



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES  
POR EL MÉTODO DE *SOIL NAILING* SEGÚN NORMAS OSHA**

**Laura María Arias Pineda**

Asesorado por el Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva

Guatemala, abril de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES  
POR EL MÉTODO DE *SOIL NAILING* SEGÚN NORMAS OSHA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LAURA MARÍA ARIAS PINEDA**

ASESORADO POR EL ING. EDGAR FERNANDO VALENZUELA VILLANUEVA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
EXAMINADOR	Ing. Alan Giovani Cosillo Pinto
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES POR EL MÉTODO DE *SOIL NAILING* SEGÚN NORMAS OSHA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha octubre 2012.

  
**Laura María Arias Pineda**

Guatemala, 14 de Marzo de 2014

Licenciado:

Manuel María Guillén Salazar  
Jefe del Departamento de Planeamiento  
Escuela de ingeniería Civil  
Universidad San Carlos de Guatemala

Estimado Licenciado Guillen:

Por este medio hago de su conocimiento que he concluido con el asesoramiento de la estudiante universitaria LAURA MARÍA ARIAS PINEDA, en el desarrollo del trabajo de graduación titulado: "**SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES POR EL MÉTODO DE SOIL NAILING SEGÚN NORMAS OSHA**", después de haber revisado y corregido su contenido, sin encontrar alguna objeción al respecto, doy mi satisfactoria aprobación al mencionado trabajo de graduación.

El autor de este trabajo de graduación y su asesor son responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

*Edgar F. Valenzuela V.*  
INGENIERO CIVIL  
Msc. Sistemas Mención Construcción  
C.O. 2,836  
  
Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva  
Ingeniero Civil  
Colegiado 2,836  
Asesor



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
 1 abril de 2014

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES POR EL MÉTODO DE SOIL NAILING SEGÚN NORMAS OSHA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil **Laura María Arias Pineda**, quien contó con la asesoría del Ing. **Edgar Fernando Valenzuela Villanueva**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar  
 Jefe del Departamento de Planeamiento  
 Manuel María Guillén Salazar  
 ECONOMISTA  
 Colegiado No. 4758



/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación de la estudiante Laura María Arias Pineda, titulado **SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES POR EL MÉTODO DE SOIL NAILING SEGÚN NORMAS OSHA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2014.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

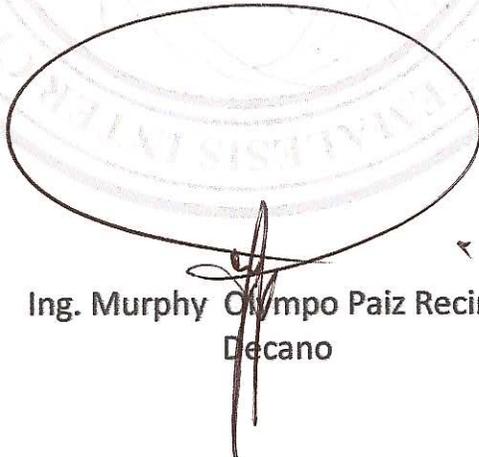


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 181.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES POR EL MÉTODO DE SOIL NAILING SEGÚN NORMAS OSHA**, presentado por la estudiante universitaria: **Laura María Arias Pineda**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 24 de abril de 2014

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mi fuerza, luz, provisión, protección y razón de ser.
<b>Mis padres</b>	Carlos Arias y Lissette Pineda. Por ser mi apoyo y guía a lo largo de toda mi vida.
<b>Mi esposo</b>	Kenny Maldonado. Por ser la persona que con amor y cariño me ha apoyado en todo.
<b>Mi hija</b>	Victoria Maldonado. Por ser mi pequeño ángel, regalo de Dios que me inspira a seguir adelante.
<b>Mi sobrina</b>	Ximena Arias. Por brindar alegría y ternura a mi vida.
<b>Mi hermano</b>	Byron Girón. Por ser mi ejemplo a seguir y guía espiritual.
<b>Mi hermano</b>	Mynor Arias. Por ser un apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.
<b>Señorita Lucía Argueta</b>	Por ser una hermana en todo tiempo y brindarme una amistad sincera y apoyo.

**Mi cuñada**

Teresa Castillo. Por acompañar a mi familia y a mí a lo largo de todos estos años.

**Mis sobrinos**

Alejandra, Pablo y Ángel Girón. Por brindarme alegría y compañía.

**Mi sobrino**

Daniel Urlá. Por ser parte importante en mi vida y el regalo hermoso que mi hermana me dejó.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser fuente de conocimiento y experiencia en mi vida profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por permitirme convertirme en una profesional y brindarme todas las herramientas necesarias.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Oscar Reyes, Alejandra de León, Emeline Paredes y Florida Alma Quintana. Por su apoyo incondicional y sincera amistad.
<b>Ing. Edgar Fernando Valenzuela</b>	Por ser un importante apoyo a lo largo de mi carrera.
<b>Señorita Eunice Ortíz</b>	Por brindarme su amistad sincera en todo momento a lo largo de toda mi vida.
<b>Rodio Swiss-boring</b>	Por permitirme adquirir experiencia profesional dentro de sus puertas.
<b>Cemex Guatemala</b>	Por brindarme las herramientas para concluir mis estudios universitarios.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. Historia del método de <i>soil nailing</i> .....	1
1.2. Uso y aplicaciones.....	2
1.2.1. Taludes.....	2
1.2.2. Excavaciones.....	3
1.2.3. Tipos de estabilización de taludes .....	7
1.2.4. Estabilización con <i>soil nailing</i> .....	14
1.2.5. Tipos de <i>soil nailing</i> .....	16
1.3. <i>Soil nailing</i> en Guatemala.....	18
2. PROCESO CONSTRUCTIVO.....	25
2.1. Materiales .....	25
2.1.1. Barras y platinas de acero .....	25
2.1.2. Electromalla .....	27
2.1.3. Lechada de alta resistencia .....	27
2.1.4. Concreto .....	28
2.2. Pasos.....	29
2.2.1. Perforaciones.....	29
2.2.2. Colocación de electromalla.....	30

2.2.3.	Colocación de pernos.....	31
2.2.4.	Inyección de pernos .....	32
2.2.5.	Lanzado de concreto.....	33
2.2.6.	Colocación de platinas .....	33
3.	SEGURIDAD INDUSTRIAL .....	35
3.1.	Historia y análisis de Norma OSHA.....	35
3.2.	Guía de aplicaciones de especificaciones de seguridad industrial al método de <i>soil nailing</i> .....	39
3.2.1.	Aplicaciones administrativas .....	39
3.2.1.1.	Capacitación del personal .....	40
3.2.1.1.1.	Prevencción de riesgos individuales .....	40
3.2.1.1.2.	Prevencción de riesgos colectivos .....	48
3.2.1.1.3.	Prevencción de daños a terceros .....	51
3.2.1.2.	Evaluación de personal .....	54
3.2.1.2.1.	Previo a contratación ....	54
3.2.1.2.2.	Uso correcto de equipo .....	54
3.2.1.2.3.	Amonestaciones e incentivos .....	55
3.2.1.3.	Planes de contingencia .....	56
3.2.1.3.1.	Primeros auxilios.....	57
3.2.1.2.3.	Uso de extintores .....	63
3.2.2.	Aplicaciones en obra .....	65
3.2.2.1.	Seguridad en instalaciones .....	65
3.2.2.1.1.	Bodegas.....	65

	3.2.2.1.2.	Áreas de trabajo .....	66
	3.2.2.1.3.	Talleres.....	71
	3.2.2.1.4.	Instalaciones eléctricas .....	71
	3.2.2.1.5.	Acceso seguro y protección contra caídas.....	73
	3.2.2.1.6.	Andamios .....	76
3.2.2.2.		Equipo, maquinaria y herramienta .....	81
	3.2.2.2.1.	Vehículos y maquinaria pesada .....	82
	3.2.2.2.2.	Equipo de corte .....	84
	3.2.2.2.3.	Equipo para soldar .....	87
	3.2.2.2.4.	Equipo de pintura .....	91
	3.2.2.2.5.	Herramientas de mano .....	93
	3.2.2.2.6.	Herramientas eléctricas .....	95
	3.2.2.2.7.	Equipo neumático.....	98
3.2.2.3.		Construcción.....	100
	3.2.2.3.1.	Preparación, transporte, montaje y desmontaje de equipo.....	101
	3.2.2.3.2.	Movimiento de tierras y demoliciones.....	102
	3.2.2.3.3.	Trabajos con armaduras de acero en general .....	106

	3.2.2.3.4.	Manipulación de concreto con bomba....	108
	3.2.2.4.	Higiene .....	110
4.	COMPARACIÓN DE MÉTODOS.....		113
4.1.	Muros de contención .....		113
4.2.	Muros en voladizo .....		117
4.3.	Gaviones .....		118
4.4.	Vegetación .....		121
5.	RESULTADOS ESPERADOS .....		127
5.1.	Reducción de recursos.....		127
	5.1.1.	Recurso humano .....	127
	5.1.2.	Materiales.....	129
	5.1.3.	Financieros.....	130
5.2.	Calidad.....		131
5.3.	Durabilidad .....		132
CONCLUSIONES.....			135
RECOMENDACIONES .....			137
BIBLIOGRAFÍA.....			139

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Tipos de taludes.....	3
2.	Excavación poco profunda.....	5
3.	Excavación profunda.....	6
4.	Modificación de geometría de talud.....	8
5.	Drenaje horizontal.....	9
6.	Perforación drenaje horizontal.....	10
7.	Drenaje transversal.....	11
8.	Drenaje de contrafuerte.....	12
9.	Perfil de <i>soil nailing</i> .....	15
10.	Terminación de anclaje pasivo.....	16
11.	Terminación de anclaje activo.....	17
12.	Planta hidroeléctrica de Aguacapa.....	19
13.	Planta hidroeléctrica Chixoy.....	19
14.	Torre III banco Industrial.....	20
15.	Edificio Acoya.....	21
16.	Talud IRTRA Petapa.....	21
17.	Complejo médico Los Altos.....	22
18.	Centro comercial Portales.....	23
19.	Barras de acero.....	26
20.	Platina.....	26
21.	Electromalla.....	27
22.	Perforación de talud.....	30
23.	Colocación de electromalla.....	31

24.	Colocación de pernos .....	31
25.	Inyección con lechada de alta resistencia.....	32
26.	Lanzado de concreto .....	33
27.	Colocación de anclaje activo .....	34
28.	Protección de la cabeza.....	42
29.	Protección para los ojos.....	43
30.	Protectores auditivos de esponja.....	44
31.	Orejeras .....	44
32.	Tapones de PVC.....	45
33.	Guantes de vinil .....	46
34.	Guantes de goma .....	46
35.	Chaleco reflectivo .....	47
36.	Zapatos industriales.....	48
37.	Arnés de seguridad en alturas .....	49
38.	Trabajo en alturas .....	50
39.	Señalización de seguridad industrial.....	52
40.	Delimitación área .....	53
41.	Maniobra de Heimlich .....	58
42.	Evaluación de la consciencia.....	60
43.	Correcta aplicación de RCP.....	63
44.	Clases de fuego .....	64
45.	Elementos de señalización de seguridad industrial .....	70
46.	Dispositivo de bloqueo y rotulación.....	73
47.	Arnés de cuerpo completo .....	75
48.	Andamios en la construcción .....	81
49.	Señalización de manejo de cargas con grúa .....	84
50.	Uso correcto de equipo de corte .....	86
51.	Uso correcto de equipo de soldadura .....	91
52.	Uso correcto del equipo de pintura .....	93

53.	Herramientas de mano.....	95
54.	Herramientas eléctricas.....	98
55.	Herramientas neumáticas .....	100
56.	Movimiento de tierras.....	106
57.	Colocación de pantallas de electromalla .....	108
58.	Aplicación de concreto con bomba .....	110
59.	Muro de contención.....	114
60.	Falla de contravolteo .....	115
61.	Ensayo CBR.....	116
62.	Ensayo triaxial.....	116
63.	Ensayo sondeo dinámico .....	117
64.	Muro en voladizo.....	118
65.	Muro de contención con gaviones.....	119
66.	Perfil de gaviones.....	121
67.	Estabilización con vegetación .....	122
68.	Raíces en la estabilización.....	123
69.	Falso maní .....	125

## **TABLAS**

I.	Significado de los colores.....	53
II.	Distancias entre andamios y cables.....	80
III.	Peligros en soldaduras.....	88



## GLOSARIO

<b>Apuntalamiento</b>	Componente constructivo por medio del cual se sostienen y refuerzan muros, edificios, puentes u otro elemento de edificación por medio de puntales.
<b>Arcilla</b>	Tierra formada por silicatos de aluminio, impermeable, que mezclada con agua adquiere plasticidad.
<b>ASTM</b>	(American society for testing and materials) Institución americana dedicada a la realización y regularización de normas que rigen las condiciones bajo las cuales se deben realizar ensayos y pruebas a materiales utilizados en la industria, con la finalidad de crear estándares de calidad y seguridad que garanticen el desempeño de los mismos.
<b>Berma</b>	Material o suelo procedente de una perforación o excavación cuyo objetivo es brindar protección contra desprendimientos y deslaves.
<b>Cabria</b>	Cualquier mecanismo cuya función es levantar pesos considerables.
<b>Cantilever</b>	Cualquier viga, travesaño u otro miembro estructural que se proyecta más allá de su miembro sustentante.

<b>Centralizadores</b>	Dispositivo plástico en forma de cono vacío en cuyo interior va colocada una varilla de hierro y cuya función es evitar el contacto de dicha varilla con el material que se encuentra a su alrededor.
<b>Disyuntores</b>	Interruptor automático de corriente, que funciona cuando hay una variación anormal de la intensidad o de la tensión.
<b>Efecto a tierra</b>	Acción de conectar una corriente eléctrica al suelo ya que es considerado como un conductor de poca impedancia.
<b>Estrato</b>	Capa de materiales que constituyen un terreno, en particular un terreno sedimentario.
<b>Falla</b>	Condición en la cual un elemento estructural no es capaz de soportar los esfuerzos a los que es sometido y es superado el estado de funcionamiento de la estructura.
<b>Finos</b>	Se refiere al suelo de cuya muestra, al ser sometida a tamizaje, más del cincuenta por ciento pasa el tamiz número doscientos.
<b>Hongo</b>	Sobrenombre que se le da a una herramienta utilizada para martillar y cuya forma asemeja a un hongo.

<b>Ídem</b>	Voz procedente de la palabra en latín <i>idem</i> , que significa el mismo o lo mismo, y se utiliza para evitar repeticiones.
<b><i>In- situ</i></b>	Voz latina que significa en el mismo sitio. Se utiliza para indicar en el lugar y en el momento en que ocurre algo; en el lugar de origen de lo que se expresa.
<b>Intemperismo</b>	Acción combinada de procesos mecánicos, físicos o biológicos mediante los cuales una roca es desintegrada, transformándolas en residuos fragmentados; también es conocido como proceso de meteorización.
<b>Limo</b>	Depósito fino, transportado por el agua y sedimentado en el fondo de ríos, pantanos o aguas marinas, cuya granulometría está comprendida entre las arenas finas y la arcilla.
<b>Lugar limitado</b>	Espacio que posee peligro de la atmósfera, riesgo de quedar sumergido, atrapado, asfixiado, que tiene máquinas sin tope protector, alambres expuestos o estrés por calor.
<b>OSHA</b>	Occupational security and health administration.

<b>Pilotes</b>	Pieza larga, cilíndrica o prismática, hincada en el suelo para soportar una carga o para comprimir las capas de tierra.
<b>Pretil</b>	Barrera o barandilla que se pone a los lados de estructuras con la finalidad de evitar caídas.
<b>Shotcrete</b>	Palabra en inglés que significa concreto proyectado. Proceso por medio del cual el concreto es comprimido y lanzado con gran fuerza y velocidad a través de una manguera sobre una superficie determinada, esto se logra mediante el uso de un compresor de aire.
<b>Slump</b>	Prueba técnica utilizada para medir la resistencia del concreto.
<b>Tablestacas</b>	Tabla de madera o acero laminado que se hincan en la tierra para apuntalar una excavación o evitar el paso de agua.
<b>Zona freática</b>	Nivel del suelo por el cual discurre el agua y permiten la formación de acumulaciones de agua en espacios subterráneos.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación trata sobre la seguridad industrial aplicada a la metodología constructiva del *soil nailing* o suelo enclavado. Dada la creciente demanda de este proceso constructivo para la estabilización de taludes es más común ver este tipo de construcciones en Guatemala y por ello es necesario conocer su metodología constructiva. Así mismo es de suma importancia conocer el tema de seguridad industrial en el área de estudio ya que cada día hay más empresas que consideran y exigen condiciones seguras de trabajo para sus empleados, este último tema se desarrolla en base al análisis de las normas OSHA.

El trabajo consta de cinco capítulos, el primer capítulo abarca los antecedentes históricos del *soil nailing*, conceptos generales, definiciones relacionadas a la estabilización de taludes, tipos de estabilización de taludes y las clases de suelo enclavado que existen.

El segundo capítulo corresponde a los procesos constructivos paso a paso de la estabilización de *soil nailing*. Esto incluye todos los materiales usados en la elaboración de los muros enclavados junto con sus especificaciones técnicas y normas bajo las cuales está regida la calidad de todos los materiales.

El tercer capítulo trata sobre el tema de seguridad industrial en sí, por lo que abarca temas como la historia de las normas OSHA y su desarrollo, así mismo abarca la aplicación de las normas a los procesos de construcción del

*soil nailing* y se proporcionan lineamientos de seguridad para cada una de las actividades.

El cuarto capítulo contiene una comparación sobre los diferentes métodos constructivos para la estabilización de taludes incluyendo el suelo enclavado, determinando las similitudes y diferencias, ventajas y desventajas de los mismos.

En el quinto capítulo, los resultados que se esperan obtener en los proyectos en donde se aplique la metodología de *soil nailing*. Dentro de los cuales se encuentran la reducción de recursos, la mejora de calidad y durabilidad de la estructura.

Por último se da a conocer las conclusiones que se obtuvieron a través del trabajo realizado, así como sus respectivas recomendaciones y la bibliografía consultada.

# OBJETIVOS

## General

Establecer parámetros para el manejo adecuado de seguridad industrial en el método de *soil nailing* para la estabilización de taludes según normas OSHA.

## Específicos

1. Analizar las normas Occupational Safety Health Administration (OSHA) y adaptarlas al método de estabilización de taludes con *soil nailing*, de acuerdo a las distintas actividades y reglamentación que este proceso conlleva.
2. Definir y describir en forma general la metodología constructiva del método de *soil nailing*.
3. Demostrar los efectos positivos de la metodología utilizando *soil nailing* en la construcción dado que proporciona mayor tiempo de vida útil a los proyectos.
4. Crear consciencia sobre la importancia de la seguridad industrial en el área de la construcción como método preventivo de accidentes, lesiones, enfermedades e inclusive muertes.



## INTRODUCCIÓN

Dado el incremento de la utilización del método de *soil nailing* para la estabilización de taludes en Guatemala es indispensable conocer en qué consiste dicho sistema y tener presentes los riesgos y condiciones inseguras que este método presenta. En el siguiente trabajo se pretende dar los lineamientos constructivos básicos y de diseño del *soil nailing*, así como establecer parámetros y medidas de seguridad industrial apropiadas para desarrollar la estabilización de taludes sin exponer a los trabajadores a posibles accidentes, con base a las normas OSHA correspondientes.

A pesar de que las normas son de origen estadounidense, están consideradas aptas para su aplicación en los países de América y cumplen con estándares internacionales.

El método de *soil nailing*, también conocido como suelo enclavado, es una técnica relativamente nueva que es utilizada para el reforzamiento y mejoramiento de suelos, para la estabilización de taludes o para la retención de excavaciones en proyectos de construcción.

Su concepto fundamental se basa en que el suelo es un material que no posee alta resistencia a la tensión, por lo que puede ser reforzado por medio de la instalación de barras de acero con una mezcla de concreto o lechada de alta resistencia a lo que en su conjunto se le conoce con el nombre de *nails* o clavos, en donde el acero cumple la función de soportar los esfuerzos de tensión que se dan en la masa de suelo reforzada.



# 1. ANTECEDENTES

La técnica constructiva que da origen al *soil nailing* es la estabilización de taludes, ya que los métodos convencionales resultaban útiles para suelos regulares pero no eran factibles en suelos cuya cohesión entre las partículas fuese muy baja o inclusive suelos duros como los rocosos. Por lo que se hizo necesario crear una técnica que supliera las necesidades antes mencionadas. A continuación se detalla el proceso evolutivo del *soil nailing*.

## 1.1. Historia del método de *soil nailing*

El método de *soil nailing* o suelo enclavado es una modificación de un método para construcción de túneles creado en Austria, dicho sistema consistía en realizar excavaciones subterráneas en roca. Este método se basa en un refuerzo metálico pasivo que es incrustado en terrenos rocosos, seguido por la aplicación de *shotcrete* o lanzado de concreto a presión. Este concepto de combinación de refuerzo pasivo de metal con el concreto en la estabilización de terrenos rocosos cuyas pendientes son elevadas se ha utilizado desde inicios de los años sesenta.

