y con el personal.

Los terrenos que no son cohesivos principalmente consiste en limos, grava, arena y material de mayor tamaño. Estos terrenos cuando tienen un alto nivel de agua se puede percibir fácilmente como la cohesión es evidente, en cambio cuando están sumergidos y sin nivel freático los terrenos granulosos suelen ser más grueso y estos tienen a alcanzar un grado de inestabilidad entre 30° y 45° lo cual hace que la excavación ya sea un lugar inseguro para el trabajador, para estos terrenos es necesario un tipo de entibación pesada y que el material no se adhiera fácilmente al suelo del terreno.

Estudio de riesgos laborales- obra 1

Condición del suelo

Al realizar una excavación, las paredes las paredes descubiertas de suelo tierra o roca deben tener un talud, tablestacado o entibación, de manera que sean estables en cualquier circunstancia que se presente en la obra, teniendo en cuenta que puede suceder un imprevisto o el suelo puede someterse a cambios bruscos que provoquen la pérdida de resistencia o de alguna pérdida de propiedades, es por eso que conocer el suelo y sus características es importante.

Figura 9

Estado del suelo



Nota: En la figura 9 se encuentra una fotografía en la cual se observa el estado del suelo del terreno de la obra.

Fuente: Propiedad del autor

El suelo que se evidencia en la fotografía pertenece al suelo arcilloso, aparentemente se puede observar que cumple con las características mencionadas anteriormente en el apartado de tipos de suelo, el color amarillento, la capacidad de absorber y retener agua, como se puede evidenciar es un suelo blando y viscoso.

EL suelo que está presente en esta obra es arcilloso, por eso los ingenieros diseñar una excavación profunda, en donde se pueda depositar un relleno con suelo calizo, ya que es el más adecuado para realizar excavaciones profundas.

Excavación en pozos

“Son excavaciones ejecutadas verticalmente. Pueden ser de sección circular o cuadrada, y por lo general son de gran profundidad. Se utilizan para la construcción de pilas de entibación, para pozos de reconocimiento de suelos o captación de aguas. En estos casos la excavación generalmente es manual.” (Achs, 2012, p.9)

Figura 10

Excavación en pozos



Nota: La figura 10 es una fotografía de la etapa de excavación de los pozos.

Fuente: Propiedad del autor

El suelo de esta obra se ve desordenado al momento de realizar la excavación, ya que hay un nivel freático alto, maquinaria, herramientas y materiales de construcción en todas partes, lo cual puede generar un sobre cargo en la excavación.

El tipo de cimentación es profunda, pero por el alto nivel de suelo arcilloso se decidió utilizar una penetradora para perforar el terreno hasta encontrar suelo más consistente, cuando ya se realice este ítem los trabajadores procederán a entibar la excavación ya que al ser un edificio alto el que se construirá en esta parte de la obra es necesario realizar una cimentación de más de 7 metros de profundidad, para así lograr un soporte bueno para la edificación.

Sí no se llegara a realizar una implementación de taludes o entibación para la excavación se recomienda conocer la siguiente norma:

En el caso de querer realizar taludes, zanjas o pozos sin entibación la Norma Tecnológica de la Edificación sobre “Cimentaciones. Contenciones. Taludes” (NTE-CCT/1977) nos señala los parámetros geométricos de cortes ataluzados del terreno, provisionales sin entibación, de altura no mayor de 7 m., situados entre dos superficies sensiblemente horizontales, en terrenos coherentes homogéneos o asimilables, con nivel freático a 2 o más metros por debajo de la cota más profunda de excavación, ubicados en zona de grado sísmico inferior a 7. (Osalan, 2012, p.19)

Para realizar excavaciones manuales es importante tener en cuenta el tipo de profundidad máxima a la que se puede someter el trabajador sin requerir esfuerzos, sin embargo también puede depender de algunos factores que no depende del personal que está a cargo de la supervisión dela excavación: Efectos climatológicos y sobrecargas

Para las excavaciones manuales y de gran profundidad se deben cumplir las siguientes recomendaciones según la guía de prevención en excavación Acuacar de Cartagena:

- Para la profundidad sin aseguramiento debe tenerse en cuenta siempre el tipo de suelo, entre otras variables.
- Debe mantenerse una distancia segura entre los trabajadores, recomendable mínimo dos (2) metros.
- Pequeñas excavaciones, como las realizadas para la construcción de cajas de pasajes (domiciliarias, inspección) pueden tener como barreras su tapa con marco de madera o material resistente, acorde al tipo de circulación.
- Deben preverse vías de acceso para vehículos de carga y transporte de material excavado, como también para la circulación de trabajadores, a fin de evitar riesgos al personal y a la propia excavación. (Acuacar, 2016, p.17).