La primera aplicación de *soil nailing* fue implementada en 1972 en un proyecto de ensanchamiento de un tranvía en Francia, posteriormente se utilizó el *soil nailing* para estabilizar una pendiente de diez y ocho metros de altura, la cual estaba formada por suelo arenoso. Este método demostró ser más efectivo y de menor costo, al mismo tiempo que redujo el tiempo de construcción en comparación a otros métodos de estabilización. Más adelante el siguiente país en investigar el procedimiento de *soil nailing* fue Alemania, desde 1975 a 1981

la universidad de Karlsruhe y la compañía constructora Bauer colaboraron para establecer el programa de investigación.

El programa realizó pruebas experimentales a gran escala que evaluaron muros con diferentes configuraciones y desarrollaron análisis de procedimientos para el uso de diseños. En 1976 Estados Unidos usó por primera vez el método de *soil nailing* para dar soporte a una excavación de 13,7 metros de profundidad en terreno arenoso, así mismo el *soil nailing* fue utilizado para la expansión de un hospital de gran importancia en Portland Oregon, en dicha oportunidad este sistema de estabilización de taludes resultó ser 85 por ciento más barato que los sistemas convencionales y logró realizarse en la mitad del tiempo que normalmente tomaría un trabajo de esta índole.

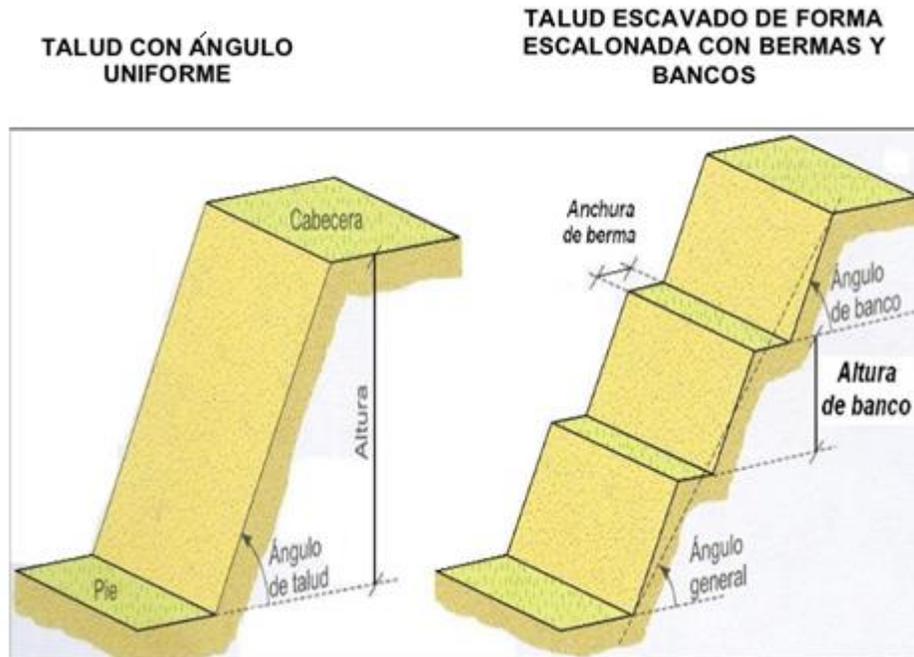
## **1.2. Uso y aplicaciones**

Para entender adecuadamente las aplicaciones del método de *soil nailing* es necesario tener conocimientos básicos de conceptos relacionados al estudio y análisis de suelos, por lo que se describen a continuación los más esenciales.

### **1.2.1. Taludes**

Talud es el término que se utiliza para designar la acumulación de fragmentos de roca partida en la base de paredes de roca, acantilados de montañas, o cuencas de valles, también puede definirse como cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal permanente. Estos pueden ser formados de forma natural o como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería. Los taludes se dividen en naturales o laderas y artificiales o cortes y terraplenes.

Figura 1. Tipos de taludes



Fuente: elaboración propia.

### 1.2.2. Excavaciones

Es la operación de cortar y remover cualquier clase de suelo independiente de su naturaleza o de sus características fisicomecánicas, dentro o fuera de los límites de construcción. Su ejecución incluye las operaciones de nivelación y evacuación del material removido a su lugar de disposición final. La excavación se establece de cuatro maneras siendo estas:

- Por su nivel de detalle: este término se refiere al grado de tallado que posee la excavación, sobre todo en las que son de origen artificial, trata de qué tan rústicos o rectos son los cortes de la excavación.

- Por tipo de material excavado: se refiere a la clasificación del suelo o material que se ha excavado, por ejemplo arcilla, limos, arena, rocas, entre otros.
- Por su grado de humedad: la cantidad de agua que se encuentra en el material de la excavación es crucial, ya que es determinante en la cohesión de las partículas.
- Por su profundidad: este término se refiere a la cantidad de material que ha sido removido del terreno en estado natural.
  - Poco profundas: son aquellas que se encuentran en el rango de 1 a 5 metros de profundidad, se puede llevar a cabo ya sea con maquinaria, de un potencia de ochenta *horse power* o menor, como lo son retroexcavadoras, o también con uso de mano de obra de forma intensiva, se da sin construcción de rampas para la salida de camiones, únicamente de aquellas utilizadas por el personal.

A pesar de su poca altura, sí se debe tomar en cuenta el uso de sistemas de protección de taludes durante su realización, como lo son los apuntalamientos, los cuales son los más recomendados, debido a su fácil colocación y desmontaje al finalizar el proceso de excavación.

En su mayoría en estas excavaciones, los sistemas definitivos de protección del talud no son complejos, debido a su poca altura, ya que en la mayoría de casos se utilizan muros de mampostería reforzada.

Figura 2. **Excavación poco profunda**



Fuente: mercado municipal de río Bravo.

- Profundas: son aquellas que superan los cinco metros de profundidad, se realizan con maquinaria que supere una potencia de 80 *horse power*; para su ejecución deben tomarse en cuenta elementos tales como: sistemas complejos de protección de taludes y rampas de salida de camiones.

La construcción de los sistemas de protección de taludes se realiza durante el proceso de excavación o bien antes de este, estos van desde el método de suelo enclavado, micropilotes, pilotes o tablestacas, entre otros.

Para llevar a cabo este tipo de excavación es importante que el ingeniero considere el peligro que el desprendimiento de

tierra de los taludes pues es mayor, y por lo tanto la vida de los trabajadores se encuentra bajo mayor riesgo.

Esto debido a que entre la diferencia de niveles topográficos, en medio de los dos planos unidos por un talud, existe una tendencia natural de las masas a equilibrar sus potenciales energéticos.

Esta inestabilidad física encontrará su estado de equilibrio final teórico, cuando las masas igualen sus energías, eliminando la diferencia de potencial inicial. Este equilibrio tiende a alcanzar, como estado límite, la formación de un plano horizontal. Las fuerzas que causan la inestabilidad son la gravedad (peso de la masa), y las presiones neutras, como por ejemplo las generadas por un flujo.

Figura 3. **Excavación profunda**



Fuente: [www.google.com/images/4hdi33k.jpg](http://www.google.com/images/4hdi33k.jpg). Consulta: 4 septiembre de 2013.

### **1.2.3. Tipos de estabilización de taludes**

La actividad de estabilización de taludes tiene muchas aplicaciones en el campo de la construcción específicamente en carreteras y puentes en donde la topografía exige cambios bruscos de altura. Existen maneras de lograr dicha estabilidad, siendo las más importantes las que presentan a continuación.

- Cambio de la geometría

Dicho cambio de un determinado talud puede realizarse mediante soluciones tales como la disminución de la pendiente a un ángulo menor, la reducción de la altura (especialmente en suelos con comportamiento cohesivo) y la colocación de material en la base o pie del talud (construcción de una berma); en esta última solución es común utilizar material de las partes superiores del talud.

La consecuencia directa de realizar un cambio favorable en la geometría de un talud es disminuir los esfuerzos que causan la inestabilidad y, en el caso de la implantación de una berma, el aumento de la fuerza resistente. Es importante destacar que la construcción de una berma al pie de un talud debe tomar en cuenta la posibilidad de causar inestabilidad en los taludes que se encuentren debajo, además, se deben tomar las previsiones para drenar el agua que pueda almacenarse dentro de esta, ya que es probable que se produzca un aumento de la presión de los poros en los sectores inferiores de la superficie de falla, lo que acrecienta la inestabilidad.

Figura 4. **Modificación de geometría de talud**



Fuente: [www.google.com/images/4hdi33k.jpg](http://www.google.com/images/4hdi33k.jpg).

Consulta: 4 septiembre de 2013.

- **Drenaje**

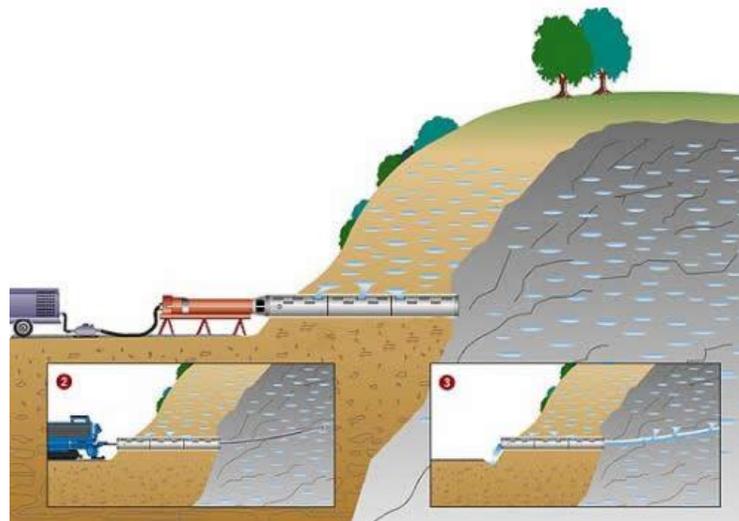
La presencia de agua es el principal factor de inestabilidad en la mayoría de pendientes de suelo o de roca con mediano a alto grado de meteorización.

Se han establecido diversos tipos de drenaje con diferentes objetivos. A continuación se exponen los tipos de drenaje más usados para estabilizar taludes.

- **Drenajes subhorizontales:** son métodos efectivos para mejorar la estabilidad de taludes inestables o fallados. Consiste en tubos de 5 centímetros o más de diámetro, perforados y cubiertos por un filtro que impide su taponamiento por arrastre de finos. Se instalan con una pequeña pendiente hacia el pie del talud, penetran la zona freática y permiten el flujo por gravedad del agua

almacenada por encima de la superficie de falla. El espaciamiento de estos drenajes depende del material que se esté tratando de drenar y puede variar desde 3 a 8 metros en el caso de arcillas y limos, hasta más de 15 metros en los casos de arenas más permeables.

Figura 5. **Drenaje horizontal**



Fuente: elaboración propia.

- Drenajes verticales: se utilizan cuando existe un estrato impermeable que contiene agua infiltrada por encima de un material más permeable con drenaje libre y con una presión hidrostática menor. Los drenajes se instalan de manera que atraviesen completamente el estrato impermeable y conduzcan el agua mediante gravedad, por dentro de ellos, hasta el estrato más permeable, lo que aliviará el exceso de presión de los poros a través de su estructura.

Figura 6. **Perforación drenaje horizontal**



Fuente: RONDON, Carlos. Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. p.27.

- Drenajes transversales o interceptores: se colocan en la superficie del talud para proporcionar una salida al agua que pueda infiltrarse en la estructura del talud o que pueda producir erosión en sus diferentes niveles. Las zonas en las que es común ubicar estos drenajes son la cresta del talud para evitar el paso hacia su estructura (grietas de tensión), el pie del talud para recolectar aguas provenientes de otros drenajes y a diferentes alturas del mismo.

Figura 7. **Drenaje transversal**



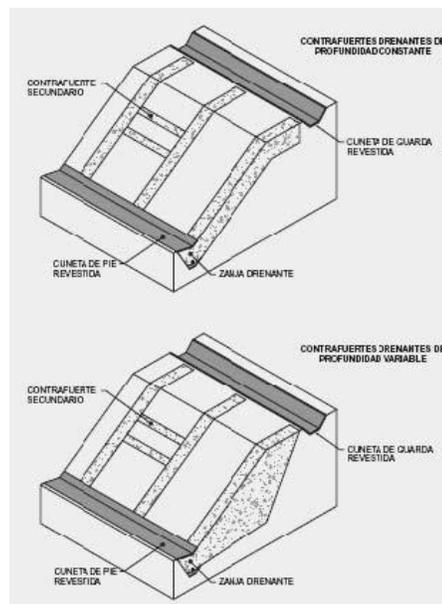
Fuente: BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.389.

- Drenajes de contrafuerte: consiste en la apertura de zanjas verticales de 30 a 60 centímetros de ancho en la dirección de la pendiente del talud para rellenarlas con material granular altamente permeable y con un alto ángulo de fricción ( $> 35^\circ$ ). La profundidad alcanzada deberá ser mayor que la profundidad a la que se encuentra la superficie de falla para lograr el aumento de la resistencia del suelo no solo debido al aumento de los esfuerzos efectivos gracias al drenaje del agua que los reducía, sino también al aumento del material de alta resistencia incluido dentro de las zanjas.

Esta solución puede ser útil y de bajo costo en el caso de taludes hechos con materiales de baja resistencia, tales como arcillas y limos blandos o con presencia de materia orgánica en

descomposición que tengan entre tres y ocho metros de altura y superficies de falla que no pasen de los cuatro metros.

Figura 8. **Drenaje de contrafuerte**



Fuente: BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.132.

- Soluciones estructurales

Este tipo de soluciones generalmente se usa cuando hay limitaciones de espacio o cuando resulta imposible contener un deslizamiento con los métodos discutidos anteriormente. El objetivo principal de las estructuras de retención es incrementar las fuerzas resistentes de forma activa (peso propio de la estructura, inclusión de tirantes, entre otros) y de forma pasiva al oponer resistencia ante el movimiento de la masa de suelo. Entre las soluciones estructurales más usadas se encuentran las siguientes:

- Muros de gravedad y en *cantiléver*: la estabilidad de un muro de gravedad se debe a su peso propio y a la resistencia pasiva que se genera en la parte frontal del mismo. Las soluciones de este tipo son antieconómicas porque el material de construcción se usa solamente por su peso muerto, en cambio los muros en *cantiléver*, hechos de concreto armado son más económicos porque son del mismo material del relleno, el que aporta la mayor parte del peso muerto requerido.

Se debe tener en cuenta que al poner una estructura con un material de muy baja permeabilidad, como el concreto, al frente de un talud de suelo que almacene agua en su estructura, es probable que aumente la presión hidrostática en la parte posterior del muro. Para evitarlo se debe colocar drenajes subhorizontales a diferentes alturas del muro con el objetivo de disipar el exceso de presión. Un tipo de muro de gravedad que ayuda en este aspecto es el de gaviones, que al no tener ningún agente cohesionante más que la malla que une los gaviones, permite el paso de agua a través de los mismos. Estos muros además de ser comparativamente económicos, tienen la ventaja de tolerar grandes deformaciones sin perder resistencia.

- Pantallas: consisten de una malla metálica sobre la cual se proyecta concreto (*shotcrete*) recubriendo toda la cara del talud. Es común lanzar esta corteza de concreto armado mediante anclajes que atraviesan completamente la superficie de falla para posteriormente ser tensados y ejercer un empuje activo en dirección opuesta al movimiento de la masa de suelo. Así también existen las pantallas formadas con pilotes las cuales consisten en

un sistema sucesivo de numerosos pilotes alineados de forma que aporten la resistencia y la estabilidad adecuada al terreno, este método también es conocido como muro de pilotes.

#### **1.2.4. Estabilización con *soil nailing***

El suelo enclavado es una técnica para reforzar el suelo *in-situ*. El sistema consiste en una cubierta o revestimiento de concreto lanzado, construido regularmente de arriba hacia abajo y un arreglo de inclusiones (miembros reforzados), perforado o insertado en una masa de suelo. El suelo enclavado se compone de tres elementos, el suelo *in-situ*, el refuerzo y la cubierta o revestimiento (aunque esta no siempre se utiliza).

La disposición de las inclusiones puede efectuarse para actuar durante un tiempo de servicio más o menos prolongado, por lo que se distinguen las siguientes clases:

- Inclusiones provisionales: tienen el carácter de medio auxiliar y proporcionan las condiciones de estabilidad a la estructura durante el tiempo necesario para disponer otros elementos resistentes que los sustituyan.
- Inclusiones permanentes: se dimensionan, evidentemente, con mayores coeficientes de seguridad.

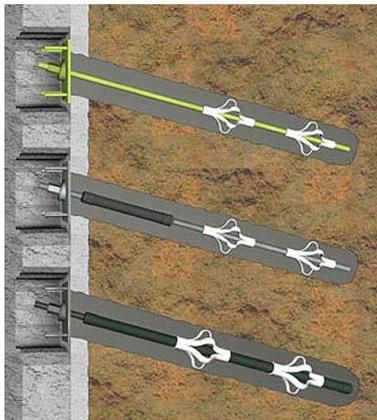
En la actualidad, su popularidad para la protección de taludes en la excavación de sótanos para edificios, es debido a que ofrece ventajas tales como:

- Facilidad de adaptación a la geometría del proyecto.
- Casi total ausencia de vibraciones, lo cual es muy importante si existen edificaciones aledañas.
- Notoria reducción de descompresión o modificaciones en el terreno, evitando de esta manera daños a las estructuras existentes.
- Posibilidad de incorporar los paneles a la estructura permanente.
- Posibilidad de ser usados como contención de excavaciones profundas.

A pesar de las ventajas que presenta el sistema de muro enclavado, este ofrece también gran cantidad de aplicaciones con éxito en sectores de la ingeniería como por ejemplo:

- Protección de taludes en carreteras.
- Ejecución de subsuelos para edificios, garajes subterráneos, funcionando, ya sea como elemento estructural o como diafragma impermeabilizante, para detener filtraciones de agua, entre otros.

Figura 9. **Perfil de soil nailing**



Fuente: J.TUOZZOLO, Thomas. *Soil nailing: when, where en why a practical guide*. p. 13.

### 1.2.5. Tipos de *soil nailing*

La técnica de suelo enclavado o *soil nailing* cuenta con dos metodologías constructivas que son, en forma general, muy parecidas pero con la diferencia de que una de ellas emplea un mecanismo neumático de presión que aumenta la tensión en la varilla de hierro. Se describen a continuación ambos métodos:

- Anclajes pasivos (*nail*): anclaje constituido por una o más barras, no posee longitud libre y generalmente no se pretensa. El término pasivo se debe a que al terminar la colocación del mismo, este no ejerce ningún tipo de esfuerzo sino es hasta que la masa de material que contiene se mueve, que el anclaje empieza a trabajar.

Figura 10. Terminación de anclaje pasivo



Fuente: sótano de edificio 24 zona 10. Guatemala.

- Anclaje activo: barra o cable, con longitud libre y de bulbo. Este elemento sí es de clasificación pretensado. Al contrario del anterior, el anclaje activo empieza a trabajar a tensión desde el momento en que, con gatos hidráulicos o algún dispositivo de presión, se somete el anclaje a esfuerzos de tensión mientras que el suelo sufre esfuerzos de compresión.

Figura 11. **Terminación de anclaje activo**



Fuente: <http://www.phigroup.co.uk/solutions/soil-nailing-design-and-construction-service>.

Consulta: 26 de abril de 2013.

Tipos de parámetros superficiales: la función del revestimiento o cubierta es asegurar el material contenido entre los refuerzos, así como evitar la descompresión del suelo al concluir la excavación. Otra de sus funciones es brindar protección contra la corrosión y el intemperismo. Existen dos clases principales de cubiertas las cuales se describen a continuación:

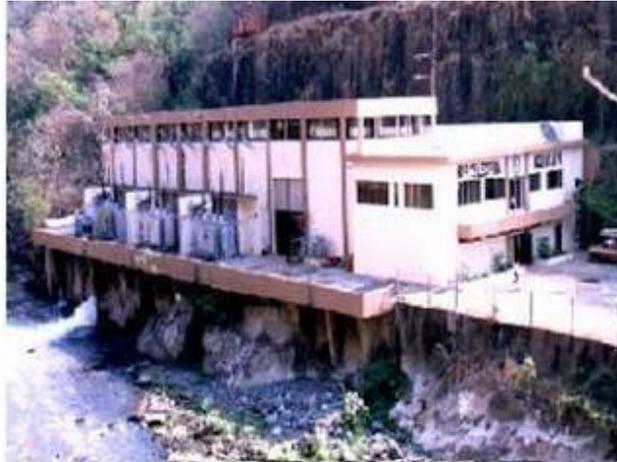
- Flexibles: es una cubierta flexible que protege contra deslizamientos y roturas de suelo o roca entre los *nails*.
- Rígidos (método convencional): hormigón vaciado *in situ* o proyectado, puede estar o no estructuralmente conectado al anclaje.