En las siguientes figuras se muestra un ejemplo de excavación manual en pozos.

Figura 11

Excavación en pozos



(CYPE Ingenieros SA, 2013)

Figura 12

Excavación en pozos



(CYPE Ingenieros SA, 2013)

Nota: En las figuras 11 y 12 se observa en las imágenes la correcta realización de las excavaciones de los pozos.

Tipo de seguridad en la obra 1

Listado de verificaciones

Para comprender de manera más acertada sobre la seguridad en la obra, realizamos una lista de verificaciones, las cuales tomamos como referencia de guías de seguridad como: Guía de trabajo seguro en excavación y Osalan (Trabajos de seguridad en zanjas y excavaciones), también en normativas como la norma Osha-Regulaciones OSHA - 1926.651 Seguridad en Excavación y las normas Achs.

Figura 13

Poca seguridad en obra



Nota: En la figura 13 se encuentra una fotografía donde se ve claramente que en la obra no se tiene en cuenta ningún tipo de seguridad ni siguen correctamente la normativa que debe tener en cuenta.

Fuente: Propiedad del autor

En la tabla 4 se expondrán los niveles de peligro o importancia que tiene cada actividad dentro de la etapa de excavación.

Tabla 4

Índice de peligros en una excavación según la investigación realizada

IMPORTANCIA	DESCRIPCIÓN
MI(Mínimo)	No es necesario realizar alguna modificación en la excavación
TO(Tolerable)	No es obligatorio cambiar la seguridad pero podrían implementarse sistemas para la prevención.
M(Moderado)	Cuando el riesgo es moderado se asocia a consecuencias dañinas, es por eso que se debe hacer el esfuerzo por reducir el riesgo.
I(Importante)	No se recomienda continuar esta etapa sin realizar un respectivo análisis de las condiciones, se recomienda actuar ante esto
(IN)Intolerable	No es permitido ni se debe continuar o avanzar la obra sin antes modificar este daño, ya que puede causar retrasos o daño del personal.

Nota: En la tabla 4 se realizó un índice de los peligros en las excavaciones y se clasifico por importancia.

Fuente: Autor

La lista de verificaciones que aparecerá en la siguiente tabla cuestionario que se compone de una serie de preguntas que se deben realizar a medida que la excavación va avanzando, tiene ciertas preguntas que evalúan si el trabajador se está exponiendo a un accidente o incidente en concreto y al frente su nivel de riesgo a exponerse a un accidente grave e incluso mortal. Existen ciertos niveles de peligro en la excavación los cuales son:

- 1) Caídas de personas a distinto nivel-TO
- 2) Caída de materiales y vehículos por desplome o derrumbamiento-I
- 3) Riesgo de sepultamiento IN

- 4) Atrapamientos IN
- 5) Exposición a condiciones ambientales externas-MO
- 6) Contactos eléctricos I
- 7) Exposición a atmosferas peligrosas
- 8) Explosiones e incendios MO
- 9) Inundaciones-TO

Tabla 5

Nivel de riesgo en excavaciones, tabla realizada a la obra asistida número 1

Lista de control de medidas			
Obra: Cominsa RamonH- Castilla la nueva I			
Fecha: 27-10-18			
Personas que han sufrido caídas al interior de una zanja			
Pregunta	Importancia	Si	No
¿Se suele señalizar la obra?	TO		X
¿Se han instalado escaleras portátiles y pasarelas?	TO		X
¿Las piezas de protección usada están en buen estado?	TO	✓	
¿La excavación tiene un plan de emergencia para algún tipo de seguridad?	TO		X
¿Generalmente se utilizan sistemas de protección para el borde de la zanja?	TO		X
Derrumbe a causa de materiales o vehiculos			
Pregunta	importancia	Si	No
¿El material restante se suele dejar a una distancia considerable de la obra?	I		X
¿Se instalan barreras para evitar que las personas se acerquen a la excavación?	I	✓	
¿Suelen mantenerse aseados la maquinaria cerca de la zanja?	I	✓	
¿Suele haber entibación más profunda de los 20cm?	I		X
¿Hay trabajos a niveles superiores?	I	✓	
Riesgo de sepultamiento			