### **1.3. Soil nailing en Guatemala**

Los primeros trabajos constructivos que involucraron la técnica del *soil nailing* en Guatemala datan del año 1970. Se llevaron a cabo cuando el geólogo guatemalteco Tomás Hirschmann H. fue nombrado gerente general de una de las empresas más prestigiosas, a nivel mundial, dedicada a la estabilización de taludes por medio de esta técnica. En ese mismo año se trasladó la sede principal de dicha empresa de San Salvador a la ciudad de Guatemala incrementando así la cantidad de trabajos con este sistema de construcción.

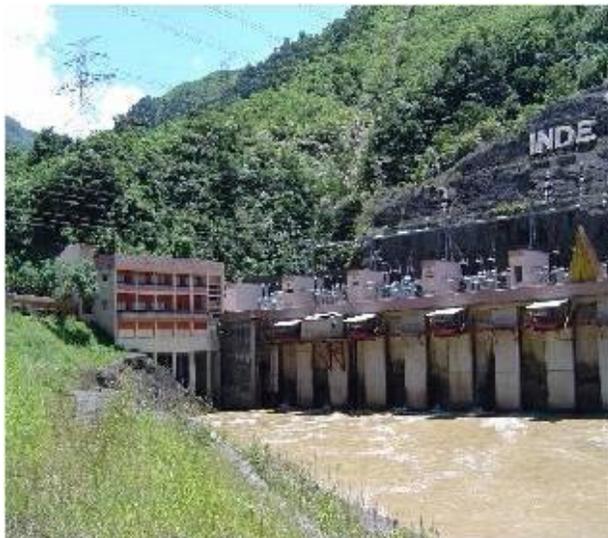
Dentro de estos trabajos se encuentran algunos de los principales proyectos hidroeléctricos de Guatemala, tales como las hidroeléctricas de Aguacapa y Pueblo Viejo – Quixay o Chixoy.

Figura 12. **Planta hidroeléctrica de Aguacapa**



Fuente: <http://yaneth-gonz.blogspot.com/2012/05/introduccion-las-hidroelectricas-son-de.html>.  
Consulta: 22 de febrero de 2013.

Figura 13. **Planta hidroeléctrica Chixoy**



Fuente: <http://yaneth-gonz.blogspot.com/2012/05/introduccion-las-hidroelectricas-son-de.html>.  
Consulta: 22 de febrero de 2013.

Actualmente el *soil nailing* está teniendo mucho auge en Guatemala ya que se vuelve una técnica cada día más popular por sus ventajas. Dentro de las muchas obras que utilizaron este proceso de construcción se tienen los siguientes ejemplos:

- Sótano construido para el parqueo del edificio torre III del banco Industrial ubicado en vía 55-34 Zona 4 Guatemala, Guatemala.

Figura 14. **Torre III banco Industrial**



Fuente: [http://www.pilotecmar.com/servicios/estabilizacion/soilnailing/tn\\_imagen1.jpg](http://www.pilotecmar.com/servicios/estabilizacion/soilnailing/tn_imagen1.jpg).  
Consulta: 15 enero de 2013.

- Muros del sótano del parqueo del edificio Akoya ubicado en 12 calle y 3a. avenida de la zona 14 Guatemala, Guatemala. Construido en 2011.

Figura 15. **Edificio Acoya**



Fuente: <http://www.pilotecmar.com/proyectos.php?cat=2&pid=28>. Consulta: 4 de julio de 2013.

- Estabilización de talud colindante en el parque recreativo IRTRA Petapa, ubicado en avenida Petapa 42-36 zona 12 Guatemala, Guatemala.

Figura 16. **Talud IRTRA Petapa**



Fuente: <http://www.pilotecmar.com/proyectos.php?cat=2&pid=8>. Consulta: 4 de julio de 2013.

- Sótano de parqueos del complejo médico Los Altos ubicado en 8ª. Calle 0-70 zona 7, Quetzaltenango. Este edificio fue construido en 2009.

Figura 17. **Complejo médico Los Altos**



Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=711910&page=7>.  
Consulta: 5 de julio de 2013.

- Estabilización de taludes laterales del paso a desnivel frente al centro comercial Portales ubicado en carretera al Atlántico 13-20 z. 17 Guatemala, Guatemala. Este paso a desnivel fue realizado en 2011.

Figura 18. **Centro comercial Portales**



Fuente: <http://rodio-swissboring.com/proyectos-realizados/>. Consulta: 6 de julio de 2013.



## 2. PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo del *soil nailing* está conformado, a su vez, por procedimientos complejos que deben ser realizados con precisión y exactitud. Así mismo las características de los materiales con los que se realiza dicho proceso deben cumplir con normas y estándares de calidad determinados previamente en el diseño de la estructura.

### 2.1. Materiales

A continuación se enlistan, describen y detallan los diferentes tipos de materiales que son empleados en el proceso de estabilización de taludes, así como la manera en que se van implementando al sistema.

#### 2.1.1. Barras y platinas de acero

La cabeza del *soil nailing* está conformada por tres componentes principales, la platina, tuerca y roldana. La platina es fabricada de acero grado 36 (ASTM A 36) y es generalmente cuadrada de 200 a 250 milímetros de largo por 19 milímetros de grosor. La función de la platina es distribuir la fuerza al final del *nail* durante el procedimiento del concreto lanzado y contrarrestar las fuerzas del talud.

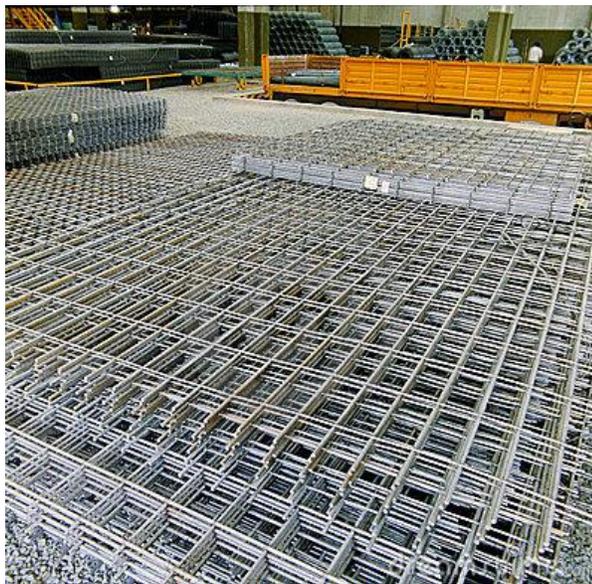
La tuerca contiene un agujero central en donde se coloca la barra de acero. La roldana es luego insertada en la barra de acero la cual es asegurada por medio de una tuerca hexagonal. La roldana y tuerca son fabricadas con acero consistente con la de la barra de acero por lo tanto, generalmente es



### 2.1.2. Electromalla

Malla de alambre soldado que puede utilizarse para aplicaciones temporales y/o permanentes. Es utilizada en estratos de roca intemperizada o en suelos granulares fuertemente cementados, donde la erosión de la superficie no se considera significativa. En casos de aplicaciones permanentes deberá ser generalmente malla galvanizada.

Figura 21. Electromalla



Fuente: RONDON, Carlos. Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. p. 29.

### 2.1.3. Lechada de alta resistencia

La lechada utilizada en la inyección para *soil nailing* es comúnmente una mezcla de cemento con agua, la cual llena el espacio anular entre la barra del

*nail* y el suelo que lo rodea. Los tipos de cementos que se puede utilizar son el tipo I, II, III o V de acuerdo a la Norma ASTM C 150.

La relación entre agua/cemento para la inyección en el *soil nailing* varía entre 0,4 y 0,5 en algunos casos se puede utilizar una mezcla más densa con un *slump* de 30 milímetros debido a que el *nail* se encuentra en un suelo altamente permeable o roca altamente fracturada. Ocasionalmente una mezcla muy densa puede ocasionar dificultades con la instalación de los centralizadores y en estos casos la mezcla por si sola puede proveer suficiente soporte para centralizar la barra de acero.

Las características de la mezcla para la inyección suele ser de alta influencia para un buen *soil nailing*. Se debe utilizar una mezcla que logre alcanzar como mínimo a los 28 días una resistencia a la compresión de 3 000 libras sobre pulgada cuadrada. La mezcla es bombeada poco después de ser colocada la barra de acero para reducir el riesgo de derrumbes internos en el agujero.

#### **2.1.4. Concreto**

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción y no más que la mezcla de agregados, finos y gruesos, con agua y un material aglomerante o cemento. Este se caracteriza por proporcionar alta resistencia a la compresión y en el caso del *soil nailig*, su forma de empleo es a través del *shotcrete* o concreto lanzado.

El lanzado de concreto es ampliamente utilizado tanto para estructuras temporales como permanentes. El lanzado provee una capa superficial continua y flexible que puede rellenar vacíos y grietas de la superficie

excavada. Para aplicaciones permanentes, siempre se refuerza con malla de alambre soldado con el espesor necesario con capas sucesivas de lanzado, cada una de 2 a 4 pulgadas (5 a 10 centímetros) de espesor.

Aplicaciones temporales han sido construidas utilizando malla de alambre soldado o fibras de refuerzo y concreto lanzado. El colocar la malla de alambre soldado o las fibras de refuerzo tiene el fin de dar mayor flexibilidad a la estructura y reducir la propagación de rajaduras. La durabilidad del lanzado depende en gran medida de mantener la relación agua cemento alrededor de 0,4 y utilizar una entrada de aire adecuada.

## **2.2. Pasos**

En general los pasos a seguir para la construcción de un muro de suelo enclavado son relativamente sencillos, sin embargo requieren de personal calificado para llevarlo a cabo.

### **2.2.1. Perforaciones**

Se refuerza el suelo mediante la instalación de barras de acero, las cuales deben ser colocadas dentro de perforaciones que poseen determinado grado de inclinación, generalmente de 15-20 grados, estas son realizadas con maquinaria que posee brocas especiales de grandes diámetros, estas brocas también son utilizadas para realizar estudios de análisis de suelos.

Figura 22. **Perforación de talud**



Fuente: proyecto Vista Muxbal Plaza, Guatemala.

### **2.2.2. Colocación de electromalla**

La colocación de la electromalla se realiza por medio de la fijación de pines al suelo, los cuales van clavados al mismo y normalmente son pequeñas barras de hierro No.3 de aproximadamente 40 centímetros de longitud. A dichos pines se les coloca una protección plástica y la electromalla va unida a estos por medio de alambre de amarre.

Figura 23. **Colocación de electromalla**



Fuente: proyecto edificio 24 zona 10, Guatemala.

### 2.2.3. **Colocación de pernos**

Las barras de acero de refuerzo son instaladas en ubicaciones predeterminadas con una longitud e inclinación específicas, las cuales están indicadas en los planos de diseño correspondientes al proyecto en desarrollo.

Figura 24. **Colocación de pernos**



Fuente: tesis: protección de taludes utilizando el método de *soil nailing*, José Julio Pantoja Prera, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 65.

#### 2.2.4. Inyección de pernos

Se les inyecta concreto conocido como *shotcrete*, generalmente de 3 000 libra sobre pulgada cuadrada, el cual también es utilizado para cubrir el talud, el proceso constructivo se realiza desde la parte más alta y acaba en la más baja. La transferencia de los esfuerzos de las inclusiones al terreno se realizará directamente a través de la lechada incorporada por medio de la inyección, indirectamente a través de tuberías metálicas, o de otros materiales. El comportamiento de las inclusiones cuando la fuerza exterior actúa sobre la placa de apoyo, depende de las características de rigidez, longitud, inclinación del refuerzo y del terreno.

Figura 25. Inyección con lechada de alta resistencia



Fuente: J.TUOZZOLO, Thomas. *Soil nailing: when, where en why a practical guide*. p.7.

### **2.2.5. Lanzado de concreto**

Posteriormente una segunda capa de concreto lanzado es aplicada sobre toda la superficie, dicha capa posee generalmente una resistencia de 3 000 libras sobre pulgada cuadrada. El drenaje vertical debe colocarse antes de realizar el lanzado.

Figura 26. **Lanzado de concreto**



Fuente: Tesis: Protección de taludes utilizando el método de *soil nailing*, José Julio Pantoja Prera, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 65.

### **2.2.6. Colocación de platinas**

Las inclusiones son preesforzadas a un pequeño porcentaje de sus cargas de trabajo, contra unas platinas aseguradas en la capa inicial de concreto lanzado. La carga de preesfuerzo usualmente no excede el 20 por ciento de la carga de trabajo.

Figura 27. Colocación de anclaje activo



Fuente: Tesis: Metodología para le ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios. Luis Roberto Mozcoso Barrios, universidad de San Carlos de Guatemala. p. 27.

### **3. SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Término utilizado para referirse a aquellas acciones, normas, procedimientos, uso de equipo e información que buscan principalmente prevenir accidentes o situaciones inseguras para las personas durante la realización de alguna actividad de índole industrial, ya sea directamente las personas que llevan a cabo dicha actividad o terceros.

#### **3.1. Historia y análisis de Norma OSHA**

En 1970, en Estados Unidos de América el índice de muertes y heridas sufridas por los trabajadores en la industria era alarmante, por lo que el 29 de diciembre de ese mismo año el presidente Richard M. Nixon firmó la ley de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional la cual entró oficialmente en vigor el 28 de abril de 1971. Dicha administración tiene como función principal crear y regular las normas de seguridad industrial las cuales son conocidas como Normas OSHA.

En general, las normas OSHA exigen que los empleadores mantengan condiciones y prácticas necesarias para proteger a los trabajadores en el lugar de labor y, de esta forma, lograr que se familiaricen y cumplan con las normas que aplican en sus establecimientos, asegurándose que sus trabajadores posean y usen correctamente el equipo de protección personal cuando lo requiere la actividad realizada.

OSHA también cumple con la función de emitir normas para una amplia variedad de peligros dentro de los cuales se encuentran: sustancias tóxicas,

agentes físicos dañinos, peligros eléctricos, riesgos de caídas, riesgos de excavaciones, desechos peligrosos, enfermedades infecciosas, peligros de incendios y explosiones, atmósferas peligrosas, máquinas peligrosas y espacios restringidos.

Así mismo OSHA también cuenta con programas mejorados de vigilancia ya que esta juega un papel muy importante en la reducción de lesiones, enfermedades y fallecimientos laborales. Dichos programas enfocan sitios específicos de supervisión y se caracterizan por ser muy objetivos en el cumplimiento de su misión, por lo que su nivel de exigencia es muy estricto al momento de encontrarse con empleadores que fallan en sus responsabilidades de seguridad y salud.

Otra de las funciones de OSHA es administrar y dar lineamientos de guía y ayuda en el cumplimiento de salud y seguridad de diversos sectores industriales incluyendo la industria general, marítima, construcción, y salud. Así mismo OSHA también administra y evalúa programas de salud y seguridad ocupacional para las agencias federales.

Además, OSHA crea reglas de asesoría federal de salud y seguridad ocupacionales, administra un programa antidiscriminación para proteger los derechos de trabajadores que desean laborar de forma sana y segura, y opera el programa de acreditación de instrumentos de carga, que certifica vehículos y dispositivos que manejan materiales basados en tierra para garantizar su adecuado funcionamiento.

OSHA lleva a cabo actividades de vigilancia por medio de 10 oficinas regionales y 90 oficinas locales y dentro de estas se prohíbe que un individuo despida, tome represalias o discrimine contra un empleado si este ha ejercido

sus derechos bajo la ley; esto con el fin de asegurar que los empleados se sientan en libertad de participar en las actividades de seguridad y salud de dicha ley. Dentro de estos derechos están incluidas quejas, solicitudes de una inspección, participación en una inspección y participación o testimonio en cualquier procedimiento relacionado a una inspección.

Otra de las características importantes de OSHA es la calidad y cantidad de educación y adiestramiento que realiza para la prevención de riesgos en el trabajo, no solamente en Estados Unidos sino también en el resto del mundo.

Dentro del personal que actualmente le brinda servicios están 2 400 inspectores y 550 asesores estatales, además de investigadores de quejas de discriminación, ingenieros, médicos, profesores, escritores normativos, personal técnico y de apoyo.

Otra de las cualidades de OSHA es que cuenta con un sitio web cuya función es brindar una amplia información sobre la agencia y sus normas, interpretaciones, directrices, asesores técnicos, asistencia de cumplimiento y datos adicionales.

El sitio también presenta herramientas informáticas tales como programas interactivos, asesores expertos y herramientas electrónicas para asistencia de cumplimiento e información sobre temas específicos de seguridad y salud. Así mismo dicho sitio cuenta con varias funciones y páginas informativas sobre seguridad y salud en el lugar de trabajo, redactadas en español, una página especial para pequeñas empresas diseñada para proporcionar informes a los propietarios acerca de sus responsabilidades conforme a sus leyes, e informes sobre sus programas cooperativos.

El Instituto de Formación de OSHA también ha creado centros educativos para cubrir la demanda de sus cursos del sector privado y de otras agencias federales.

Los centros son institutos formativos sin fines de lucro como universidades y otras organizaciones que son seleccionadas mediante una competencia para participar en el programa. Estos centros de educación que colaboran con la organización forman parte de un proyecto llamado Programa de Formación de Alcance de OSHA en donde se capacitan personas, que al terminar un curso de formación de una semana provisto por OSHA son capaces de dar cursos de 10 o 30 horas sobre las normas de seguridad y salud. Posteriormente estas personas prosiguen adiestrando a más estudiantes.

OSHA cuenta con un vasto programa de publicaciones y la agencia imprime y publica folletos, fichas de datos y tarjetas que contienen aspectos de las pólizas y reglamentos de OSHA.

Otra de sus programas es el Servicio de Asesoría de OSHA, el cual es gratuito y permite a los empleadores ubicar los posibles peligros en sus lugares de trabajo así como formas de corregir, mejorar sus sistemas de gestión de seguridad y salud e inclusive cómo calificar para una exención de una inspección rutinaria por parte de OSHA. Este servicio se brinda por medio de personal altamente capacitado y la mayoría de las consultas se llevan a cabo en el sitio.

Este servicio de asesoría también brinda ayuda al momento de elaborar e implementar programas de seguridad y salud eficaces en el lugar de trabajo que se enfocan en la prevención de lesiones y enfermedades de los trabajadores. Dicha asesoría incluye una evaluación de sistemas mecánicos, prácticas de

labor física y peligros del medio ambiente en el lugar de trabajo y aspectos del programa actual de seguridad y salud laborales del empleador los cuales podrían también recibir servicios de adiestramiento y educación.

### **3.2. Guía de aplicaciones de especificaciones de seguridad industrial al método de *soil nailing***

Las especificaciones de seguridad industrial analizadas en base a las normas OSHA pueden ser aplicadas en distintas áreas, dependiendo de la finalidad que se desee cubrir. Entre las aplicaciones generales y que abarcan mayor campo de trabajo dentro del método constructivo de *soil nailing* se tienen dos principales, las aplicaciones administrativas y las aplicaciones en obra, las cuales se detallan a continuación.

#### **3.2.1. Aplicaciones administrativas**

Estas tratan específicamente de todas las actividades docentes, entrenamientos, evaluaciones, amonestaciones e incentivos que se puedan manejar con el principal objetivo de evitar a toda costa lesiones o accidentes. Estas son responsabilidad, tanto del patrono cuya obligación es proporcionar la capacitación necesaria y el equipo requerido; como del empleado, en cuyo caso es responsable de aplicar adecuadamente la información y material brindado por el empleador. Estas aplicaciones también abarcan cualquier tipo de plan estratégico con el cual cuente la empresa para abordar los temas básicos y específicos de seguridad industrial que sean competentes a las actividades laborales que dicha entidad realice a través de sus trabajadores con la finalidad de no exponerlos a situaciones de riesgo.

### **3.2.1.1. Capacitación del personal**

Esta deberá ser realizada por personas altamente calificadas y que tengan experiencia en la rama que desempeñan. Deberá realizarse en base a las normas establecidas dependiendo del tipo de labor que se desarrolle, durante períodos apropiados y consecutivos de manera que exista retroalimentación constante para el personal. Las capacitaciones deben llevar tanto una parte teórica de la información brindada, así como también deben llevar una parte práctica que permita cerciorar que la persona sí se encuentre en todas sus facultades para utilizar el equipo adecuadamente y seguir en forma correcta los procedimientos enseñados.

#### **3.2.1.1.1. Prevención de riesgos individuales**

Los riesgos individuales se refieren a aquellas situaciones que aumentan la probabilidad de que ocurra un accidente, lesión o inclusive una muerte, siendo estas últimas responsabilidades de una sola persona quien, al mismo tiempo, es la única afectada. Para este tipo de prevención es indispensable abarcar el tema del equipo de protección personal ya que el individuo es el único responsable de portarlo en el momento que sea necesario y debe utilizarlo de manera correcta.

El equipo de protección personal es toda vestimenta o accesorio diseñado para crear una barrera que mantenga los peligros físicos, químicos y biológicos que puedan estar presentes en el ambiente de trabajo fuera del contacto con la persona expuesta. El equipo de protección personal está regido por la norma 29 CFR 1926 subparte E. Aplicado al *soil nailing* se divide en los siguientes elementos:

- Protección para la cabeza: esta se logra con el uso correcto de los cascos, los cuales están compuestos de una caparazón rígida que resiste y desvía golpes en la cabeza, una suspensión dentro del casco que actúa como un absorbente de golpes, algunos cascos sirven como barrera contra corriente eléctrica, protegen la cara, cuello, cuero cabelludo y hombros contra objetos que caen. En algunos casos, se pueden modificar para añadirles escudo de cara, anteojos, protección auditiva, entre otros. Todos los cascos tienen una vida útil de cinco años, por lo que deben ser reemplazados después de dicho tiempo, así mismo la banda de suspensión se debe reemplazar de forma anual. Se requiere reemplazar cascos que presenten deformaciones, perforaciones y/o agrietamientos de la cubierta. Existen dos tipos de cascos:
  - Tipo I: provee protección para objetos que caen directamente en el tope del casco, pero no para objetos que lo golpeen de lado, de frente o por detrás de la cabeza.
  - Tipo II: provee la misma protección que el Tipo I además provee protección contra golpes a los lados, frente y parte de atrás de la cabeza. Más adecuado para trabajadores que no siempre están en posición de pie.

Ambos cascos Tipo I y II están disponibles en las tres clases:

- Clase G (A): servicio general, protección voltaje bajo.
- Clase E (B): aplicación eléctrica. Servicio utilidades, protección voltaje alto.
- Clase (C): conductivo. Servicio general, metálico, no protección para voltaje.

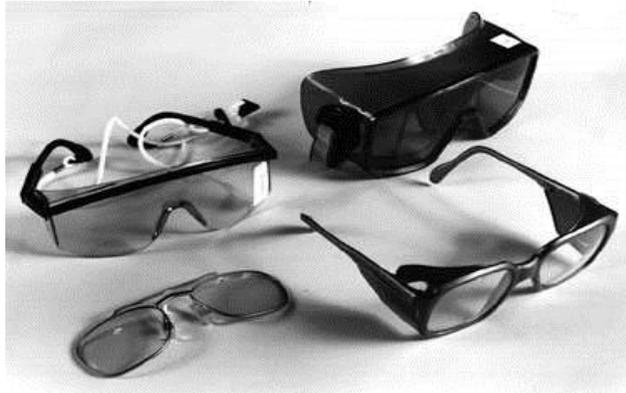
Figura 28. **Protección de la cabeza**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 234.

- Protección para los ojos y cara: esta es necesaria para dar protección contra polvo, partículas, salpicaduras de químicos, objetos proyectiles, metales derretidos, altos niveles de radiación, así también se usan para bloquear salpicaduras de químicos, vapores, polvo fino entre otros. También existen anteojos especiales que protegen los ojos de concentración de luz intensa producida durante la soldadura. Para la protección directa de la cara se usa el escudo de cara, el cual se utiliza junto con las gafas de seguridad.

Figura 29. **Protección para los ojos**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 223.

- Protección auditiva: consiste en bloquear el paso de las ondas sonoras que son de intensidad elevada y que podrían causar daños permanentes al tímpano del oído, según las normas OSHA se debe utilizar protección auditiva en los siguientes casos:

Superior a 85 decibeles: recomienda usar protección auditiva.

Superior a 90 decibeles: requiere utilizar protección auditiva .

Existen tres tipos de protección auditiva:

- Protectores auditivos de esponja moldeable: tapones que se ajustan al canal auditivo permitiendo la reducción del ruido a los niveles permitidos.

Figura 30. **Protectores auditivos de esponja**



Fuente: tesis: higiene y seguridad industrial en medianas empresas. Miriam Julieta Saucedo Mendoza, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 50.

- Orejeras: se ajustan a la oreja y crean un sello con la piel protegiendo al usuario de ruidos que exceden los niveles permitidos.

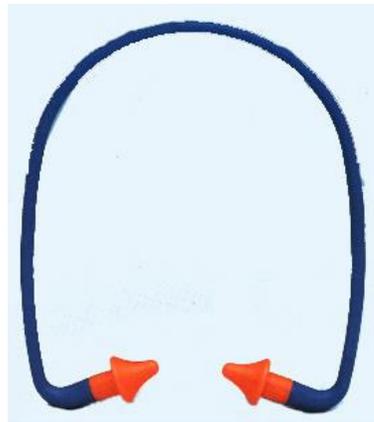
Figura 31. **Orejeras**



Fuente: tesis: higiene y seguridad industrial en medianas empresas. Miriam Julieta Saucedo Mendoza, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 50.

- Tapones de PVC: traen forma definida y son más rígidos que los tapones de canal auditivo de esponja.

Figura 32. **Tapones de PVC**



Fuente: tesis: higiene y seguridad industrial en medianas empresas. Miriam Julieta Saucedo Mendoza, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 51.

- Protección de la manos: esta es una de las más importantes dado el alto índice de incidencia de este tipo de accidentes que pueden conllevar a la pérdida, ya sea de algún dedo o del miembro completo, por lo que debe tomarse especial atención a este tema. La protección de manos se consigue mediante el uso de guantes protectores, de los cuales hay varias clases y la elección del adecuado dependerá del tipo de actividad a realizar y de que las manos sean expuestas a abrasivos, químicos, temperaturas extremas o a trabajo eléctrico.

Dentro de los distintos tipos de guantes que existen se tienen de material de metal que previene cortaduras, desechables, guantes de cuero, vinil, de goma y neopreno que protegen contra algunas sustancias químicas.

Figura 33. **Guantes de vinil**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 229.

Figura 34. **Guantes de goma**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 229.

- Protección para cuerpo: provee la ropa protectora para aquellas partes del cuerpo expuestas a posibles lesiones también es usada para proteger la piel de cualquier situación donde exista el riesgo de quemadura, abrasión, exposición a contaminantes en partículas o exposición a sustancias peligrosas, su efectividad se mide considerando los riesgos de penetración, permeabilidad y degradación. En el procedimiento de *soil nailing* únicamente se utilizan los chalecos reflectivos o de alta visibilidad, cuya finalidad es evitar que algún accidente se ocasione por no ver o distinguir a un trabajador.

Figura 35. **Chaleco reflectivo**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 58.

- Protección de pies: se usará protección para los pies en actividades donde objetos pesados pueden caer en los pies o rodar por encima de los pies, cuando existan riesgos eléctricos, cuando objetos cortantes pueden traspasar la suela o existan materiales extremadamente calientes que pueden traspasar rápidamente el zapato casual, como los tenis, mocasines, entre otros. Las dos clasificaciones para zapato industrial

son los que tienen puntera de acero o puntera sintética para trabajar con electricidad.

Figura 36. **Zapatos industriales**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 221.

#### **3.2.1.1.2. Prevención de riesgos colectivos**

Cada persona es responsable de su propia seguridad, pero al mismo tiempo tiene un compromiso de velar por el bienestar de las demás personas ya que existe una responsabilidad jurídica al momento de que un individuo se halle culpable de ocasionar un accidente o inclusive la muerte de otro ser humano. Para abordar estos aspectos se tiene la prevención de riesgos colectivos que trata de la seguridad de más de un individuo que se encuentre relacionado directamente al trabajo constructivo en desarrollo. En el análisis de la construcción del *soil nailing* deben considerarse los siguientes aspectos para evitar daños colectivos:

- El equipo personal de seguridad industrial utilizado por los empleados debe ser correctamente revisado por un encargado que debe llevar el record y fechas de vencimiento del mismo, así también debe corroborar que la maquinaria y equipo tengan un mantenimiento adecuado y que se encuentre en perfecto estado.
- Es de suma importancia que cuando se efectúen trabajos en altura, se revise que el cálculo de las cargas que soportan los anclajes de la línea de vida, sean las adecuadas para que no haya un desprendimiento en grupo de los empleados que estén sostenidos en ella.

Figura 37. **Arnés de seguridad en alturas**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 96.

- Cuando se realicen actividades en alturas, pero sobre andamios, estos deben estar firmemente sujetos entre sí y de igual manera deben estar debidamente inspeccionados por una persona competente o por un

supervisor asignado, ya que un mal ensamble en los andamios puede ser fatal, ocasionando un derrumbe del mismo.

Figura 38. **Trabajo en alturas**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 252.

- El correcto y certero análisis del estudio de suelos que se haya realizado en el lugar donde se esté realizando la estabilización del talud es muy importante ya que un diagnóstico erróneo puede causar que se provoquen deslaves, socavamientos, desprendimientos de los taludes y por ende se aumenten las posibilidades de que empleados sean soterrados, en cuyo caso, el rescate con vida de los mismo tendría bajas probabilidades.

### **3.2.1.1.3. Prevención de daños a terceros**

Trata de la búsqueda total del bienestar de personas ajenas al proceso constructivo, pero que de una forma indirecta, se ven relacionadas a las actividades de trabajo que se realizan. Dentro de este rubro se puede tomar como ejemplo a los transeúntes que caminan cerca de una obra en construcción, personas que laboran en áreas aledañas a la misma e inclusive individuos que, por una razón u otra, deben ingresar a la obra ya sean proveedores, supervisores o visitantes.

Relacionados a estos aspectos se encuentran varios métodos y elementos que son indispensables para lograr el objetivo de evitar daños a terceros, estos son los que se presentan a continuación:

- Señalización: este método de prevención es considerado uno de los más importantes, económicos y más conocido dentro de la seguridad industrial. Consiste en dar avisos claros y visuales a las personas involucradas en las actividades respecto de los riesgos existentes en la zona de trabajo. Hay una muy amplia gama de estos artículos, pero en general deben cumplir con las siguientes premisas:
  - Deben ser de tamaño adecuado, claros y en el idioma predominante del país o región en donde se estén realizando las actividades, debe ser en un idioma que todos los empleados puedan entender sin ningún problema.
  - Deben contener tanto una parte gráfica o dibujo, y otra parte escrita que exponga claramente el significado de la figura ya que



Tabla I. **Significado de los colores**

COLOR	SIGNIFICADOS	USOS
Rojo	Pare, prohibición	Señales de alto, prohibido, señales de prohibición
Azul	Acción de mando	Uso de EPP, ubicación de sitios o elementos
Amarillo	Precaución, riesgo, peligro	Indicaciones de peligro, guardas de maquinaria, demarcación de áreas de trabajo
Verde	Condición de seguridad	Salidas de emergencia, escaleras, control de marcha de máquinas y equipos

Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 115.

Figura 40. **Delimitación área**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 319.

### **3.2.1.2. Evaluación de personal**

Un aspecto que está tomando mucha relevancia dentro del área de seguridad industrial es el hecho de llevar un control muy estricto referente a la capacidad que tienen los empleados para abordar temas de seguridad industrial y no solamente que sepan la parte teórica sino también que sean capaces de poner en práctica todo el conocimiento que poseen sobre este tema, independientemente de donde lo hayan adquirido. Una cuestión es el conocimiento que el empleado pueda tener previo a empezar a laborar en la empresa y otra es el conocimiento que este haya adquirido en su entrenamiento y capacitaciones ya dentro de la misma.

#### **3.2.1.2.1. Previo a contratación**

El principal objetivo de esta clase de evaluación es hacer un diagnóstico del empleado sin que este resultado afecte la decisión de contratar a la persona o no (a menos que el cargo a desempeñar lo amerite).

#### **3.2.1.2.2. Uso correcto de equipo**

El equipo de protección individual es la última fase de la pirámide de la seguridad, primero se debe buscar eliminar el riesgo, si no se puede eliminar se buscará sustituirlo, de no ser posible hacerlo, se buscará un proceso administrativo o un procedimiento de ingeniería, por último se utilizará el equipo de protección individual. El mismo debe utilizarse de manera correcta para asegurar la garantía del fabricante y en general debe evaluarse el conocimiento de los siguientes aspectos:

- No deben existir objetos entre el casco y la cabeza tales como gorras, toallas, camisas u otros.
- Para soldaduras y trabajos en calientes diversos debe utilizarse protección primaria y secundaria para ojos, la protección primaria consiste en las gafas transparentes certificadas. La protección secundaria consiste en la pantalla transparente que protege después de las gafas primarias y cubre toda la cara, cuello y cabeza hasta la mitad incluyendo las orejas.
- Debe utilizarse arnés de cuerpo completo con al menos tres puntos de anclaje, dos de posicionamiento y uno para la cuerda de vida. Si la cuerda de vida se ancla en las argollas de posicionamiento por ejemplo de la cintura, al caer la persona podría partirse a la mitad debido a que sería una caída horizontal y al tirar de la cuerda cortaría la presión al centro del cuerpo. Si la misma se posiciona al frente, puede generar un paro cardíaco y dañar la columna vertebral o quebradura de cuello porque la caída se genera al revés.

Si la cuerda de vida se coloca en la parte dorsal del arnés, el mismo crea una jaula de protección que inmoviliza al que lo utiliza dándole entre 7 y 8 minutos para que sea rescatado.

### **3.2.1.2.3. Amonestaciones e incentivos**

Se refiere a un plan administrativo que utilizan las empresas contratistas para dar seguimiento a las faltas en las que incurre un colaborador con el objetivo de identificar la recurrencia, ponerla en evidencia y cambiar dicho aspecto para que no se vuelva una tendencia en el área de trabajo. El sistema

consiste en administrar el número de faltas e incluirlas en su archivo individual con la intención de llevar un registro de cuántas faltas la persona puede cometer.

El grado de sanción o recompensa variará en función de su conducta. Por ejemplo se sugiere que la primera falta tenga una sanción de llamada de atención verbal. La segunda una llamada de atención escrita y suspensión de un día de trabajo sin goce de sueldo. La tercera una llamada de atención escrita adjuntada al archivo y suspensión de una semana sin goce de sueldo. La última tendría como consecuencia un despido directo. Cada empresa decide su propia política de amonestaciones e incentivos.

### **3.2.1.3. Planes de contingencia**

Es la planificación de acción y definición en planos generales de rutas de evacuación en caso de un evento siniestro. Las estrategias de mayor utilidad son las que se describen a continuación:

- Planos de rutas de evacuación y puntos de reunión.
- Plan de acción en caso de emergencia.
- Publicación en puntos estratégicos de los números telefónicos de los hospitales, emergencias, bomberos y policía más cercana al proyecto o planta.
- Capacitación de brigadistas y personal para brindar primeros auxilios.

La forma más efectiva de medir los planes de contingencia es realizando simulacros de rescate y de alarmas o silbatos con todo el personal de planta para medir y ver la reacción que tendrían en caso se diera un siniestro real.

#### **3.2.1.3.1. Primeros auxilios**

Este término se refiere a las técnicas y procedimientos de carácter inmediato, limitado, temporal, profesional, de personas capacitadas o con conocimiento técnico que es brindado a quien lo necesite, víctima de un accidente o enfermedad repentina.

Su carácter inmediato radica en su potencialidad de ser la primera asistencia que esta víctima recibirá en una situación de emergencia. Limitado porque de todas las técnicas, procedimientos y concepciones que existen en la medicina solo utiliza una pequeña parte de ídem, por esto el socorrista nunca debe pretender reemplazar al personal médico.

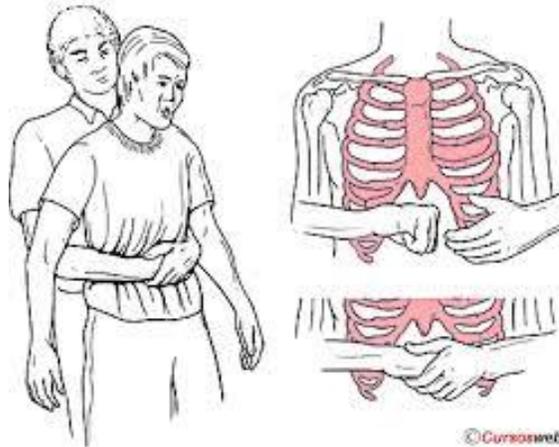
Dentro de las técnicas más comunes y útiles de los primeros auxilios se tienen tres principales: maniobra de Heimlich, evaluación de la conciencia y reanimación cardiopulmonar.

- Maniobra de Heimlich: se utiliza cuando una persona está sufriendo de atragantamiento, y su finalidad es levantar el diafragma y forzar el aire de los pulmones lo suficiente como para que se produzca una tos artificial. Con dicha tos se pretende mover el aire hacia la tráquea, empujando y expulsando la obstrucción fuera de la garganta y la boca.

Esta técnica se efectúa con dos personas una la víctima (con el problema de atragantamiento) y otra el auxiliar (el que ejecuta la maniobra de

Heimlich). La víctima puede estar de pies o sentada, el auxiliar se pondrá de pies y por detrás, abrazando a la víctima a nivel de la cintura. El auxiliar coloca una mano plegada como un puño a nivel del abdomen de la víctima, y con la otra mano se agarra la muñeca de la mano anterior. En esta posición es fácil que al realizar presiones intensas en forma de abrazo, la víctima sea levantada en la maniobra, pero es incluso recomendable. Se deben repetir presiones intensas hasta que el objeto causante del problema sea expulsado por la boca.

Figura 41. **Maniobra de Heimlich**



Fuente: <http://revista.consumer.es/web/es/20031201/salud/67246.php>.

Consulta: 02 agosto de 2013.

- Evaluación de la conciencia: una manera rápida de valorar la conciencia es determinar si responde o no de la siguiente manera:
  - Alerta. Está despierto, habla.
  - Verbal. Responde al llamado, cuando se alza la voz y se llama ¡¿Cómo está?!

- Dolor. Responde al dolor, se le pellizca y reacciona con gestos o gruñidos.
- Inconsciente. No responde.

Otra manera de evaluar si la persona está consciente es mediante la escala de Glasgow, la cual asigna un puntaje a la respuesta motora dependiendo de la reacción y rapidez con la que el paciente actúa.

- Apertura ocular
  - Espontánea: 4 puntos
  - A la voz: 3 puntos
  - Al dolor: 2 puntos
  - Sin apertura ocular: 1 punto
- Respuesta verbal
  - Orientado: 5
  - Confuso: 4
  - Palabras inadecuadas: 3
  - Sonidos incomprensibles: 2
  - Sin respuesta verbal: 1
- Respuesta motora
  - Obedece órdenes: 6
  - Localiza estímulos: 5
  - Retira ante estímulos: 4
  - Respuesta en flexión: 3

- Respuesta en extensión: 2
- Sin respuesta motora: 1
- Valoración de la escala

Con la puntuación obtenida anteriormente se hace la interpretación de dicha escala mediante la utilización de la siguiente valoración:

- Puntos = paciente en estado normal
- 14-13 puntos = traumatismo craneal leve
- 12-8 puntos = traumatismo craneoencefálico moderado
- Puntaje inferior a 7 puntos = traumatismo craneoencefálico grave

Figura 42. **Evaluación de la consciencia**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de entrenamiento de seguridad de OSHA. p. 71

- Reanimación cardiopulmonar: es un procedimiento de emergencia para salvar vidas que se utiliza cuando la persona ha dejado de respirar o el corazón ha cesado de palpar. Esto puede suceder después de una descarga eléctrica, un ataque cardíaco o ahogamiento.

El proceso combina respiración boca a boca y compresiones cardíacas: la respiración boca a boca suministra oxígeno a los pulmones de la persona, mientras que las compresiones cardíacas mantienen la sangre oxigenada circulando hasta que se puedan restablecer la respiración y las palpitaciones cardíacas. Dado que se puede presentar daño permanente al cerebro o la muerte en cuestión de minutos si el flujo sanguíneo se detiene; por lo tanto, es muy importante que se mantenga la circulación y la respiración hasta que llegue la ayuda médica capacitada. Los pasos principales para la aplicación de dicha técnica son:

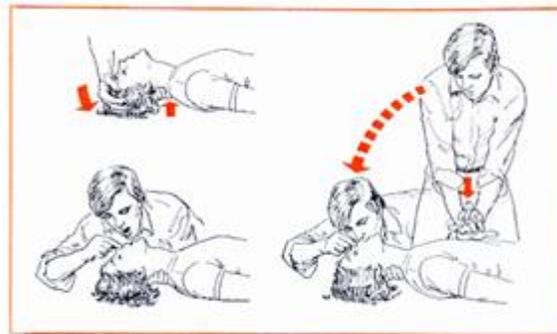
- Verificar si hay respuesta de la persona. Sacudir o dar palmadas suavemente. Observar si se mueve o hace algún ruido. Preguntar en voz alta: ¿Te sientes bien?
- Llamar al número de emergencias o bomberos si no hay respuesta. Pedir ayuda y enviar a alguien a llamar al número local de emergencias. Si se encuentra solo, llamar al número local de emergencias. Colocar a la persona cuidadosamente boca arriba. Si existe la posibilidad de que la persona tenga una lesión en la columna, dos personas deben moverla para evitar torcerle la cabeza y el cuello.
- Realizar compresiones cardíacas o pectorales siguiendo los pasos que se presentan a continuación:
  - Colocar la base de una mano en el esternón, justo entre los pezones
  - Colocar la base de la otra mano sobre la primera mano
  - Ubicar el cuerpo directamente sobre las manos
  - Aplicar 30 compresiones, las cuales deben ser rápidas y fuertes. Presionar alrededor de dos pulgadas dentro del

pecho y cada vez permitir que éste se levante por completo.