Pregunta	Importancia	Si	No
¿Cuándo el terreno es cohesivo o viscoso la zanja tiene entibación de más de 1,30cm?	IN	✓	
¿La inclinación del talud es adecuada para la naturaleza de la excavación?	IN		X
Atrapamientos			
Pregunta	Importancia	Si	No
¿El personal que no trabaja en la excavación suele atravesar esta zona de trabajo?	IN	✓	
¿Todos los equipos tienen autorización?	IN	✓	
¿Los trabajadores son conscientes que no deben caminar bajo las maquinas?	IN		X
¿Se ha prohibido la permanencia de trabajadores mientras hay un una retroexcavadora sacando la tierra?	IN		X
Exposición a condiciones ambientales externas			
Pregunta	Importancia	Si	No
¿Hay exposición prolongada al sol?	MO	✓	
¿El trabajador está expuesto a temperaturas ambientales externas?	MO	✓	
¿El trabajador se expone a estrés?	MO	✓	
¿Cuándo se presentan bajas temperaturas se les proporciona a los trabajadores la ropa adecuada?	MO	✓	
¿Al momento de realizar sobre esfuerzos se les proporciona maquinaria que facilite el trabajo?	MO	✓	
Contactos eléctricos			
Pregunta	Importancia	Si	No
¿Hay interferencias con conducciones eléctricas?	MI		X
¿Existe un sistema de prevención para el contacto con estas?	MI		X
Explosiones e incendios			
Pregunta	Importancia	Si	No
¿Se han realizado evaluaciones o capacitaciones para preparar a los trabajadores de una atmosfera peligrosa?	MO		X
¿Es buena la ventilación de la zanja?	MO		X
¿En caso de emergencia las salidas son adecuadas?	MO		X
Inundaciones			
Pregunta	Importancia	Si	No
¿Hay presencia de agua en el terreno?	TO	✓	

¿En caso de que se produzca una interrupción de agua existe una salida de emergencia que funcione adecuadamente?	TO	✓	
¿La evaluación de nivel freático y no afecta a la estabilidad del terreno	TO	✓	

Nota: La tabla 5 se realizó con el fin de evaluar los niveles de riesgo en las excavaciones de las obras visitadas.

Fuente: Autor

Resultados

Figura 14

Excavación incumple ciertos parámetros



Nota: En la figura 14 se cuentan los resultados de las estadísticas calculadas en la tabla 5.

Fuente: Autor

Anexo- Hoja guía de toma de datos

Figura 15

Ficha técnica.

Toma de datos(Seguridad en zanjas y excavaciones)			
Empresa: <u>Cominsa Ramon H</u>		Obra: <u>Castilla la nueva I</u>	
Tipo de excavación:	Excavación en zanjas SINO ☐ ☐	Excavación masiva SI NO ☐ ☐	Excavación en pozos SINO ☒ ☐
	Otro ¿cuál?: _____		
Sistema de contención	"Para asegurar la estabilidad de las excavaciones se debe establecer e implementar las medidas de protección que garanticen la prevención de accidentes de trabajo"(Ministerio de trabajo, 2014, p.14).		
	Table-estancado ☐	Entibado ☐	
	Enmallado ☐	Baranda ☐	
	Talud ☒	Otro ¿cuál? _____	
Lista de inspección de seguridad			
Condiciones		Si	No
Los trabajadores portan elementos de protección personal básicos: Casco, botas punta de acero y plantilla de acero, guantes y gafas de seguridad.		☒	
El área de trabajo se encuentra señalizada, delimitada o demarcada			☒
Se ha examinado el área, las cajas de inspección, marcas del terreno, instalaciones y se han marcado en el terreno para evitar dañarlas al excavar.			☒
Tienen escaleras o sistemas de ingreso/salida a menos de 7 metros de distancia dentro de la excavación.			☒
Se cuenta con motobombas disponibles en caso de inundación.		☒	
Se cuenta con talud o apuntalamiento acorde al diseño.			☒
El área se encuentra despejada cuando haya equipos pesados trabajando.			☒
El material sobrante se encuentra a una distancia considerada de la excavación, evitando posible derrumbes			☒
Observaciones: <u>El suelo que presenta esta obra es inestable, la excavación en pozos que se realiza no cumple con los parámetros de seguridad y no existe un plan de emergencia si ocurriera un accidente en la excavación.</u>			

Nota: La figura 15 es una ficha técnica, del lista de inspección de seguridad.

Fuente: Autor

Como se muestra en la tabla el rango alto en promedio del que falló la obra numero 1 tiene que ver con los riesgos moderados que hacen parte a los riesgos mencionados anterior mente como exposición a condiciones ambientales y explosiones e incendios ya que como se pudo

evidenciar, en la obra no habían muchas inspecciones de las instalaciones subterráneas y las medidas preventivas a incendios o a gases tóxicos eran casi inexistentes o nulas en su totalidad.

CAPITULO 4: Trabajo investigativo- obra n° 2

Alcaldía de Machetá Cundinamarca

Descripción del proyecto

“La alcaldía de Machetá, es un proyecto de ampliación, con una área 184m^2 para brindarle espacios más amplios al personal administrativo, cuenta con un salón del concejo comunal de 48m^2 , una oficina principal con un área de 4m^2 y 6 oficinas, de 6m^2 cada una, se encuentra ubicada frente al parque de Macheta Cundinamarca.

Figura 16

Alcaldía municipal, Machetá Cundinamarca.



Nota: La figura 16 es una fotografía de la fachada frontal de la alcaldía de macheta Cundinamarca.

Fuente: Autor

Figura 17

Ubicación de obra Alcaldía municipal, Machetá Cundinamarca.



Nota: En la figura 17 se encuentra en mapa de la ubicación de la alcaldía de Macheta.

Fuente: Google mapas 2018

Estudio de riesgos laborales- obra 2

Condición del suelo

En la ejecución de esta excavación, la tierra es demasiado tiene demasiada humedad tierra o roca deben tener un talud, tablestacado o entibación, de manera que sean estables en cualquier circunstancia que se presente en la obra, teniendo en cuenta que puede ocurrir un desmoronamientos o el suelo puede someterse a cambios bruscos que provoquen la pérdida de resistencia, por esta razón se debe realizar los estudios previos del suelo y sus características.

Figura 18

Estado del suelo



Nota: En la figura 18 se encuentra una fotografía en la cual se observa el estado del suelo del terreno de la obra.

Fuente: Propiedad del autor

El suelo que presentaba este proyecto pertenecía al suelo calizo que según las normas Achs definen sus características como: “En general son suelos con buenas características de resistencia, estabilidad y drenaje para fundaciones, especialmente cuando están bien compactados y confinados.”(Achs, 2012, p. 6)

El suelo que se muestra en la imagen es un suelo estable para realizar construcciones ya que al ser un suelo que se compacta fácilmente es más simple realizar cimentaciones como la que se mostrará en la figura 19, a pesar de esto no se tiene un orden en la obra, ya que el suelo está cubierto de materiales y esto al momento de realizar la excavación no trae resultados positivos a la construcción.

Figura 19*Estado del suelo*

Nota: En la figura 19 se encuentra una fotografía en la cual se observa el estado del suelo del terreno de la obra y como están realizando la etapa de excavación.

Fuente: Propiedad del autor

Tipo de seguridad en la obra 1**Listado de verificaciones**

Para comprender de manera más acertada sobre la seguridad en la obra, realizamos una lista de verificaciones, las cuales tomamos como referencia de guías de seguridad como: Guía de trabajo seguro en excavación y Osalan (Trabajos de seguridad en zanjas y excavaciones), también en normativas como la norma Osha-Regulaciones OSHA – 1926.651 Seguridad en Excavación y las normas Achs.

Figura 20*Excavación con mucha inseguridad*

Nota: En la figura 20 se observa una fotografía que claramente en la obra no se tiene ningún tipo de seguridad ni siguen correctamente la normativa que debe tener en cuenta.