Contar las 30 compresiones rápidamente

- Abrir la vía respiratoria. Levantarle la barbilla con dos dedos. Al mismo tiempo, inclinar le la cabeza hacia atrás empujando la frente hacia abajo con la otra mano.
- Observar, escuchar y sentir si hay respiración. Poner el oído cerca de la nariz y boca de la persona. Observar si hay movimiento del pecho y sentir con la mejilla si hay respiración.
- Si la persona no está respirando o tiene dificultad para respirar:
  - Cubrir firmemente con su boca la boca de la persona afectada.
  - Cerrar le la nariz apretando con los dedos.
  - Mantener la barbilla levantada y la cabeza inclinada.
  - Dar 2 insuflaciones boca a boca. Cada insuflación debe tomar alrededor de un segundo y hacer que el pecho se levante.
- Continuar la reanimación cardiopulmonar (30 compresiones cardíacas, seguidas de dos insuflaciones y luego repetir) hasta que la persona se recupere o llegue ayuda. Si la persona comienza a respirar de nuevo, colocarla en posición de recuperación, y verificar periódicamente la respiración hasta que llegue la ayuda.

Figura 43. **Correcta aplicación de RCP**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de entrenamiento de seguridad de OSHA. p. 71.

### 3.2.1.3.2. **Uso de extintores**

Los extintores clase A y B, que también tienen una clasificación numérica, indica qué tamaño de fuego puede ser combatido de manera segura con ese extintor (por ejemplo, 2-A; 4-B). Mientras mayor sea el número, se pueden combatir fuegos más grandes. Sin embargo, el número de tamaño de fuego será proporcional al tamaño del cilindro y aumentará la dificultad para moverlo.

Así mismo los extintores clase A o B pueden tener una letra de clasificación C que indica que el agente extinguidor no es conductor de corriente eléctrica.

Los extintores clase D tienen sólo una letra de clasificación que indica su efectividad en ciertas cantidades de metales específicos (por ejemplo, magnesio, 5 libras; sodio, 3 libras). A continuación se presenta una guía práctica para el correcto uso de los extintores:

- Al operar un extintor es útil recordar las siglas JAAB para guiar a través de cada paso. JAAB significa jalar, apuntar, apretar y barrer.
- Paso 1: jalar el pasador/gancho. Algunos extintores requieren abrir un cerrojo de seguridad o presionar una palanca de perforación.
- Paso 2: apuntar hacia abajo. Apuntar la boquilla del extintor a la base del fuego.
- Paso 3: apretar la manija mientras sostiene el extintor en posición vertical. Esto hace que el agente dentro del extintor se descargue.
- Paso 4: hacer movimientos de barrida de lado a lado. Mantener el extintor apuntando a la base del fuego, y barrer de un lado a otro hasta que se haya apagado. Vigilar el área del fuego. Si el fuego comienza nuevamente, repita el proceso.

Figura 44. Clases de fuego

CLASES DE FUEGOS	MATERIALES	PRODUCTOS
	Madera, papel, cartón, telas, pasto, gomas, caucho, corcho, productos celulósicos, etc.	
	Nafta, gas oil, aceites, petróleo, pinturas, derivados del petróleo, gases butano, propano, acetileno, etc.	
	Son los que se originan en equipos energizados, artefactos eléctricos, transformadores, motores, tableros, etc.	
	Se produce sobre ciertos metales como el magnesio, titanio, sodio, vanadio, etc.	

Fuente: KELLER, J.J. Manual de entrenamiento de seguridad de OSHA. p. 58.

### **3.2.2. Aplicaciones en obra**

Uno de los aspectos más importantes de la seguridad industrial es el hecho de saber cómo y cuándo deben ser aplicadas todas las normas de seguridad necesarias. Para ello es indispensable saber los procesos constructivos específicos y los riesgos particulares que conllevan dichos procedimientos y, de esta forma, hacer el uso correcto del equipo y las medidas necesarias que deben tomarse en cada circunstancia.

#### **3.2.2.1. Seguridad en instalaciones**

Se refiere a las recomendaciones y medidas que se deben tomar en cuenta y que están relacionadas con el ambiente en el cual se desarrolla una actividad laboral. Existen muchos escenarios respecto a los cuales se podría hacer el análisis, pero los más comunes que se aplican al método de suelo enclavado son los que se presentan a continuación.

##### **3.2.2.1.1. Bodegas**

Este ambiente es utilizado específicamente para el almacenaje de material, producto, equipo, herramienta o maquinaria. El primer aspecto a considerar es el orden y limpieza dentro de la bodega ya que el desorden es uno de los principales causantes de accidentes dado que propicia tropiezos, poca movilidad e inseguridad de maniobrar el equipo, producto o químicos.

Otro aspecto fundamental es la ventilación que existe dentro de la bodega, la cual es un factor determinante en la seguridad sobre todo cuando el uso de la bodega, pues es el almacenamiento de sustancias químicas que, en concentraciones altas, pueden llegar a ser tóxicas para el ser humano; en

general deberá comprobarse que el aire del ambiente contenga por lo menos 19,5 por ciento de oxígeno, evitando así que la temperatura se eleve dentro de la bodega y que el empleado presente malestares como mareos, somnolencia e incluso intoxicaciones debido a los contaminantes químicos.

La adecuada ventilación se logrará mediante el aprovechamiento de las fuentes naturales de ventilación, manteniendo las puertas y ventanas abiertas creando entradas y salidas de aire, utilizar dispositivos como ventiladores y revisar periódicamente su correcto funcionamiento. El ambiente descrito anteriormente es considerado por OSHA como un espacio limitado o encerrado y se rige bajo la norma 29 CFR 1910.146.

#### **3.2.2.1.2. Áreas de trabajo**

Estas varían según el tipo de estructura que se esté realizando la cual podría ser desde un sótano de un edificio a grandes profundidades del nivel de piso hasta taludes ubicados a grandes alturas sobre carreteras e incluso barrancos, pero el análisis para este caso será únicamente en carreteras y en taludes de gran altura en donde la protección se enfocará en la prevención de caídas. Este tema tiene realce ya que las caídas son la mayor causa de fatalidades en la industria de la construcción. Los métodos a emplear para dicho acometido serán:

- Sistemas de barandas: barreras construidas para evitar que los empleados caigan a niveles inferiores.

- Sistemas de redes de seguridad: redes que se extienden hacia afuera de la proyección de la superficie de trabajo, capaces de absorber la fuerza del impacto.
- Sistema personal para arrestar caídas: usado para detener a un empleado en una caída de un nivel de trabajo. Consiste en un ancla, conectores y una correa corporal, o arnés corporal que puede incluir un dispositivo para difuminar la aceleración, cordel salvavidas o una combinación de los mismos.
- Sistemas de barrera de advertencia: consiste en instalar una barrera en una ubicación visible para hacer saber a los empleados que se acercan a un lugar no protegido.

Las regulaciones para protección contra caídas se pueden encontrar en todo el capítulo 29 CFR1926 de las normas OSHA.

Cuando se realizan obras en taludes cuya colindancia son carreteras debe considerarse un factor muy importante: el tránsito vehicular. Para este caso se debe implementar el plan para el control del tránsito (PCT), el cual describe las medidas que se usan para mantener el tránsito en circulación eficientemente y con seguridad a través de la zona de trabajo. Las medidas seleccionadas dependen del tipo de vía, la condición del tránsito, el tiempo que tomará hacer el proyecto, las restricciones del lugar y cuan cerca está el espacio de trabajo del tráfico. Para lograr dicho objetivo se utilizan rótulos o letreros. Los rótulos deberían ser colocados en el lado derecho de la vía, estos advierten de peligros posibles o existentes y hay de tres tipos:

- Rótulos reguladores: informan a las personas que usan la vía acerca de las leyes de tránsito. Con algunas excepciones, estos rótulos son rectangulares y en blanco y negro. Algunos ejemplos son: alto, ceda el paso, no entre, límite de velocidad y una vía.
- Letreros de advertencia: notifican a los conductores de las condiciones. Con algunas excepciones, estos letreros tienen la forma de un diamante y son anaranjados y negros. Algunos ejemplos son: trabajo en la vía, desvío, vía cerrada y carril derecho cerrado.
- Rótulos de guía: proporcionan información para ayudar a los conductores con las rutas provisionales, direcciones y el tipo de trabajo que se está haciendo. Estos rótulos generalmente son anaranjados y negros. Ejemplos de estos rótulos incluyen: trabajo en las vías próximas, fin de trabajo en la vía y flechas de aviso.

Estos rótulos deben ser visibles siempre que se esté haciendo el trabajo y se deben quitar o se deben cubrir cuando los peligros dejen de existir. De noche, los rótulos deben ser reflectivos o iluminados. Si los rótulos se deterioran o están averiados, deben ser reemplazados.

Otro factor importante a ser considerado en la señalización en carreteras incluye los dispositivos de canalización dentro de los cuales están incluidos pero no limitados a: conos, marcadores tubulares, paneles verticales, tambores, barricadas, islas levantadas provisionales y barreras. Estos dispositivos no solo protegen a los empleados en la zona de trabajo, sino también advierten y alertan a los conductores sobre las condiciones creadas por el trabajo en la vía y guían a los choferes, siempre debe asegurarse que dichos dispositivos estén visibles y limpios para evitar confusiones.

Cuando los elementos antes expuestos no proporcionan suficiente protección para las operaciones en carretera o calles, se pueden implementar empleados señaladores. Sin embargo, dado que se expone la vida de la persona que realiza dicha función, deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Utilizar banderas rojas de forma cuadrada y de por lo menos 18 pulgadas por lado, o letreros tipo raqueta cuando se estén dando señales durante el día.
- Utilizar luces rojas cuando se esté señalizando manualmente durante la noche.
- Para detener el tránsito se deberá encarar el mismo sosteniendo la señal de ALTO hacia el tránsito con su brazo extendido horizontalmente lejos de su cuerpo, levantar el brazo libre con la palma de su mano hacia el tráfico que se acerca.
- Para hacer que el tránsito detenido proceda, se deberá encarar el mismo sosteniendo el letrero de DESPACIO hacia él con el brazo extendido horizontalmente lejos del cuerpo. Se deberá mover la mano libre indicando que el tránsito puede continuar.
- Para alertar o hacer que el tránsito vaya más despacio, se deberá encarar el mismo con el letrero de DESPACIO hacia él con el brazo extendido horizontalmente lejos del cuerpo, mover la mano libre con la palma hacia arriba moviéndola de arriba hacia abajo indicando que el vehículo tiene que ir más despacio.



### **3.2.2.1.3. Talleres**

La seguridad en los talleres, al igual que en la mayoría de los lugares limitados, se basa en el orden y la limpieza de las instalaciones. El equipo que se emplee en la realización de las distintas actividades del proceso constructivo se analizará individualmente más adelante. La ventilación y la iluminación también juegan un papel muy importante dentro del área de talleres, ya que si no se cuenta con una adecuada visibilidad al momento de realizar actividades como corte y soldadura, estas serían una fuente segura de accidentes.

### **3.2.2.1.4. Instalaciones eléctricas**

Dado que la electricidad puede llegar a ser mortal por ser la causa de descargas eléctricas, electrocuciones, incendios y explosiones, debe darse suma importancia a la misma. Dentro de las posibles causas de accidentes relacionadas a la electricidad se encuentran los alambres expuestos de las cajas de conexión, cordones de extensión averiados, e instalaciones provisionales, contacto con líneas eléctricas, falta de protección de efecto a tierra, equipo y cordones usados de manera incorrecta. Los procedimientos más comunes y efectivos para la prevención de accidentes eléctricos son:

- **Aislamiento:** previene que los conductores estén expuestos. Las normas OSHA requieren que el aislamiento sea apto para el voltaje y las condiciones bajo las cuales se usará el aparato eléctrico, tales como la temperatura, niveles de humedad, y emisiones de humo.
- **Aparatos para protección de circuitos:** aquí se incluyen fusibles disyuntores, y disyuntores de circuito en caso de defecto de conexión a tierra, estos aparatos están diseñados para limitar o cerrar

automáticamente el flujo de electricidad en el sistema de alambres, en caso de un defecto de conexión a tierra, sobre carga, o corte circuito. Los fusibles son aparatos que perciben exceso de corriente y rompen el circuito automáticamente cuando el flujo de corriente se vuelve inseguro.

- Defensas: se refiere a protecciones o barreras físicas que deben rodear cualquier equipo eléctrico que opere a 50 voltios o más. Esta barrera se puede obtener colocando el equipo en un recinto, en un cuarto o bóveda, de tras de mallas, jaulas, o separaciones sustanciales, en balcones, plataformas o galerías elevadas por lo menos a 8 pies sobre el piso de un área de trabajo.
- Conexión a tierra: esta protege de descargas eléctricas, contra incendios y contra daño al equipo eléctrico. OSHA requiere que se hagan las dos siguientes pruebas antes de la primera vez que se use equipo nuevo, después de que se sospeche daño o avería de los aparatos, y a intervalos de tres meses.
- Un examen de continuidad para asegurar que el conductor a tierra del equipo, este eléctricamente continuo.
- Un examen para asegurar que el conductor de tierra del equipo esté conectado a su terminal apropiado, este debe hacerse a receptáculos y enchufes.
- Bloqueado o rotulación: consiste en la colocación de tarjetas con candados que eviten totalmente la activación o encendido de corriente en las cajas de distribución, cuando alguna persona se encuentra trabajando en determinada área de la red eléctrica o dando

mantenimiento a determinado equipo, esto con la finalidad de evitar la activación accidental de la corriente y causar lesiones al empleado que está desempeñando dicha labor.

Figura 46. **Dispositivo de bloqueo y rotulación**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 84.

### **3.2.2.1.5. Acceso seguro y protección contra caídas**

Uno de los medios recomendados por OSHA para la prevención de caídas es el equipo personal contra caídas conocidos como arnés de cuerpo, cuya función específica es contrarrestar la caída sin embargo no la impide, por lo cual el equipo debe ser capaz de limitar su caída en una altura de no más de 6 pies, la distancia de desaceleración no puede ser mayor a 3,5 pies, y éste debe impedir el contacto con el nivel inferior. Algunos de los requisitos para el equipo personal contra caídas son:

- La cuerda de salvamento horizontal debe ser diseñada, instalada y usada bajo la supervisión de una persona capacitada.

- Cuerdas de salvamento verticales deben tener una fuerza mínima contra ruptura de 5 000 libras.
- Sólo se puede sujetar a un único trabajador a una cuerda de salvamento vertical.
- Brindar protección e inspección de la cuerda de salvamento para verificar que no haya cortes o abrasiones antes y durante el trabajo.
- Cuerdas y correas tejidas que se usen en arneses de cuerpo deben ser hechas de fibra sintéticas.
- El punto de sujeción para un arnés de cuerpo completo debe estar localizado en el centro de su espalda cerca de sus hombros o más arriba de su cabeza.
- La empresa debe contar con un plan de rescate y ser capaz de ejecutarlo con rapidez o asegurarse que el empleado pueda autorescatarse.
- Debe inspeccionarse el equipo contra caídas que no tenga deterioro alguno antes de cada uso y después. Nunca deben utilizarse componentes defectuosos.

Figura 47. **Arnés de cuerpo completo**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de entrenamiento de seguridad de OSHA. p. 203.

Los objetos que caen representan uno de los peligros mayores alrededor de lugares en construcción. Por lo que siempre se deberá usar casco duro donde quiera que exista la posibilidad que caigan objetos. Así mismo debe buscarse la protección de personas circundantes por medio de uno de los métodos siguientes:

- Colocar tableros a lo largo del filo de una superficie encima donde se camina o se trabaja.
- Pasamanos que tengan aberturas lo suficientemente pequeñas para prevenir el pasaje de objetos que potencialmente caigan.
- Métodos de almacenaje apropiados durante trabajo con ladrillos, en techos o trabajo relacionado.
- Toldos o barricadas.

### **3.2.2.1.6. Andamios**

Las normas OSHA contienen las especificaciones de los andamios en las secciones 29 CFR 1926.450-454. Los andamios son estructuras ya sean metálicas, de madera o aluminio cuya función es brindar una base sobre la cual se realizan trabajos de diferente índole, en este caso los andamios son utilizados para llevar a cabo todo el procedimiento del proceso constructivo del suelo enclavado a gran altura. Dentro de los peligros más comunes de trabajar con andamios están la falla de tablas o sostenes, resbalones en los andamios y golpes causados por los objetos que caen. Dentro de las consideraciones a tomarse en cuenta en la construcción de las plataformas de trabajo figuran las siguientes:

- Las plataformas, en todos los niveles de trabajo, deben estar entabladas entre los miembros tanto verticales frontales y los sostenes de los pretilos.
- El espacio entre los tablonos y la plataforma y miembros verticales no puede tener un ancho mayor de una pulgada, a menos que la empresa demuestre que un espacio más ancho es necesario.
- Las plataformas y pasillos tiene que ser de 18 pulgadas de ancho exceptuando los andamios con gatos de escalera, puntales de placa superior, y los de gato de bomba que deben ser por lo menos de 12 pulgadas de ancho.
- Si las áreas de trabajo son tan estrechas que las plataformas y pasillos no puedan tener por lo menos 18 pulgadas de ancho, éstas deben ser

tan anchas como sea posible hacerlas. El empleado debe protegerse por medio de barandas o sistemas personales para evitar caídas.

- El borde del frente de las plataformas no puede estar a una distancia de más de 14 pulgadas de la cara frontal de su trabajo a no ser que se erijan pretilas a lo largo del borde del frente o se estén utilizando arneses.
- Los extremos de la plataforma deben extenderse sobre la línea central de su sostén por lo menos 6 pulgadas, exceptuando el extremo de plataformas de 10 pies o menos en su largura, no se deben extender sobre su sostén más de 12 pulgadas, o de más de 10 pies, la largura no debe extenderse sobre su sostén más de 18 pulgadas a no ser que esté diseñada para sostener a los trabajadores y sus materiales sin voltearse, o tenga pretilas para bloquear el acceso del empleado al extremo de la plataforma.

Los andamios sostenidos son aquellos cuyos apoyos se encuentran directamente en el suelo u otra plataforma que le brinde soporte directo, las cuestiones a considerar en este caso deberán ser:

- Por cada altura de 4 pies, el andamio deberá tener un ancho de 1 pie. Si no, para que no se voltee se deberá amarrar, apuntalar o atirantar.
- Los andamios de este tipo deben estar asentados sobre placas de base y marcos de barro u otros cimientos firmes.
- Objetos tales como bloques de madera o cubetas, no pueden ser usados para sostener andamios o como plataformas de trabajo.

- Los postes de andamios sostenidos, patas, vigas verticales, armazones y otros componentes verticales, tienen que estar verticalmente a plomada y reforzados para prevenir el bamboleo u otros movimientos.

Los andamios suspendidos son aquellos que cuelgan o se encuentran por encima del nivel del suelo por lo que tienden a encontrarse con un grado alto de inestabilidad por lo cual debe de considerarse lo siguiente:

- Los extremos de adentro de los sostenes de suspensión de andamios deben estar estabilizados por pernos u otras conexiones directas al piso o plataforma de techo o estabilizados por medio de contrapesos.
- Personas capacitadas deben verificar las conexiones antes de usar el andamio en suspensión.
- Los contrapesos deben conjuntarse por medio de medidas mecánicas a las vigas de los sostenes. No pueden ser hechos de materiales que fluyen tales como arena o ripio.
- No se deberá usar equipo impulsado por motor de gasolina y grúas en andamios de suspensión.
- Engranajes y frenos de grúas operadas a potencia, que se usan en andamios de suspensión deben estar encerrados.
- Andamios con suspensión de dos o más puntos deben estar amarrados, o de otra manera asegurados, para evitar que se meneen.

Referente a la manera en que se ingresará a los andamios deben tomarse en cuentas las consideraciones siguientes:

- No se utilizarán los travesaños cruzados para tener acceso a la plataforma de trabajo de un andamio.
- Cuando se utilicen escaleras portátiles, de enganche o unibles se deberá colocarlas de tal manera que no volteen el andamio.
- Las escaleras fijas deberán tener plataformas de descanso a intervalos de 12 pies y peldaños de pisar con superficie resistente a resbalones en cada peldaño de descanso.
- Torres de escaleras deben estar equipadas con riel lateral a cada lado de la escalera del andamio, tener pretils cuya superficie no cause perforación, laceración o se agarre a la ropa.

Al momento de estar trabajando sobre los andamios se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Cuidar que no se haya cargado el andamio excediendo su capacidad máxima y que esté en su carga nominal.
- No se mueva horizontalmente el andamio mientras se esté sobre él a menos que esté diseñado para eso específicamente.
- El andamio se encuentre a suficiente distancia de cables eléctricos según sea el caso.

- No haya acumulaciones de escombros u otros residuos.
- No se incremente la altura del trabajo con una escalera de mano con la excepción de andamios de área muy grande.

Siempre es indispensable utilizar correctamente el equipo personal de protección correspondiente.

Tabla II. **Distancias entre andamios y cables**

<b>Cables aislados</b>		
Voltaje	Distancia mínima	Alternativas
Menos de 300 voltios	3 pies	
300 voltios a 50 kV	10 pies	
Más de 50 kV	10 pies + 0,4 pulgadas por cada 1 kV sobre 50 kV	2 veces el largo del aislador de línea, pero nunca menos de 10 pies
<b>Cables no aislados</b>		
Voltaje	Distancia mínima	Alternativas
Menos de 50 kV	10 pies	
Más de 50 kV	10 pies + 0,4 pulgadas por cada 1 kV sobre 50 kV	2 veces el largo del aislador de línea, pero nunca menos de 10 pies

Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 253.