Fuente: Propiedad del autor

Al momento de realizar un monitoreo en planta se evidencio que las excavaciones en pozo que se realizaban para las zapatas se encontraban en condiciones desfavorables, tanto para el terreno como para los obreros, las personas encargadas de supervisar relataron que se encontraban en épocas de invierno y llovizna por eso no habían podido mantener las excavaciones con un nivel de agua bajo, es por eso que optaron por cubrir las excavaciones con bolsas de basura que no fueron colocadas de la mejor manera, la mayoría de estas bolsas se habían hundido dentro de la excavación o simplemente se habían deteriorado y sin importar esto y por la humedad pusieron tablas para que funcionaran como pasarela, estas tablas tenían un tamaño muy pequeño el cual no era muy resistente para soportar el peso de un hombre. Esta excavación tardó más de lo normal en realizarse, los obreros no querían trabajar en estas condiciones pero tampoco se les brindó algún tipo de seguridad o entibación para que pudieran continuar con sus labores sin importar el clima, es por eso que muchos de esos decidió trabajar en otra etapa de la obra, ya que también en

el mismo edificio se realizaban remodelaciones.

Tabla 6

Nivel de riesgo de excavaciones-obra numero 2

IMPORTANCIA	DESCRIPCIÓN
MI(Mínimo)	No es necesario realizar alguna modificación en la excavación
TO(Tolerable)	No es obligatorio cambiar la seguridad pero podrían implementarse sistemas para la prevención.
M(Moderado)	Cuando el riesgo es moderado se asocia a consecuencias dañinas, es por eso que se debe hacer el esfuerzo por reducir el riesgo.
I(Importante)	No se recomienda continuar esta etapa sin realizar un respectivo análisis de las condiciones, se recomienda actuar ante esto
(IN)Intolerable	No es permitido ni se debe continuar o avanzar la obra sin antes modificar este daño, ya que puede causar retrasos o daño del personal.

Nota: En la tabla 6 se realizó un índice de los peligros en las excavaciones y se clasifico por importancia.

Fuente: Propiedad de autor

La lista de verificaciones que aparecerá en la siguiente tabla cuestionario que se compone de una serie de preguntas que se deben realizar a medida que la excavación va a avanzando, tiene ciertas preguntas que evalúan si el trabajador se está exponiendo a un accidente o incidente en concreto y al frente su nivel de riesgo a exponerse a un accidente grave e incluso mortal.

Existen ciertos niveles de peligro en la excavación los cuales son:

1) Caídas de personas a distinto nivel-TO

2) Caída de materiales y vehículos por desplome o derrumbamiento-I**3) Riesgo de sepultamiento IN****4) Atrapamientos IN****5) Exposición a condiciones ambientales externas-MO****6) Contactos eléctricos I****7) Exposición a atmosferas peligrosas****8) Explosiones e incendios MO****9) Inundaciones-TO****Tabla 7***Nivel de riesgo en excavaciones, tabla realizada a la obra asistida número 2*

Obra: Alcaldía Municipal de Machetá			
Fecha: 3-11-18			
Caída de personas al interior de la zanja o excavación			
Pregunta	Importancia	Si	No
¿Se ha señalizado la zona de obra, con vallas	TO		X
¿Se suele señalar la obra?	TO		X
¿Se han instalado escaleras portátiles y pasarelas?	TO		X
¿Las piezas de protección usada están en buen estado?	TO		X
¿La excavación tiene un plan de emergencia para algún tipo de seguridad?	TO		X
¿Generalmente se utilizan sistemas de protección para el borde de la zanja?			
Derrumbe a causa de materiales o vehículos	importancia	Si	No
Pregunta	I		X
¿El material restante se suele dejar a una distancia considerable de la obra?	I		X
¿Se instalan barreras para evitar que las personas se acerquen a la excavación?	I	✓	
¿Suelen mantenerse aseados la maquinaria cerca de la zanja?	I		X
¿Suele haber entibación más profunda de los 20cm?	I	✓	
¿Hay trabajos a niveles superiores?			
Riesgo de sepultamiento	Importancia	Si	No

Pregunta	IN	✓	
¿Cuándo el terreno es cohesivo o viscoso la zanja tiene entibación de más de 1,30cm?	IN		X
¿La inclinación del talud es adecuada para la naturaleza de la excavación?			
Atrapamientos	Importancia	Si	No
Pregunta	IN		X
¿El personal que no trabaja en la excavación suele atravesar esta zona de trabajo?	IN	✓	
¿Todos los equipos tienen autorización?	IN		X
¿Los trabajadores son conscientes que no deben caminar bajo las maquinas?	IN		X
¿Se ha prohibido la permanencia de trabajadores mientras hay un una retroexcavadora sacando la tierra?			
Exposición a condiciones ambientales externas	Importancia	Si	No
Pregunta	MO	✓	
¿Hay exposición prolongada al sol?	MO	✓	
¿El trabajador está expuesto a temperaturas ambientales externas?	MO	✓	
¿El trabajador se expone a estrés?	MO		X
¿Cuándo se presentan bajas temperaturas se les proporciona a los trabajadores la ropa adecuada?	MO	✓	
¿Al momento de realizar sobre esfuerzos se les proporciona maquinaria que facilite el trabajo?			
Contactos eléctricos	Importancia	Si	No
Pregunta	MI		X
¿Hay interferencias con conducciones eléctricas?	MI		X
¿Existe un sistema de prevención para el contacto con estas?			
Explosiones e incendios	Importancia	Si	No
Pregunta	MO		X
¿Se han realizado evaluaciones o capacitaciones para preparar a los trabajadores de una atmosfera peligrosa?	MO		X
¿Es buena la ventilación de la zanja?	MO		X
¿En caso de emergencia las salidas son adecuadas?			
Inundaciones	Importancia	Si	No
Pregunta	TO	✓	
¿Hay presencia de agua en el terreno?	TO		X
¿En caso de que se produzca una interrupción de agua existe una salida de emergencia que funcione adecuadamente?	TO	✓	

¿La evaluación de nivel freático y no afecta a la estabilidad del terreno?	TO	✓	
--	----	---	--

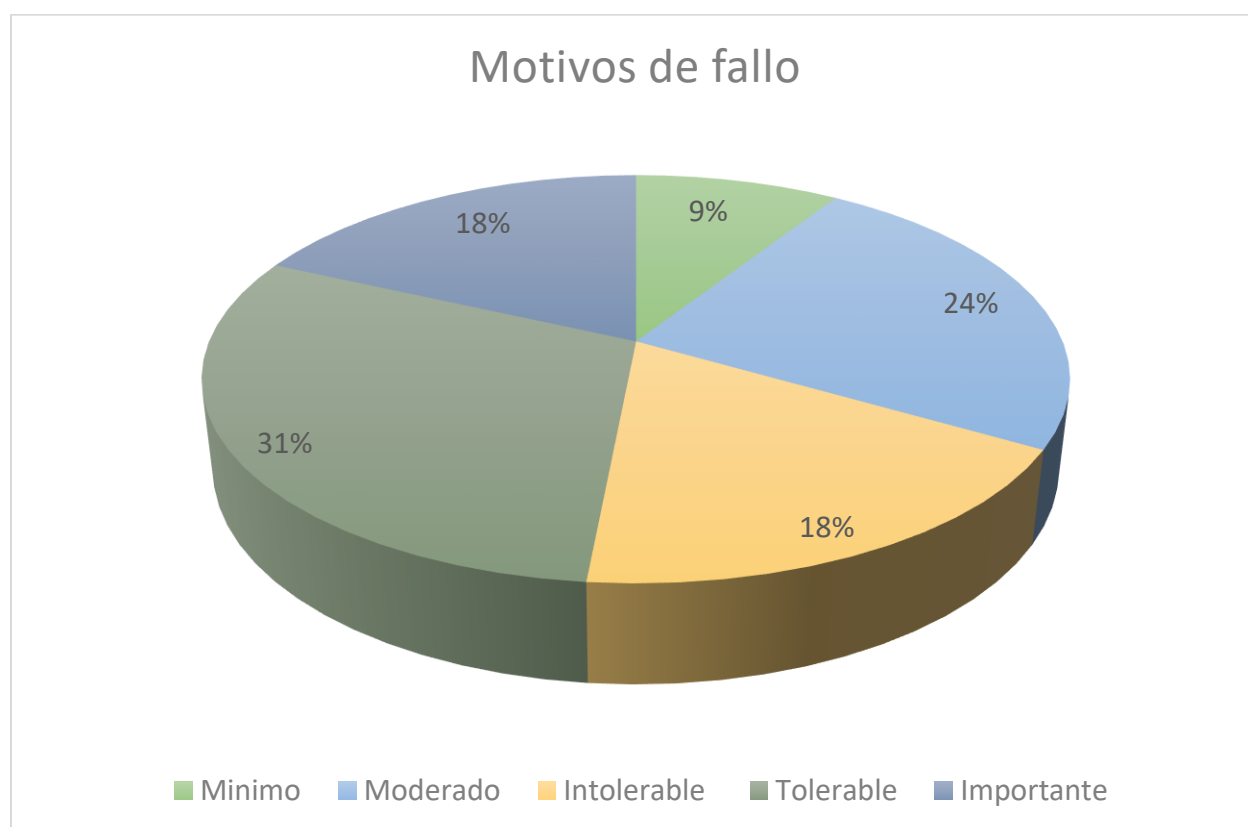
Nota: La tabla 7 se realizó con el fin de evaluar los niveles de riesgo en las excavaciones de las obras visitadas.