Figura 48. **Andamios en la construcción**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 252.

### **3.2.2.2. Equipo, maquinaria y herramienta**

Las herramientas y equipo que se utilizan comúnmente para realizar tareas pueden resultar peligrosas y causar heridas graves, su uso puede exponer a los empleados a objetos que vuelan, cortes, perforaciones, polvo y humo que sea potencialmente dañino.

Para protegerse es importante saber el uso correcto de las herramientas, reconocer y prevenir los peligros asociados con los diferentes tipos de herramientas y equipo.

### **3.2.2.2.1. Vehículos y maquinaria pesada**

En este rubro se encuentra todo tipo de grúas y cabrias y que según las normas OSHA quedan definidas como equipo propulsado que se opera al usarse en construcción que suba, baje, o mueva horizontalmente una carga suspendida. Este tema es de suma importancia ya que la causa de muerte durante el uso de este tipo de equipo se puede resumir de la siguiente forma:

- Muertes por golpes de carga (32 por ciento)
- Electrocutión (27 por ciento)
- Trituración durante el montaje y desmontaje (21 por ciento)
- Falla de cables (12 por ciento)
- Vuelco de la grúa o maquinaria (11 por ciento)
- Golpes con la cabina o contrapeso (3 por ciento)
- Caídas (2 por ciento)

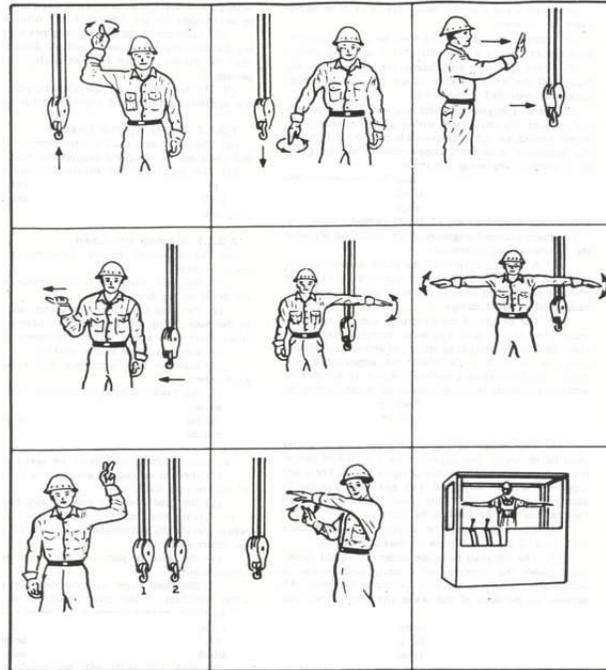
Dentro de los aspectos que deben considerarse al hacer uso de este tipo de dispositivos figuran los siguientes:

- Las condiciones del suelo deben ser las apropiadas asegurando que este sea firme, nivelado y se encuentre debidamente drenado.
- Deberá verificarse la zona de trabajo tomando en cuenta que la altura máxima que tendrán los accesorios para alzar, estarán a menos de 20 pies o 6 metros de distancia de cables de alta tensión o torres de transmisión.
- No se debe colocar ninguna persona debajo de cargas suspendidas.

Si en dado caso se diera contacto con cables de alta tensión, es importante que el empleado que conduce la grúa decida si quedarse dentro de la cabina o evacuar ya que existe potencial de incendio, explosión u otras emergencias. Para lo anterior OSHA recomienda los siguientes procedimientos:

- El operario de la cabina debe quedarse dentro de la cabina hasta que se desconecten los cables.
- Cualquier otra persona debe alejarse de la grúa, de las sogas y carga, ya que el suelo alrededor de la máquina puede estar energizado.
- El operario de la grúa debe tratar de mover la grúa para evitar el contacto yendo en dirección contraria.
- Si no se puede mover la grúa para evitar contacto, el operario debe permanecer dentro de la cabina hasta que se desconecten los cables.
- En general, cualquier movimiento que haga la grúa deberá ser guiado como mínimo por un segundo empleado capacitado y lo hará a través del respectivo lenguaje de señas.

Figura 49. Señalización de manejo de cargas con grúa



Fuente: RONDON, Carlos. Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. p.69.

### 3.2.2.2. Equipo de corte

Este tipo de equipo tiene sus propias funciones aplicadas al *soil nailing*, tales como los cortes de electromalla, los pines sujetadores de hierro y de las barras de acero de refuerzo. En general todo el equipo y herramientas deben cumplir con las reglas que se presentan a continuación:

- Mantener el área de trabajo bien alumbrada, seca y ordenada.
- Brindar el adecuado mantenimiento a todas las herramientas y equipo. Esto implica afilarlas, aceitarlas y guardarlas apropiadamente.

- Inspeccionar las herramientas, sus cordones y accesorios para verificar que se encuentren en buen estado, de no ser así se deberán reemplazar inmediatamente y no se deben hacer reparaciones si no se está debidamente capacitado.
- Se recomienda el uso de dispositivos de seguridad tales como enchufes de tres clavijas, herramientas con aislamiento doble, interruptores de seguridad, también es aconsejable mantener las defensas de la maquinaria bien reparadas y en su respectivo lugar.
- Utilizar equipo de protección personal tal como anteojos de seguridad, respiradores, protección al oído, calzado de seguridad y casco.
- Usar ropa correcta, la cual no se debe envolver en las herramientas y no se deben utilizar joyas.
- Elegir herramienta adecuada para el trabajo y del tamaño correcto.
- Tomar consciencia sobre la existencia de sustancias inflamables y chispas provenientes de herramientas de mano hechas de hierro o acero ya que pueden convertirse en una fuente peligrosa de encendido, en este caso es recomendable utilizar herramientas que resisten chispas las cuales pueden estar fabricadas de latón, plástico, aluminio o madera.

Para el equipo de corte debe revisarse que las sierras estén debidamente afiladas, y que no estén oxidadas ya que esto podría provocar rompimiento de la misma al aplicar fuerza. Cuando se esté trabajando con herramientas de potencia con ruedas abrasivas ya sea para cortar, pulir o lustrar deben seguirse los siguientes pasos:

- Realizar la prueba de timbre o campana antes de montar una rueda abrasiva para asegurar que no tenga grietas o defectos, dicha prueba se hace golpeando la rueda con un implemento suave que no sea metálico, si el resultado es un sonido o timbre metálico claro la rueda no tiene daños y si por el contrario el sonido es relajado o muerto, la rueda podría fragmentarse al momento de operar la máquina.
- Apretar adecuadamente la rueda del huso para sostener la rueda en sitio pero no tan apretada que distorsione el borde.
- No colocarse directamente al frente durante el arranque inicial del equipo.

Figura 50. **Uso correcto de equipo de corte**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 133.

### **3.2.2.2.3. Equipo para soldar**

Dada la naturaleza del trabajo de soldadura, éste es considerado uno de los más peligrosos; ya que un arco de soldadura es capaz de derretir acero, la luz que emite es potencialmente cegadora, así mismo la soldadura produce humo tóxico que está compuesto de partículas microscópicas de metal derretido. Las chispas y escoria derretidas pueden ser disparadas por el arco a grandes distancias. La norma OSHA que rigen este tema es la norma 29 CFR 1926.350-354. Dentro de los peligros a considerar están:

- Gases: estos son liberados tanto en trabajos de soldadura y corte, estos son causantes de irritación del tracto respiratorio y ojos, dolores de cabeza, mareos, escalofríos y hasta la muerte. Algunos de los gases que se forman son el monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y ozono.
- Humos: estos dependen del tipo del metal, los preservativos del metal, el electrodo, o el material de aporte que se utiliza. La exposición corta a estos gases puede ocasionar dolores de cabeza y músculos, debilidad en general y escalofríos.

Tabla III. Peligros en soldaduras

HUMO	EFFECTOS	HUMO	EFFECTOS
Bario	Irritación de la nariz, vómito, problemas del corazón y fatiga muscular	Hierro	Irritación en nariz, garganta y pulmones
Berilio	Afecta los pulmones, hígado y riñones. Dificultades respiratorias	Plomo	Daño al cerebro, riñones, músculos, nervios, circulación y sistema reproductor, dolores de cabeza y retortijones
Cadmio	Daña los pulmones y riñones; produce enfisema, dolor de pecho y edema pulmonar	Magnesio	Daño e irritación del sistema nervioso y respiratorio, irritación a los ojos
Cromo	Irrita piel, ojos, membrana mucosa y produce cáncer	Manganeso	Debilidad y dificultad para caminar
Cobre	Vómito, sudor frío, rigidez y dolor de pecho	Cinc	Vómito, sudor frío, rigidez y dolor de pecho
Fluoruro	Irritación respiratoria y a los ojos, nariz: fluido en los pulmones		

Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 309.

- Radiación: causa serios daños a los ojos cuando se mira un arco sin protección de lentes con el filtro adecuado, además el calor puede quemar la piel seriamente como lo haría el sol.
- Descarga eléctrica: esta puede ser causada por equipo mal conectado a tierra, defectuoso o mal operado además una descarga de este tipo puede ser favorecida si se está efectuando la soldadura sobre una superficie húmeda.
- Fuego y explosión: estos casos se pueden dar cuando se está soldando cerca de materiales combustibles o inflamables tales como polvo, vapor, líquidos o piso. Las chispas que vuelan dentro de estos lugares pueden

comenzar un incendio. Las explosiones pueden ocurrir en lugares con líquidos, gases, vapores o polvo inflamable.

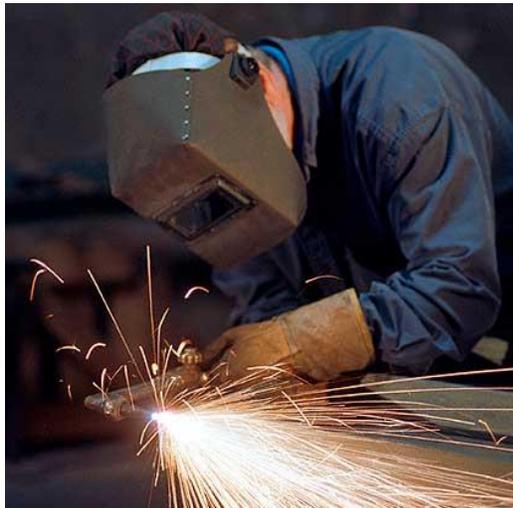
- Espacios limitados: la soldadura puede desplazar el oxígeno y los vapores pueden asentarse hacia el fondo y llenar espacios limitados. Gases inflamables o combustibles y humo tóxico podrían estar presentes antes y/o durante una entrada, aumentando las probabilidades de que ocurra una explosión, fuego o asfixia.
- Envenenamiento de plomo: este riesgo aparece cuando se suelde en superficies con pintura de plomo.
- Salpicaduras metálicas, escoria y chispas: se producen cuando se suelda y pueden golpear y quemar al soldador o su ropa.
- Gases comprimidos: son peligrosos porque se almacenan a alta presión. Pueden ser inflamables, venenosos, corrosivos o una combinación de todo esto. Si no se les maneja con el cuidado que requiere estos pueden encenderse, estallar, calentarse o pueden producir gases venenosos si se queman. Los cilindros de gas y oxígeno pueden adoptar el comportamiento de un cohete y puede traspasar paredes de hormigón o volar gran velocidad. Los gases que no son inflamables pueden estallar si se les mezcla con combustibles, mientras los gases comprimidos pueden ser dañinos si se les inhala y si tienen vapores extremadamente irritantes pueden causar quemaduras, mareos, pérdida de sentido o sofocación.

A pesar de que los riesgos que existen son muchos, las formas de evitarlos son las siguientes:

- Mantener una ventilación adecuada mediante campanas de ventilación, ventiladores y espacios abiertos. Si el lugar es reducido o la ventilación es inevitablemente inadecuada se deberá usar respiradores.
- Utilizar el equipo de protección personal que en este caso incluye: delantales que resistan llamas, polainas y botas altas, calzado que cubra los tobillos debajo de las mangas del pantalón, capa para los hombros y gorra para protegerse de la soldadura, tapones para las orejas u orejeras, guantes aislados, casco de seguridad, gafas, caretas, resguardo para los ojos y cara, lentes con filtro y placas de protección para la radiación.
- No soldar sobre superficies húmedas o con ropa mojada, de preferencia utilizar botas de hule y ropa de lana, cuero, piel o algodón.
- Conectar a tierra, instalar y operar el equipo adecuadamente y nunca usar equipo en mal estado o cables defectuosos.
- Utilizar porta electrodos y aislarlo, así mismo aislar tanto el electrodo de trabajo como el de metal.
- No envolver el cable de soldadura alrededor del cuerpo.
- En caso de una descarga eléctrica no se debe tocar a la víctima sino que se debe apagar la corriente y el disyuntor y se deberá buscar ayuda. Luego de haber apagado la potencia eléctrica, se podrá aplicar RCP.

- Soldar siempre alejado de material inflamable o este se deberá cubrir con algún aislante resistente al fuego.
- No soldar en superficies pintadas con pinturas que contengan plomo.
- Utilizar carrito de ruedas para transportar los cilindros de gases comprimidos, no rodarlos, arrastrarlos o golpearlos.

Figura 51. **Uso correcto de equipo de soldadura**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 309.

#### **3.2.2.2.4. Equipo de pintura**

Para el correcto uso del equipo de pintura se deben tomar en cuenta las precauciones requeridas para las herramientas de mano, equipo eléctrico o herramientas neumáticas según sea el caso, pero el aspecto de más importancia a tomar en cuenta en el uso de pinturas es la exposición al plomo,

ya que la mayoría de las pinturas lo contienen y es un componente de alta toxicidad.

El envenenamiento por plomo podría darse si se lija, raspa, quema, suelda o se pintan superficies que contienen pinturas con este elemento presente. El plomo puede ingresar al cuerpo humano por medio de la inhalación, ingestión y la piel por lo que indispensable utilizar el equipo de protección personal como guantes, anteojos y mascarilla como mínimo. Además existen también varias maneras de controlar la exposición al plomo tales como:

- Realizar un monitoreo constante en el ambiente de trabajo para asegurar que no haya exposición, y si la hay, determinar que no exceda los niveles saludables.
- Si la exposición es inevitable y es venenosa se deberá utilizar aspiradores y utilizar brochas o rodillos en vez de soplete.
- No comer o beber en los lugares de trabajo.
- Lavarse las manos y cara antes de comer, beber, fumar o maquillarse.
- Ducharse y cambiarse a ropa limpia, incluyendo zapatos, antes de retirarse del trabajo para evitar llevar la contaminación de plomo a casa.
- Se deberá colocar letreros que adviertan a todos los trabajadores de la exposición al plomo para que se tomen las medidas necesarias.

- Realizar chequeos médicos periódicos para detectar fallas en la protección contra el plomo, si el plomo en el nivel de sangre del trabajador es de 50 miligramo sobre decilitro, se deberá retirarlo temporalmente de su trabajo regular o reinsertarlo en un área de menor riesgo sin que se le provoquen pérdidas de salario, antigüedad, derechos, beneficios y demás prestaciones laborales.

Figura 52. **Uso correcto del equipo de pintura**



Fuente: [http://folcomuns.firabcn.es/EEE/Eurosulfas/news/index\\_ES.html](http://folcomuns.firabcn.es/EEE/Eurosulfas/news/index_ES.html).

Consulta: 22 mayo de 2013.

### **3.2.2.2.5. Herramientas de mano**

Estas incluyen desatornilladores, martillos, sierras manuales, cortadoras, hachas y llaves. Los peligros más grandes provenientes de herramientas de mano son causados por mal uso y mantenimiento inadecuado. Dentro de los peligros en el uso inadecuado de herramientas de mano se tiene: usar el cincel como desatornillador, ya que puede romperse la punta del mismo y golpee al

usuario como a empleados que se encuentren cerca; cuando la herramienta posee un mango de madera en mal estado, este podría romperse y la cabeza del miso podría salir volando; al utilizar herramientas de golpe, en lugar de hongos, la cabeza se puede fragmentar en pedazos por el impacto y salir disparados. Dentro de las precauciones que deben tomarse al momento de trabajar con este tipo de herramienta están:

- Utilizar el equipo personal de protección como casco, lentes protectores. Los guantes deben ser utilizados pero la mayoría de trabajadores se muestran reacios a ellos ya que al principio suelen ser incómodos y por lo mismo las personas prefieren no utilizarlos aunque es cuestión de adaptación y práctica para volverse diestros.
- Revisar que las herramientas se encuentren en buenas condiciones antes de empezar a realizar el trabajo, especialmente los mangos.
- Presentar especial cuidado a las herramientas de corte como las sierras de mano ya que, si están en mal estado, tienden a quebrarse y pueden salir volando los pedazos de metal.
- Es recomendable no utilizar joyas como relojes y anillos para evitar que se atoren con las herramientas y sean fuente de accidentes.
- No debe utilizarse una herramienta, por mucho que se parezca, para realizar la función de otra como se mencionó anteriormente.
- Mantener el área de trabajo limpia, ordenada, ventilada y bien iluminada para garantizar el correcto uso de las herramientas.

- Proporcionar el correcto mantenimiento a las herramientas y en el tiempo que corresponda.

Figura 53. **Herramientas de mano**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 294.

### 3.2.2.2.6. **Herramientas eléctricas**

Según OSHA esta clasificación de utensilios está, junto con otros tipos de herramientas, dentro de la clasificación de herramientas de fuerza las cuales pueden ser tan pequeñas como taladros eléctricos o grandes como un picador de madera pero todas estas tienen en común que necesitan una fuente externa de energía para funcionar.

Las herramientas de fuerza son extremadamente peligrosas si se les usa incorrectamente y por lo mismo es necesario que estas tengan instaladas, en general, defensas e interruptores de seguridad. Entre los peligros principales de las herramientas eléctricas están las quemaduras y descargas eléctricas que potencialmente podrían causar lesiones y paros al corazón. Las normas OSHA

que rigen este tipo de herramientas son 1926.300-.307, 1926.404, 1926.702,1926.951, 1910.212-1910.244 y 1910.211-1910.19.

Las precauciones que deben tomarse en cuenta cuando se trabaja con este tipo de herramientas son:

- No sostener la herramienta desde su cordón o manguera.
- No tirar el cordón o la manguera para desconectarla del receptáculo.
- Mantener los cordones y las mangueras lejos del calor, aceite y esquinas con filo.
- Desconectar las herramientas cuando no se use, antes de darles servicio y cuando se esté cambiando accesorios como hojas, taladros y cortadores.
- Mantener a todas las otras personas que observan a una distancia segura del área de trabajo.
- Asegurar su trabajo con abrazaderas o un tornillo de banco, liberando ambas manos para operar la herramienta.
- Evitar arranques accidentales mediante no poner el dedo en el interruptor mientras lleve una herramienta enchufada.
- Seguir las instrucciones en el manual del usuario para lubricación y cambio de accesorios de cada equipo.

- Estar bien parado y mantenerse bien equilibrado. Esta es otra razón para mantener el lugar de trabajo ordenado y sin despojos o basura.
- Usar ropa apropiada ya que la ropa floja, corbatas o joyas podrían quedarse atascadas en las piezas que se mueven.
- Sacar del servicio aquellas herramientas que se encuentren averiadas, así mismo deben ser rotuladas con un letrero que diga NO USAR.
- Utilizar topes protectores en las partes que tiene movimiento como correas, engranajes, ejes, poleas, husos, tambores, volantes y cadenas.
- Asegurar que las herramientas tengan enchufe con tres clavijas con tierra y estar debidamente conectadas a ella.
- No usar las herramientas en lugares húmedos o mojados.

Figura 54. **Herramientas eléctricas**



Fuente: KELLER, J.J. Manual de OSHA de seguridad en la construcción. p. 296.

### 3.2.2.2.7. **Equipo neumático**

Las herramientas neumáticas reciben su potencia de aire comprimido, estas incluyen taladros, martillos y lijadoras. El peligro más grande en el uso de herramientas neumáticas es el de ser golpeado por uno de los aditamentos o sujetadores de la herramienta.

- Las herramientas neumáticas que disparan clavos, remaches o grapas y operan a una presión de más de 100 libras sobre pulgada cuadrada, tienen que estar equipadas con un dispositivo especial para evitar que sujetadores salgan de la herramienta, a no ser que la boca del cañón esté oprimida contra la superficie de trabajo.
- Se requiere protección para los ojos y se recomienda protección a la cara y es necesario utilizar el calzado de seguridad cuando se usen

perforadores neumáticas. El ruido es otro peligro por lo cual, cuando se trabaje con herramientas muy ruidosas como perforadoras, se deberá usar tapones para oídos.