Fuente: Propiedad de autor

Resultados

Figura 21

Excavación incumple ciertos parámetros



Nota: En la figura 14 se encuentran los resultados de las estadísticas calculadas en la tabla 7.

Fuente: Propiedad de autor

Anexo, Hoja guía de toma de datos

Figura 22

Ficha técnica

Toma de datos(Seguridad en zanjas y excavaciones)			
Empresa: <u>Alcaldía Michela Cond.</u>		Obra: <u>Excavación Profunda</u>	
Tipo de excavación:	Excavación en zanjas SI ☐ NO ☐	Excavación masiva SI ☐ NO ☐	Excavación en pozos SI ☒ NO ☐
	Otro ¿cuál?: _____		
	"Para asegurar la estabilidad de las excavaciones se debe establecer e implementar las medidas de protección que garanticen la prevención de accidentes de trabajo" (Ministerio de trabajo, 2014, p.14).		
Sistema de contención	Table-estancado ☐	Entibado ☒	
	Enmallado ☐	Baranda ☐	
	Talud ☐	Otro ¿cuál? _____	
Lista de inspección de seguridad			
Condiciones		Si	No
Los trabajadores portan elementos de protección personal básicos: Casco, botas punta de acero y plantilla de acero, guantes y gafas de seguridad.			X
El área de trabajo se encuentra señalizada, delimitada o demarcada			X
Se ha examinado el área, las cajas de inspección, marcas del terreno, instalaciones y se han marcado en el terreno para evitar dañarlas al excavar.		✓	
Tienen escaleras o sistemas de ingreso/salida a menos de 7 metros de distancia dentro de la excavación.			X
Se cuenta con motobombas disponibles en caso de inundación.			X
Se cuenta con talud o apuntalamiento acorde al diseño.			X
El área se encuentra despejada cuando haya equipos pesados trabajando.			X
El material sobrante se encuentra a una distancia considerada de la excavación, evitando posible derrumbes			X
Observaciones: <u>El personal no lleva su equipo de trabajo adecuado se evidencia que no hay un orden de trabajo, no se encontraron demarcaciones</u>			

Nota: La figura 15 es una ficha técnica, del lista de inspección de seguridad.

Fuente: Propiedad de autor

Esta figura es la ficha que se utilizó al momento de evaluar las excavaciones de las respectivas obras, para llevar a cabo esta investigación estas preguntas resurgieron de los

parámetros de seguridad que más se deberían inspeccionar según las normativas utilizadas para llevar a cabo esta monografía.

Conclusiones y recomendaciones

En conclusión, la mayoría de las obras, presentan el mismo tipo de problemas que no utilizan ni ejecutan los manuales en cuanto a la seguridad en las excavaciones, y la reglamentación, según la normativa vigente en Colombia (Guía de trabajo seguro en excavaciones). Se evidencian los grandes índices de accidentalidad en las obras, porque prefieren trabajar “cómodos” sin implementos de protección porque les hace “estorbo”, sin tener presente que son medidas de seguridad para su propio beneficio, pero es aquí donde no solo se puede culpar a los trabajadores sino a los encargados y jefes de obra que permiten que no se acaten las reglas y no lo corrigen. Por esta razón debido a las estadísticas realizadas en los casos de estudio, se tomó la decisión de realizar un manual gráfico, utilizando como guía, las normativas mencionadas anteriormente, unificándolas en una sola cartilla, presentando las mejoras y actualizaciones necesarias, para generar medidas preventivas y disminución de la tasa de accidentalidad y mortalidad en las excavaciones de cimentaciones profundas.

En este proyecto al finalizar los estudios respectivos de las obras obtenidas, para la solución de los problemas presentados en los accidentes en obras, se concluye que la mejor manera de poder lograr una mitigación de accidentes en obra, es adjuntando las estadísticas y evidencia para crear un gran portafolio con todos los reportes de accidentes del transcurso de la historia de la construcción en otras obras y el manual donde se representa el uso correcto de sus implementos de trabajo, y las normas que se deben seguir para poder evitar estos accidentes.

- ✓ El director y residente de obra debe, encargarse de realizar las respectivas capacitaciones.
- ✓ Como directores, y residentes de obra, deben asegurarse que sus trabajadores, cumplan debidamente las capacitaciones realizadas.
- ✓ El supervisor, debe realizar correctamente su labor, asegurándose que se cumplan los parámetros en la obra según la normativa.
- ✓ Generar las medidas de seguridad respectivas, y teniendo en cuenta los objetos de protección personal para todo los trabajadores.
- ✓ Realizar las demarcaciones necesarias para evitar los accidentes, generados por falta de estos.
- ✓ Realizar encuestas a sus trabajadores, teniendo en cuenta sus opiniones y mejoras en cuanto a las obras realizadas, para no prolongar más incidentes.
- ✓ Realizar conferencias donde se exponga el portafolio, y de esta manera hacer ver y entrar en razón a los trabajadores de la gran importancia que tiene el seguir los parámetros que se crearon.

Lista de Referencia o Bibliografía

AEPSAL (2017). *Accidentes laborales 2017 hasta junio. Estudio de sus causas*. Recuperado de <https://n9.cl/rui1y>

Asociación Chilena de Seguridad (2010). *Control de Riesgos en Excavaciones*. Recuperado de <https://n9.cl/bkts>

Beltrán Pereira, D. (2016). Control operacional trabajo en excavaciones, Montoya J. Recuperado de <https://n9.cl/o0r8>

Charlas de seguridad (2012). Seguridad en tareas de excavación. Recuperado de <https://charlasdeseguridad.com.ar/2012/09/excavaciones/>

Gaceta laboral (2016). ¿Qué es el plan de seguridad y salud en el trabajo y cuando deben las obras de construcción contar con uno?. Recuperado de <https://n9.cl/uxfjqx>

Herbas, E. (2010). *Excavación*. ingenierocivilinfo. Recuperado de <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/01/excavacion.html>

Jiménez García, J. (2016). Procedimiento de trabajo seguro para la ejecución de zanjas [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Alicante]. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/60247>

Ministerio de Cultura (2017). *PLAN DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO 2017*. Recuperado de <https://n9.cl/1j3sl>

Ministerio de trabajo (2014). Guía seguro de trabajo en excavaciones. Recuperado el 02 junio 2021, de <https://n9.cl/7f9lz>

Navarro Guerra, J. A. (2007). PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN EXCAVACIONES [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcin322p/sources/bmfcin322p.pdf>

Occupational Safety and Health Administration (2015). Trenching and Excavation Safety. Recuperado de <https://n9.cl/kpqpd>

OSALAN (2012). SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS EN ZANJAS. Recuperado de <https://n9.cl/5pcg>

OSHA (2020). Todo sobre OSHA. Recuperado de <https://n9.cl/xyejr>

Pérez Chávez, J. C. (2014). Los riesgos por excavaciones en zanjas del sistema de alcantarillado sanitario en la urbanización Campo Real–Las retamas de la ciudad de Riobamba y su incidencia en los accidentes de trabajo [Trabajo de Fin de Grado, Universidad técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8311>

Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Schmitt, R. L., & Shapira, A. (2018). *Construction planning, equipment, and methods*. McGraw-Hill Education.

Safety Matters Weekly (2017). *Seguridad de Zanjado y Excavación*. Recuperado de <https://n9.cl/wjar>

Schaufelberger, J. E., & Migliaccio, G. C. (2019). *Construction equipment management*. Routledge.

Silva, O. J. (2019). *Seguridad industrial en obra*. 360enconcreto. Recuperado de <https://n9.cl/dbtk2>

Solís, R. (2017). Cien meses de accidentes en la construcción en el sureste de México. *Revista Ingeniería de Construcción*, 3, 195-204.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000300195

Structuralia (2018). Maquinaria empleada en operaciones de movimiento de tierras. Recuperado de <https://n9.cl/noex>

Twenergy (2020). Tipos de suelos. Recuperado de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/tipos-de-suelos/>

Vallares Ide, H. J. (2007). *CÁLCULO Y DISEÑO DE ENTIBACIONES PARA EXCAVACIONES EN PROFUNDIDAD* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Austral de Chile].
http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-01-06_10-33-19112929.pdf