- Se debe asegurar que el equipo neumático este conjuntados, en una forma segura, con su manguera, ya que un alambre corto o un dispositivo de traba positivo que conjunta la manguera de aire a la herramienta, puede servir como una protección adicional.
- Las pistolas de chorro que usan aire y atomizan pintura y fluidos de alta presión (más de 1 000 libras sobre pulgada cuadrada) deben estar equipadas con dispositivos automáticos o visuales y manuales, de seguridad los cuales evitan oprimir el gatillo hasta que el dispositivo de seguridad haya sido liberado manualmente.
- Si una manguera de aire tiene un diámetro que exceda media pulgada, se debe instalar una válvula de seguridad para exceso de flujo en la fuente de aire, para cerrar automáticamente el paso de aire en caso de que la manguera se rompa.
- Se debe instalar una grapa o retenedor de seguridad para evitar que aditamentos tales como cinceles de un martillo de desatornillador, se disparen en forma no intencional.
- No se debe apuntar a alguien con una pistola de aire comprimido y no se debe colocar la punta de esta contra uno y mucho menos contra cualquier otra persona.

- Las perforadoras neumáticas pesadas pueden causar fatiga y torceduras. Mangos pesados de hule reducen estos efectos y ofrecen un lugar seguro para sostenerlo con las manos.

Figura 55. **Herramientas neumáticas**



Fuente: <http://www.maquinher.com/php/herramientas/4-neumaticas.html>.

Consulta: 7 de mayo de 2013.

### **3.2.2.3. Construcción**

El proceso de construcción del suelo enclavado conlleva cierto número de técnicas que incluyen riesgos de diferente índole por lo que se vuelve necesario desglosar de forma específica cada uno de ellos. Las normas OSHA no cuentan con normas específicas para este método constructivo, pero sí analiza situaciones aisladas que en conjunto son aptas para ser aplicadas a la estabilización con *soil nailing*.

### **3.2.2.3.1. Preparación, transporte, montaje y desmontaje de equipo**

Algunos accidentes, tanto en grúas como en cualquier otro tipo de equipo, suceden a causa del montaje o desmontaje inapropiado de equipo. Otros son el resultado de malos entendidos o confusión concernientes a las tareas hechas a mano. Puesto que la mayoría de estos accidentes se puede evitar al seguir los requisitos de OSHA respecto al desmontaje y desmontaje, se debe comprender las expectativas de aprobaciones, pruebas y mitigación de riesgos. La norma que rige este tipo de actividad es la 1926.1412.

La primera fuente de guía que se debe consultar, respecto a montaje y desmontaje de equipo y maquinaria, es la del fabricante. Se pueden usar los procedimientos del empleador sólo cuando el empleador pueda demostrar que los procedimientos reúnen los requisitos siguientes:

- Prevean movimientos peligrosos y caídas sin intención de cualquier pieza del equipo.
- Provean soporte adecuado y estabilidad de todas las piezas del equipo.
- Posicionen a los empleados que participan en la operación de montaje y desmontaje de modo que su exposición a movimientos o caídas sin intención de piezas o de todo el equipo se reduce al mínimo.
- Garanticen el uso adecuado del equipo personal de seguridad adecuado según la tarea que se desempeñe.

- Los procedimientos del empleador deben ser diseñados por una persona calificada y que se responsabilice de cualquier decisión y consecuencia.

### **3.2.2.3.2. Movimiento de tierras y demoliciones**

En construcción el manejo de tierras y demoliciones incluye diferentes operaciones, como levantar toneladas de peso con grúa, manejar un camión lleno de bloques de concreto, llevar bolsas o materiales manualmente y colocar ladrillos en filas y otros materiales como escombros o maderos. Ya sea moviendo materiales manualmente o mecánicamente, aplicando principios de seguridad generales, como técnicas para el uso apropiado de equipo y controles, y práctica segura de trabajo, pueden hacer la diferencia entre situaciones de vida o muerte.

Los peligros de caerse, ser golpeado o aplastado son algunos de los riesgos que los empleados enfrentan cuando se trata del manejo y almacenaje de materiales, especialmente el uso de equipo mecánico pesado en el lugar de trabajo. Los empleadores y empleados deben examinar el entorno de trabajo tanto condiciones, prácticas, equipo y así tomar acciones antes de que alguien resulte herido o incluso muerto. Este tipo de actividad está regida por la norma 29 CFR 1926.

Las normas OSHA dividen el equipo mecánico para manejo de materiales en dos grupos:

- Equipo para mover tierra: principalmente, estos se usan para movilizar tierra, pero algunos pueden funcionar como transportadores de materiales. Algunos ejemplos incluyen moto niveladores, cargadores,

escarificadores, orugas aplanadoras, tractores de rueda, camiones de acarreo, aplanadores, tractores agrícolas e industriales.

- Equipo para levantar y acarrear: principalmente, estos mueven materia prima alrededor del sitio de trabajo. Como ejemplo de estos se tienen camiones de levantar, amontonadores, montacargas y otros vehículos de fuerza industrial, helicópteros y equipo similar.

Cuando se realizan actividades relacionadas al movimiento de tierras, toma relevancia la inspección del equipo ya que de ella dependerá la evasión de accidentes y contratiempos. La inspección deberá incluir la verificación de las siguientes cuestiones:

- Escaleras de acceso, peldaños, pasamanos y sostenes. Deberá asegurarse que se encuentren en buen estado y fijamente sujetos.
- Las superficies para caminar deberán estar limpias y sin desorden, basura o sustancias resbalosas y si existen superficies antideslizantes, estas deberán estar en buena condición.
- Los frenos deberán estar bien ajustados y operables.
- Los mecanismos de control, cuerdas de alambre, aparatos eléctricos, condiciones del suelo, aparatos de seguridad y ayudas operacionales en grúas, deberán estar correctamente corregidas antes de su operación.
- Se deberá asegurar que las líneas de distribución y transmisión no tengan energía y estén conectadas visiblemente a tierra, además se

deberá instalar barreras de aislamiento para prevenir contacto físico con las líneas.

- Las barricadas deberán estar fijas para proteger a los empleados de ser golpeados y aplastados por el equipo.
- Se deberá verificar que las llantas, mangueras, correas y los cables para asegurarse, estén en óptimas condiciones.

Además, cuando se vaya a ingresar a la cabina de la maquinaria se deberá tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las cerraduras de las puertas deberán funcionar bien y las puertas deberán abrirse de adentro hacia afuera.
- La suspensión del asiento deberá operar de forma apropiada.
- Deberán haber cinturones de seguridad.
- El campo de visión no deberá estar obstruido.
- De ser necesario se tendrán rótulos o pancartas debidamente exhibidas, así como también una tabla de capacidad de carga.
- En caso de máquinas bidireccionales tales como rodillos, compactadoras, cargadoras y tractores, estos deberán estar equipados con bocinas audibles, cuyo sonido se distinga del resto del ruido de la construcción.

- Posteriormente al arrancar, se verificarán que todos los medidores y luces de advertencia muestren lecturas normales y se operaran todos los controles para cerciorarse que funcionen adecuadamente.

Otro aspecto que se tomará en cuenta es el correcto montaje y desmontaje al equipo, dicho de otra manera, subirse y bajarse correctamente del equipo, para lo cual se deberá:

- Utilizar los sostenes de mano, encarar la escalera o peldaños y mantener tres puntos de contacto (dos pies y una mano, o un pie y dos manos) todo el tiempo.
- Usar siempre las superficies antideslizantes para trepar o pararse.
- No saltar desde o hacia las escaleras, peldaños o pasillos.
- Como regla general, siempre se deberá estar consciente de lo que está pasando alrededor y saber dónde están los otros trabajadores durante todo el tiempo que se esté trabajando.
- No será permitido que se lleve pasajeros en el equipo que está en uso a no ser que se haya autorizado y que exista un asiento específicamente para ello.
- Solo podrá operar el equipo personal calificado y con experiencia.

Figura 56. **Movimiento de tierras**



Fuente: tesis: Metodología para le ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios. Luis Roberto Mozcoso Barrios, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 56.

### **3.2.2.3.3. Trabajos con armaduras de acero en general**

Este análisis es aplicable únicamente a la manipulación de las barras de acero o *nails* que van introducidas en las perforaciones del suelo, así como también se aplica al trabajo con el alambre de amarre, los pines que van insertados en el suelo y, sobre los cuales se fija o sujeta la electro malla metálica antes de dar el acabado de la aplicación del lanzado de concreto a presión. De dichos procedimientos que involucran el trabajo y manipulación de metal se deben tomar en cuenta los siguientes riesgos y sus respectivas prevenciones:

- Mantener el orden y la limpieza en el lugar, para evitar tropezones y caídas.

- Utilizar la ropa adecuada, así como también el equipo de protección personal como guantes especiales para la manipulación de metal y objetos con filo, casco, lentes y caretas sí fuese necesario.
- Si se encuentra en alturas considerables se deberá utilizar el arnés correspondiente para prevenir a toda costa las caídas a gran altura.
- Se deberá revisar el equipo y herramientas tales como pinzas, cierras, desatornilladores, martillos y demás, también se deberá corroborar que se encuentran en óptimas condiciones.
- Al momento de cargar e introducir las barras de acero en sus respectivas perforaciones, se deberá utilizar cinturón especial para brindar soporte en la espalda baja del individuo.
- Deberá asegurarse que no haya cables u otra posible fuente de electricidad cercana al elemento metálico para prevención de electrocuciones.
- Si en dado caso se tuviera que hacer uso de equipo para soldadura se deberá implementar las medidas preventivas analizadas en la sección de equipo para soldar.

Figura 57. **Colocación de pantallas de electromalla**



Fuente: RONDON, Carlos. Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. p. 76.

#### **3.2.2.3.4. Manipulación de concreto con bomba**

Esta es la última fase del procedimiento para la estabilización de taludes con *soil nailing*, las medidas de prevención deben mantenerse siempre al máximo para así evitar accidentes. La aplicación del lanzado de concreto involucra la utilización de una bomba la cual es un instrumento que trabaja a grandes presiones, esto, junto con el hecho de que el concreto es un material que puede considerarse tóxico si la exposición al mismo no es la adecuada o no se toman las medidas adecuadas, hacen que esta tarea sea considerada de alto riesgo. Las medidas a considerar cuando se realice este tipo de actividad son las siguientes:

- Contar con el equipo de protección personal adecuado el cual, en este caso, está conformado por casco, gafas, guantes, mascarilla, camisa de

mangas largas, tapones de oídos (si el compresor de aire causara mucho ruido al lanzar el concreto) y botas con puntera de acero.

- Se deberá buscar la posición adecuada del cuerpo, esto es con las rodillas semiflexionadas, con el objetivo de mantener el centro de masa del cuerpo cercano al suelo y así prevenir que la presión del compresor pueda hacer que el empleado que sostiene la manguera sea aventado y vuele por los aires.
- Se deberá garantizar que por lo menos dos personas sostienen al mismo tiempo la manguera de propulsión, una guiando la dirección del lanzado y la otra ocasionando contrapeso para controlar de manera más adecuada la manguera.
- Antes de iniciar labores con el compresor y su respectiva manguera, se deberá corroborar que todas las piezas estén en perfecto estado y correctamente ensambladas.

Figura 58. **Aplicación de concreto con bomba**



Fuente: tesis: Metodología para le ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios. Luis Roberto Mozcoso Barrios, Universidad de San Carlos de Guatemala. p.27.

#### **3.2.2.4. Higiene**

Este tema trata de la limpieza de las personas, ambientes y objetos con la finalidad de conservar la salud, mejorarla y evitar enfermedades o infecciones. Bajo la rama de la seguridad industrial la higiene toma importancia ya que esta es la base en la prevención de accidentes causados por el desorden y falta de limpieza. En los procedimientos que implica el método constructivo de *soil nailing* se puede ver aplicada la higiene en los siguientes puntos de análisis:

- El equipo de protección personal debe estar adecuadamente limpio, sobre todo los anteojos y caretas con el fin de evitar bloqueos de visibilidad.
- Las herramientas, cables y equipo en general deben estar en orden para evitar tropiezos y caídas.
- Las herramientas hidráulicas, al igual que los equipos, maquinaria pesada y transportes, deben estar en perfecto mantenimiento para evitar a toda costa los derrames de líquidos tanto grasos como inflamables. Con esto se reduce el riesgo de caídas, resbalones y accidentes de incendios.
- Al momento de realizar las perforaciones de los *nails*, se debe tener un control cuidadoso del material residual del suelo que está siendo perforado para prevenir tropiezos con las dunas que se puedan formar y sean causa de caídas.
- Cuando se realiza la colocación de la electromalla, debe tenerse especial cuidado con los pedazos restantes de alambre de amarre, ya que estos suelen volar por el aire cuando el alambre es apretado y cortado para fijar la malla metálica a los pines sujetadores que se encuentran clavados al suelo que se busca estabilizar.
- La colocación de concreto toma realce en la higiene ya que, por el tipo de procedimiento que es, conlleva salpicaduras y derrames de concreto por los alrededores a causa de la presión ejercida el concreto para llegar a todas las partes de la superficie que se desea cubrir. Este concreto, si no es limpiado con la rapidez debida, tiende a endurecerse con alta

velocidad y el riesgo de accidentes se elevaría por llegar a ser causa de tropiezos y caídas.

## 4. COMPARACIÓN DE MÉTODOS

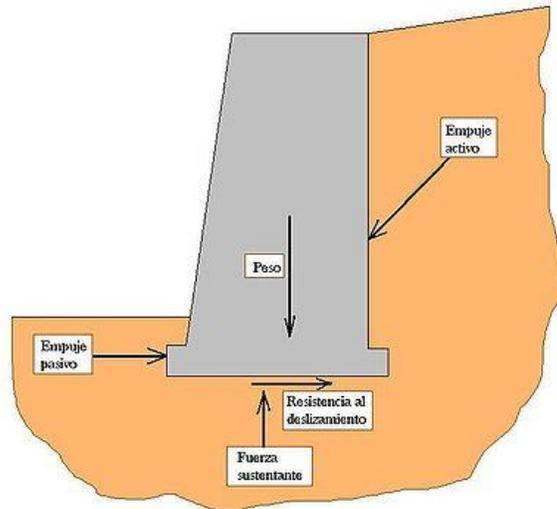
La estabilización de taludes puede ser realizada por medio de distintos métodos alternativos, lo cual dependerá de las características que la estructura deba cumplir, de la topografía del terreno y dependerá del presupuesto que se tenga disponible para la realización del proyecto. Dentro de los métodos usados para brindar estabilidad a los taludes, a parte *del soil nailing*, existen los que se detallan a continuación.

### 4.1. Muros de contención

Reciben este nombre debido a que su función es contener y soportar una masa determinada de material o suelo, que de no ser por esta estructura, sufriría un desplazamiento o derrumbe. La forma de trabajo básica de un muro de contención regular consiste en que sus dimensiones conforman un volumen adecuado de peso muerto que brinda resistencia al movimiento del suelo. La fuerza motriz de este sistema es la gravedad, ya que la atracción de la tierra y el muro de contención es la que proporciona el equilibrio. Debido a lo anterior este tipo de muro también recibe el nombre de muro de gravedad.

La manera en que está conformado este sistema de estabilización es básicamente un bloque grande de concreto que puede o no llevar refuerzos de acero interno.

Figura 59. **Muro de contención**



Fuente: BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.332.

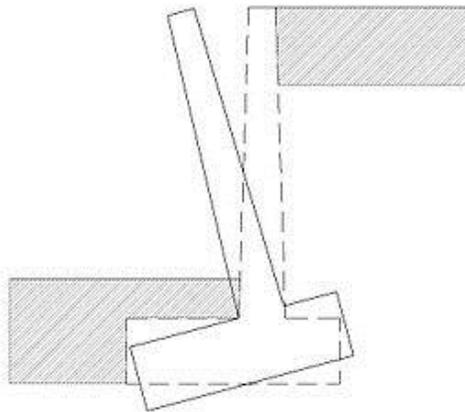
Regularmente tienen la forma de un trapecio y, en algunos casos dependiendo de la carga que deba soportar, posee una saliente o grada en la parte inferior denominada diente la cual le proporciona aún más resistencia al deslizamiento.

Cuando se diseña este tipo de estructura deben realizarse, por lo menos, tres tipos de chequeo los cuales son:

- **Deslizamiento:** esta revisión implica una serie de cálculos, que determinan si la estructura de estabilización sufrirá un desplazamiento horizontal respecto a su posición inicial, esto debido a la carga ejercida por la masa de suelo que está soportando el muro. Esta característica depende más que todo de las fuerzas de presión que el suelo ejerza

sobre el muro, la cohesión del suelo y la fricción que exista entre el material y la estructura.

Figura 60. **Falla de contravolteo**



Fuente: BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.342.

- Capacidad soporte del suelo: se refiere directamente al análisis del suelo en donde se cimentará la estructura, esto con el objetivo de determinar si no habrá un aplastamiento del material ubicado meramente bajo el muro de estabilización. Este análisis dependerá del peso que la construcción del elemento conlleve y de la resistencia vertical que posea el suelo, que a su vez es determinada por la compactación y la consolidación del mismo. Para este tipo de análisis es indispensable que se haga por lo menos uno de los siguientes estudios de suelos para determinar el valor soporte máximo que dicho suelo resiste:
  - CBR: estudio que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad controlados.

Figura 61. **Ensayo CBR**



Fuente: BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.76.

- TRIAXIAL: determina la presión máxima que se puede aplicar al suelo sin que sufra asentamientos significativos que dañe la o las estructuras que se construirán sobre de él. Este estudio también requiere la magnitud de la cohesión entre las partículas del material por lo que esta prueba no se realiza en arenas ya que su coeficiente de cohesión es nulo.

Figura 62. **Ensayo triaxial**



Fuente: <http://www.dit.upv.es/index.php/es/laboratorios/informacion>.

Consulta: 17 de diciembre 2013.

- **SONDEO DINÁMICO:** ensayo realizado *in situ* para determinar la capacidad soporte del suelo por medio del conteo de golpes necesarios para que un tubo en forma cilíndrica penetre el suelo bajo estudio.

Figura 63. **Ensayo sondeo dinámico**

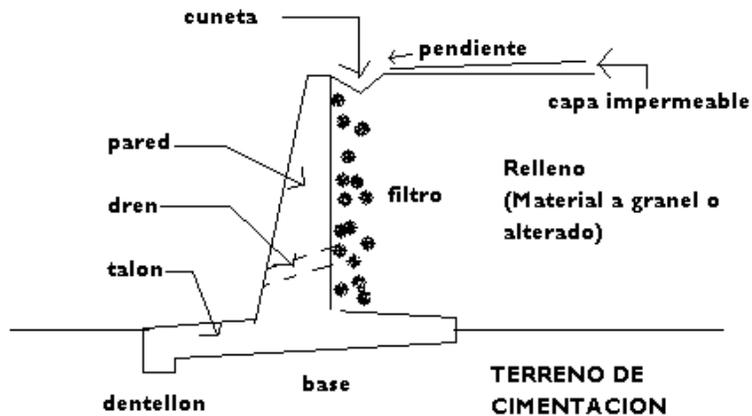


Fuente: BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.80.

#### **4.2. Muros en voladizo**

Este tipo de muro es parecido a los muros de contención con la diferencia de que este, como su nombre lo indica, trabaja como un elemento en voladizo. Por esta razón este tipo de estructura siempre debe llevar refuerzo de acero en la parte interna, el cual le proporciona resistencia a la tensión en la parte de la base. Al igual que el muro de contención, este está hecho de concreto y también puede o no poseer un diente para brindarle mayor resistencia contra el deslizamiento. Para el diseño adecuado de este elemento deben hacerse los mismos chequeos que en caso anterior.

Figura 64. **Muro en voladizo**



Fuente: BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.32.

### 4.3. **Gaviones**

Son estructuras conformadas por cubos cuadrados o rectangulares hechos de malla metálica, galvanizada y cuyo interior está lleno generalmente de roca caliza, granito, cuarcita o productos procedentes de demoliciones como ladrillo u hormigón, lo cual le proporciona una elevada densidad y peso dándole gran resistencia de contención de los suelos.

En Guatemala lo más utilizado para este relleno es la piedra bola ya que es de fácil obtención por su abundancia y economía. Este tipo de estructura regularmente tiene las dimensiones de un metro cúbico y siempre se van colocando los bloques de piedra en forma escalonada a manera de que el sistema forme cierto ángulo de inclinación respecto a la línea horizontal con el

objetivo de aumentar la fricción con el suelo, además su peso siempre debe ser mayor al empuje del suelo.

Figura 65. **Muro de contención con gaviones**



Fuente: <http://nslzr.blogspot.com/>. Consulta: 22 de agosto de 2013.

Una de las características principales de este tipo de estabilización es que, por tener las piedras formas irregulares, existe mucho espacio libre entre ellas, lo que permite el libre paso de los fluidos a través de la estructura ocasionando que no exista presión intersticial de los líquidos, por lo que este método resulta ser sumamente útil en los lugares en donde el contenido de agua es muy alto como lo son áreas aledañas a mares, ríos o incluso adentro de estos accidentes geográficos. Así mismo, dentro de las ventajas significativas que presenta este tipo de estabilización están:

- No requieren la construcción de cimentaciones
- Fácil adaptación al terreno
- El diseño es relativamente fácil y sencillo

- Rápida construcción
- No requiere mano de obra especializada
- Su fundamento de trabajo es la gravedad
- Es capaz de flexionarse y soporta ciertos asentamientos sin fracturarse
- Larga durabilidad

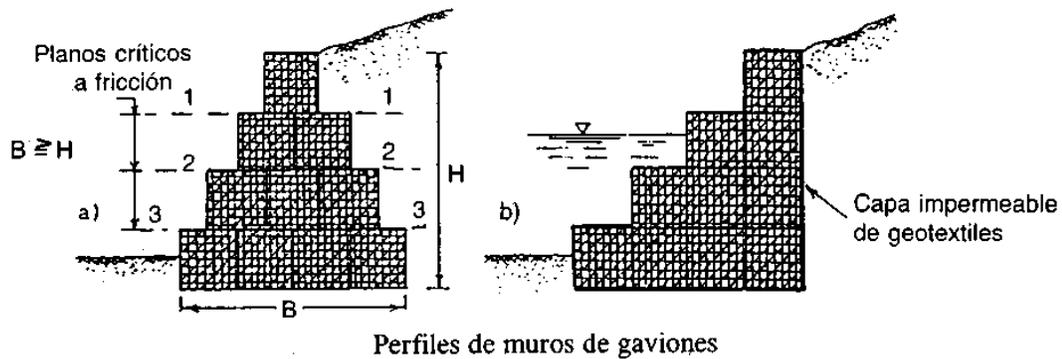
Este método es relativamente barato ya que no necesita uso de aglomerantes como es el caso del cemento, pero sí requiere mayor mano de obra ya que las rocas deben colocarse de forma manual dentro de las jaulas de malla lo que a su vez también toma un poco más de tiempo. Para el diseño de este tipo de estructura debe considerarse también el coeficiente de fricción que el suelo posee y el ángulo de inclinación del talud a estabilizar. Las dos formas más comunes de acomodar los cubos de malla se representan en la ilustración próxima, en algunos casos también se hace uso de geotextil en uno de los lados de la estructura con la finalidad de que este material atraiga el agua y de esta forma facilite el dragado de la misma.

Dentro de las desventajas que presenta el uso de gaviones se encuentran las siguientes:

- Las mallas de acero tienden a sufrir corrosión en ambientes cuyas concentraciones de acidez son altas.
- Aumento de costos cuando el material que se debe colocar dentro de las jaulas de malla no se encuentra cercano a la zona de trabajo sino que se debe movilizar de otro lugar.

- No es recomendable para taludes de grandes alturas ya que el espesor de la basa aumenta en forma proporcional a la altura por lo que podría llegar a ser más costoso que un método convencional de estabilización.

Figura 66. Perfil de gaviones



Fuente: <http://helid.digicollection.org/en/d/Jh0206s/4.5.html>. Consulta: 23 de mayo de 2013.

#### 4.4. Vegetación

Este método, también conocido como bioingeniería, consiste en sembrar determinado cultivo, cuyas características de la raíz permitan que la misma entreteja una red natural que proporcione amarre y estabilidad al suelo donde está sembrado. Este método es muy práctico y económico ya que solamente requiere la plantación de dicha vegetación. Las raíces, de forma natural, mantienen los niveles de humedad adecuados de tal manera que las partículas del suelo tengan la adherencia necesaria para evitar la erosión de la tierra y el desplazamiento de la misma.

Cabe mencionar que este tipo de estabilización de taludes es exclusivamente para terrenos naturales y cuyo riesgo de derrumbe o

corrimiento sea bajo. Las montañas y montes al natural son un claro ejemplo de este tipo de metodología ya que los árboles, arbustos, plantas y llano, mantiene la fijación del suelo.

Figura 67. **Estabilización con vegetación**



Fuente: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=352921>.

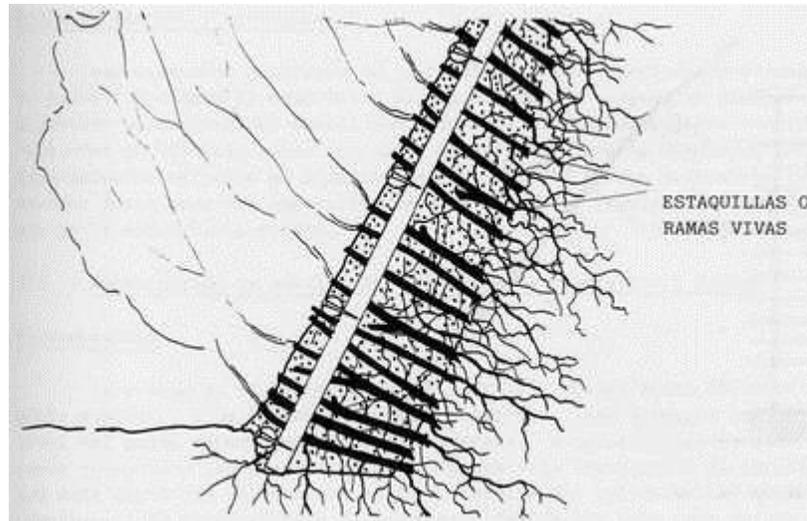
Consulta: 23 de mayo de 2013.

Dentro de las principales características de que este sistema brinda al suelo se tienen:

- **Interceptación:** el follaje y los residuos de las plantas absorben la energía de la lluvia y previenen la compactación del suelo por el impacto de sus gotas directamente sobre la superficie.
- **Retardación:** sobre la superficie, los residuos incrementan su aspereza, aumentando el coeficiente de rugosidad del terreno y disminuye la velocidad de esorrentía.

- **Retención:** el sistema de raíces amarra o retiene las partículas del suelo, además, las partes aéreas funcionan como trampas de sedimentos.
- **Infiltración:** las raíces y los residuos de las plantas ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo.
- **Transpiración:** el agotamiento de la humedad del suelo por las plantas retrasa la saturación y con ello la aparición de escorrentía superficial.

Figura 68. **Raíces en la estabilización**



Fuente: <https://documentación.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019670/Paginas/62.htm>.  
 Consulta: 2 de junio de 2013.

Como se puede apreciar en la figura, la forma en que trabajan las raíces principales es similar a la función que ejercen los clavos conformados por las barras de hierro usados en la estabilización con *soil nailing*. Cabe mencionar también los tres principales métodos de utilización de esta técnica, dentro de los cuales se tienen:

- Técnicas de recubrimiento: cuya función es evitar a toda costa la erosión superficial del terreno, como ejemplo de estas técnicas se encuentran las hidro siembras de especies herbáceas, leñosas, así como el uso de mantas y redes orgánicas también conocidas como geo textiles.
- Técnicas de estabilización: permiten estabilizar el terreno hasta dos metros de profundidad y se basa en la distribución de plantas leñosas colocadas en filas horizontales.
- Técnicas mixtas: conjugan la utilización de elementos vegetales vivos con materiales inertes tales como madera, acero galvanizado, hormigón y piedra.

En general este tipo de estabilización de taludes resulta ser bastante económico ya que no debe invertirse tanto dinero ni mano de obra calificada, pero es recomendado solamente en terrenos cuyas inclinaciones no sean muy elevadas y en donde se busque evitar deslizamientos y desprendimientos muy superficiales del suelo. Dentro de los tipos de cultivos más utilizados en nuestro país se encuentran el falso maní, la uña de gato y la tradicional grama, dichas plantas también comparten una característica menos importante y es que las tres son plantas ornamentales por lo que también hacen agradable a la vista los suelos que estabilizan.

Figura 69. **Falso maní**



Fuente: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=352921>.

Consulta: 9 de mayo de 2013.



## 5. RESULTADOS ESPERADOS

A continuación se analizan los distintos resultados que se obtienen al utilizar la técnica de *soil nailing* para estabilizar taludes, se toman en cuenta las características de los suelos y condiciones generales de Guatemala para que conlleve un enfoque más objetivos en la aplicación de esta metodología a nuestro país.

Debe tomarse en cuenta también que el siguiente análisis se aplica exclusivamente a taludes cuya área de construcción requerida sea igual o mayor a cien metros cuadrados (10 metros por 10 metros).

### 5.1. Reducción de recursos

Dada la avanzada metodología en los procedimientos de análisis y diseño estructural que conlleva el *soil nailing*, este mismo proporciona muchas ventajas sobre los otros métodos de estabilización, siendo los de mayor relevancia los que se detallan a continuación.

#### 5.1.1. Recurso humano

Entiéndase recurso humano como la mano de obra que se requiere para llevar a cabo una actividad específica, bajo esta aclaración cabe mencionar que el procedimiento de estabilización con *soil nailing* posee una disyuntiva sobre la reducción de recurso humano que conlleva, esto es debido a que, en forma general, requiere menos cantidad de personas para que realicen las diferentes actividades. Estas personas deben poseer un alto nivel de conocimiento

respecto al método constructivo, así como experiencia en el mismo. Dicho en otras palabras es necesario que la mano de obra sea calificada, lo cual afecta indirectamente la reducción de recursos económicos puesto que esta clase de mano de obra es cara.

Debe tenerse especial cuidado en la evaluación del personal que realiza esta clase de trabajo ya que las actividades que implica, como colocación de hierro a grandes alturas y lanzamiento de concreto a presión, representan altos riesgos para la salud y vida de los trabajadores. Por esta razón se recomienda que los trabajadores sean diestros en llevar a cabo dichas labores y tomen en cuenta las normas OSHA de seguridad.

Así mismo, cuando el tipo de construcción lo amerite, el movimiento de tierras con maquinaria pesada es también de impacto en el presupuesto del recurso humano, ya que es difícil conseguir obreros que sepan manejar, en forma certificada, este tipo de maquinaria lo cual también aumenta los gastos en mano de obra. Desde un enfoque cuantitativo del número de personas, sí es tangible una disminución significativa de recursos la cual se puede representar de una manera más sencilla con una relación de 3:2, tomando en cuenta la primera cifra de trabajadores para métodos convencionales de estabilización y la segunda cifra para el *soil nailing*.

Otro punto a favor del método bajo estudio es el hecho de que la cantidad de tiempo estimada para la construcción de una estructura convencional se disminuye notablemente si se utiliza el suelo enclavado, por lo que hay reducción en la relación del número de días de trabajo en comparación a los métodos convencionales.

Lo anterior es factible sí y solo sí no se presentan situaciones fuera de lo normal, como por ejemplo la delimitación de horario en el que se puede realizar labores con transporte pesado en el sector, lo cual es estipulado por las municipalidades; así mismo en algunos lugares los vecinos establecen los horarios en que se puede hacer uso de las máquinas que producen contaminación auditiva como los taladros usados para perforar el suelo y la bombas para lanzar el concreto. Estos factores podrían afectar considerablemente el tiempo de finalización de la obra.

### **5.1.2. Materiales**

Dentro del rubro de materiales se toma en cuenta también la maquinaria y equipo necesarios para la realización de este tipo de procedimientos.

La cantidad de materiales de construcción es probablemente la de mayor relevancia en este análisis, dado que la estabilización de taludes con *soil nailing* brinda un descenso del consumo de uno de los materiales básicos: concreto. Esto se debe a que en los sistemas convencionales se trabaja con volúmenes (metros cúbicos de concreto) altos para brindar el soporte necesario al suelo, mientras que con el suelo enclavado se requiere solo una capa de poco espesor que recubra el área requerida, dado que el acero colocado en forma transversal al terreno es el que brinda el soporte al suelo.

Por otra parte se tiene que la cantidad de acero utilizada entre un sistema convencional y el *soil nailing* no presente cambios relevantes ya que el uso del hierro es longitudinal o transversal al talud respectivamente.

En el aspecto de la maquinaria no convencional con la que se debe contar para realizar este tipo de construcción encontramos el taladro usado para las

perforaciones en el suelo y la bomba para lanzar concreto, dichas máquinas implican alquiler por hora elevado, pero esto se ve compensado por la cantidad de metros cuadrados que se abarcará con la construcción. El llenado de las perforaciones se hace por gravedad.

### **5.1.3. Financieros**

La reducción del recurso financiero se visualiza luego del planteamiento de reducción de los otros recursos ya que una disminución en los mismos es paralela a la disminución del gasto económico total que se va a realizar en la construcción del elemento estructural.

Los factores antes analizados sobre la reducción de recursos utilizando la técnica de estabilización con *soil nailing* se pueden resumir de la siguiente manera:

- Recurso humano: 33,33 por ciento
- Materiales: 40 por ciento

Lo que brinda una idea más clara del ahorro general que se puede dar la utilización de este método constructivo, cabe hacer el recordatorio que esto es factible exclusivamente en obras de gran magnitud. Aunado a esto deben considerarse también la calidad y la durabilidad que dicho sistema de estabilización brinda.

## 5.2. Calidad

La calidad que puede ser proporcionada al hacer uso de la técnica constructiva del suelo enclavado o *soil nailing*, tanto a corto, mediano y largo plazo, es determinada por varios factores los cuales se presentan y describen a continuación:

- Dado que los suelos en general son pésimos elementos a la hora de trabajar a tensión ya que esta es totalmente nula, es de sumo interés la propiedad de resistencia a esfuerzos de tensión que las barras de hierro o *nails* proporcionan al talud, brindándole una característica apropiada para la resistencia a los derrumbes y fallas del terreno.
- La capa de concreto que es lanzada junto con refuerzo longitudinal brindado por la electromalla, proporcionan al conjunto en sí mucha flexibilidad haciendo que se adapte a cualquier forma que el terreno posea, sin importar que tan irregular sea este, esto al mismo tiempo también permite crear un suelo perimetral con capacidad de soportar mayores movimientos diferenciales del terreno en todas direcciones.
- Debido al alto número de inclusiones y que estas se encuentran conectadas por medio de varillas de refuerzo transversales, la falla de alguna de estas inclusiones no es de relevancia ni tiene repercusiones considerables ya que no afecta la estabilidad del sistema, esto en comparación con los anclajes convencionales ya que estos últimos actúan en bloque.

- Las deformaciones superficiales pueden ser controladas por medio de la instalación de *nails* adicionales o esforzando los de niveles superiores a un bajo porcentaje de sus cargas de trabajo.

### **5.3. Durabilidad**

La durabilidad de una estructura civil se puede definir como la capacidad de soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada dicha estructura, las condiciones físicas, químicas e incluso biológicas a las que estará expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

La durabilidad está determinada y depende de varios factores dentro de los cuales están la supervisión de la calidad de los materiales utilizados a lo largo del proyecto, la correcta inspección y ejecución de las especificaciones de construcción y por último el uso que se le dé a la estructura.

- Calidad de los materiales: es muy importante que absolutamente todos los elementos o materiales utilizados en la construcción del *soil nailing* cumplan con las especificaciones y normas mencionadas en el capítulo II de este documento, en donde se describe las características que debe poseer cada uno de los elementos. El no cumplimiento de estas normas de estándares de calidad de los materiales se verá reflejado en la durabilidad que tendrá la estructura ya que no desempeñará su función como el diseño lo estableció, por lo que una estricta supervisión y control de calidad es indispensable para obtener los resultados esperados. Dentro de este tema cabe mencionar la importancia de los valores morales que las autoridades responsables de obras civiles deben poseer

ya que la corrupción es un factor determinante en el nivel de la calidad de los materiales usados en proyectos.

- Correcta ejecución: esta tiene su inicio en la adecuada interpretación de los planos, que previamente fueron diseñados por especialistas, seguida por la constante y correcta supervisión en obra de los procedimientos constructivos que el *soil nailing* conlleva. Este es posiblemente el factor más importante, ya que si se cuenta con materiales de calidad pero no se siguen los correctos lineamientos de construcción, es probable que la estructura falle en un tiempo más corto que el estimado, si no es que se presentan problemas durante la construcción misma.
- Uso de la estructura: por último, pero no menos importante, está el adecuado uso que se le brinde al muro de *soil nailing*. Dado que esta estructura es puramente con propósitos de contención y estabilización de tierras, solo se debe considerar que las cargas a las cuales se someterá la estructura no excedan la capacidad de diseño para la cual fue creado el muro enclavado.

Aquí también cabe mencionar el mantenimiento que requiere la estructura de *soil nailing*, lo cual es también otra ventaja, dado que no requiere mayor inversión en mantenimiento de obra únicamente monitorear el desgaste de los elementos superficiales y que no exista desplazamiento de masas.



## CONCLUSIONES

1. Las normas OSHA proporcionan lineamientos adecuados para velar por la seguridad industrial en todo tipo de actividad laboral, por lo que son óptimas en la aplicación a metodologías constructivas de alto riesgo tal como la estabilización de taludes por medio del método *soil nailing*.
2. El *soil nailing* es una técnica vanguardista que brinda estabilidad a taludes tanto normales como también suelos difíciles. El proceso consiste en colocar refuerzos de barras de hierro que van insertadas en el talud, brindándole resistencia a la tensión y posteriormente se recubren con una capa de electromalla y concreto.
3. El anterior trabajo demostró las actividades cotidianas de la construcción a las cuales se debe aplicar la seguridad industrial y que, a pesar de ser oficios sencillos, no dejan de tener riesgo para las personas que las realizan, por lo que es importante prestar especial atención a las especificaciones de las normas para aplicarlas correctamente.
4. El método de *soil nailing* resalta de los otros métodos convencionales por el hecho que brinda mayor resistencia y alarga la vida útil de la estructura en suelos tales como los rocosos, que poseen mucha dureza, y los suelos arenosos, cuya cohesión entre partículas es muy baja.
5. La aplicación de *soil nailing* en proyectos de estabilización de taludes cuya área sea igual o mayor a cien metros cuadrados brinda una

reducción de recursos, por lo que resulta ser más económico que los métodos tradicionales para la estabilización.

## RECOMENDACIONES

1. Dado el alto índice de accidentes que tiene lugar en el área de la construcción es importante que las personas involucradas empiecen a dar la importancia que amerita el tema de la seguridad industrial en Guatemala.
2. En cualquier construcción de obra civil es necesario que exista supervisión específica de seguridad industrial que vele por el estricto cumplimiento de las normas y reglas que los responsables de dicha obra hallan determinado previamente.
3. Antes de iniciar labores en cualquier obra, se recomienda impartir una charla de capacitación al personal involucrado a manera de retroalimentación positiva.
4. Tomar un curso particular de primeros auxilios puede ser de gran ayuda, no solo en el diario vivir sino también en el ámbito laboral, ya que al momento de que algún percance ocurra se puede intervenir mientras la ayuda profesional arriba al lugar de los hechos.
5. El método de *soil nailing* presenta muchas ventajas sobre los demás métodos de estabilización de taludes, por lo que se recomienda considerar la aplicación de esta técnica al momento de realizar proyectos que requieran estabilización de taludes cuya área sea igual o mayor a cien metro cuadrados, no así en proyectos de menos magnitud.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BRAJA M., Das. *Principio de ingeniería de cimentaciones*. 5a ed. México: EDAMSA, 2006. 737 p.
2. DE LA PEÑA, Luis Ignacio. *El pequeño Larousse ilustrado 2010*. 16a ed. México: Editoriales Larousse, 2010. 1824 p.
3. INFO JARDÍN. Estabilización natural de taludes [en línea]. <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=352921>  
[Consulta: mayo de 2013]
4. J. J. KELLER & Associates, Inc. *Manual de entrenamiento de seguridad de OSHA*. Estados Unidos 2011. 253 p.
5. \_\_\_\_\_. *Manual de seguridad en la construcción*. Estados Unidos 2011. 331 p.
6. MARRERO, Levi. *La tierra y sus recursos*. 20a ed. Venezuela: Publicaciones Cultural, 1976. 395 p.
7. MOSCOZO BARRIOS, Luis Roberto. *Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios*. Trabajo de graduación Ing. Civil Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2011. 150 p.

8. NARRO BAÑARES, Daniel. *Manual de seguridad y salud para el montaje de estructuras metálicas de naves industriales*. Instituto navarro de salud laboral. España 2010. 30 p.
9. ORTUÑO ABAD, Luis. *Claveteado del terreno*. España: ETSICCP, 2010. 79 p.
10. PANTOJA PRERA, José Julio. *Protección de taludes utilizando el método de soil nailing*. Trabajo de graduación Ing. Civil Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 111 p.
11. \_\_\_\_\_. *Perfil diagnóstico nacional sobre condiciones de trabajo, salud y seguridad ocupacional Guatemala 2007*. Guatemala: CONASSO. 2007. 161 p.
12. PILOTECMAR. Galería de fotos [en línea].[http:// www.pilotecmar. com / servicios/estabilización/soilnailing/tn\\_im](http://www.pilotecmar.com/servicios/estabilización/soilnailing/tn_im) [Consulta: enero de 2013]
13. RODIO SWISS-BORING. Proyectos realizados [en línea]. [http:// rodio-swissboring.com / proyectos-realizados /](http://rodio-swissboring.com/proyectos-realizados/) [Consulta: julio de 2013].
14. RONDON, Carlos. *Manual de armaduras de refuerzo para hormigón*. Chile: M y M servicios gráficos, 2005. 290 p.

15. SAUCEDO MENDOZA, Miriam Julieta. *Higiene y seguridad industrial en medianas empresas*. Trabajo de graduación de Admon. de empresas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 2005. 92 p.
  
16. TUOZZOLO, Thomas J. *Soil nailing: when, where and why a practical guide*. Estados Unidos: Moretrench 2003. 27 p.



