

MODIFICACIÓN SUELOS

CLAUDIA MARICELA GÓMEZ MUÑETÓN

DSc. en Geotecnia

SUELO

- ✓ Considerado material de construcción por excelencia
- ✓ Definición depende da área de conocimiento
- ✓ Gran importancia en la ingeniería civil



FUENTE: GOOGLE, 2019)

FUENTE: GOOGLE, 2019)

SUELO

- ✓ Cualquier reunión de partículas minerales sueltas o débilmente unidas (cementadas), formada por la descomposición de rocas como parte de su ciclo (KNAPPETT & CRAIG, 2018)
- ✓ Agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas, con líquido y gas llenando los espacios vacíos existentes entre esas partículas sólidas (BRAJA, 2014)
- ✓ Materiales que resultan del intemperismo o meteorización de las rocas, por desintegración mecánica o descomposición química (CAPUTO, 2016)



FUENTE: GOOGLE, 2019)



FUENTE: GOOGLE, 2019)



MODIFICACIÓN DE SUELOS

Variar las
características para
fines específicos



PROPIEDADES
INGENIERILES

- ➡ FÍSICAS
- ➡ MECÁNICAS
- ➡ HIDRÁULICAS
- ➡ QUÍMICAS
- ➡ PRODUCCIÓN DE POLVO



ESTABILIZACIÓN DE SUELOS



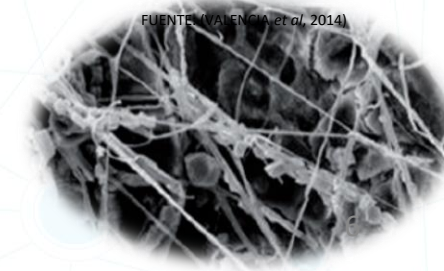
NECESIDAD DE ESTABILIZAR EL SUELO?



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



FUENTE: (VALENZUELA *et al.*, 2014)



Que es necesario para modificar el suelo?

- ✓ Conocer as propiedades del suelo
- ✓ Características que el suelo necesita tener
- ✓ Conocer las características de las posibles soluciones
- ✓ Composición química y mineralógica
- ✓ Dosificación



OTRAS FINALIDADES

Desechos de otras
industrias



FUENTE: (METOGO, 2015)

Minimizar costos



Minimizar impactos
ambientales



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

FUENTE: (GOOGLE, 2019)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
E INGENIERÍA

OTRAS FINALIDADES

Suelos baja calidad



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

Materiales alternativos



FUENTE: (GOOGLE, 2015)

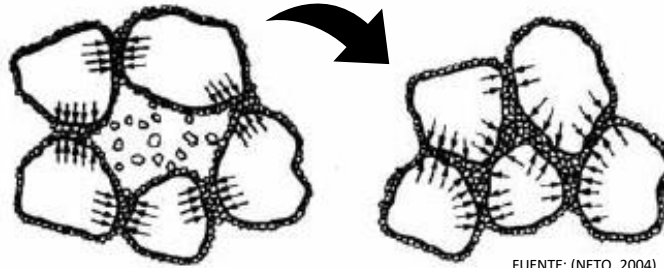
ALGUNOS USOS

SUELOS PROBLEMÁTICOS



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

SUELOS BLANDOS



FUENTE: (NETO, 2004)

SUELOS COLAPSIBLES



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

SUELOS EXPANSIVOS

ALGUNOS USOS

AEROPUERTOS



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

EROSIÓN



FUENTE: (VALENCIA, 2009)

CAPAS DE PAVIMENTOS



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

FUENTE: (VALENCIA, 2009)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**
FACULTAD DE
ARQUITECTURA
E INGENIERÍA
FUENTE: (GOOGLE, 2019)

ALGUNOS USOS

SUELOS CONTAMINADOS



RELLENOS DE ESCAVACIONES



PROTECCION DE TALUDES DE TERRAPLENES



TIPOS DE MODIFICACIÓN

- ✓ ESTABILIZACIÓN
- ✓ MEJORÍA
- ✓ REFUERZO



DIFFERENCIA ESTABILIZACIÓN- MODIFICACIÓN

ESTABILIZACIÓN

- ✓ Cantidad de aditivos mayor
- ✓ Normalmente reacción química con efecto de cementación fuerte

MODIFICACIÓN

- ✓ Cantidad de aditivos menor
- ✓ Reacción química que modifica las propiedades sin cementación profunda



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

- ✓ MECÁNICA
- ✓ GRANULOMÉTRICA
- ✓ QUÍMICA
- ✓ BIOLÓGICA
- ✓ FÍSICA - **REFUERZO**



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

MECÁNICA

- ✓ Compactación
- ✓ Vibración
- ✓ Complementar a los demás métodos
- ✓ Equipos

PRICIPALES EFECTOS:

- ✓ Densifica
- ✓ Mejora propiedades hidráulicas
- ✓ Estabilidad



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

GRANULOMÉTRICA

- ✓ Ajuste granulométrico
 - Adición de partículas
 - Retirada de partículas



FUENTE: (BARBOSA et al, 2018)



FUENTE: (NEVES et al, 2019)

PRINCIPALES EFECTOS:

- ✓ Atender granulometría de diseño
- ✓ Se complementa con compactación



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

- ✓ Incorporación de aditivos

EFFECTOS PRINCIPALES:

- ✓ Aumento de propiedades mecánicas
- ✓ Mejoría de propiedades físicas
- ✓ Cementación
- ✓ Impermeabiliza el suelo
- ✓ Evita formación de lodos
- ✓ Mejoría de propiedades hidráulicas
- ✓ Protege de erosión
- ✓ Control de expansión

ADITIVOS QUE
REAGEM
QUÍMICAMENTE



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

TIPOS DE REACCIONES QUE PUEDEN DARSE:

✓ Físicas:

- Variación de temperatura
- Hidratación
- Evaporación
- Adsorción
- Floculación

✓ Químicas:

- Troca catiónica
- Polimerización
- Oxidación
- Carbonatación
- Solución
- Precipitación



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

TIPOS DE ADITIVOS:

- ✓ Cal (más barato que cemento,
- ✓ Cemento (más antiguo)
- ✓ Cenizas
- ✓ Asfaltos
- ✓ Enzimas
- ✓ Sales
- ✓ Polímeros industriales
- ✓ Resinas
- ✓ Vidrio



FUENTE: (MELLO, 2017)



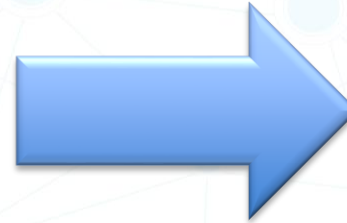
FUENTE: (GOOGLE, 2019)



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

- ✓ Tipo de aditivo → Tipo de obra
- ✓ Tipo de suelo
- ✓ Disponibilidad de materiales
- ✓ Tiempo
- ✓ Impacto a la comunidad



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

CAMIÓN ADITIVO LÍQUIDO



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

ADITIVO EN POLVO DISTRIBUIDO EN BULTOS



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

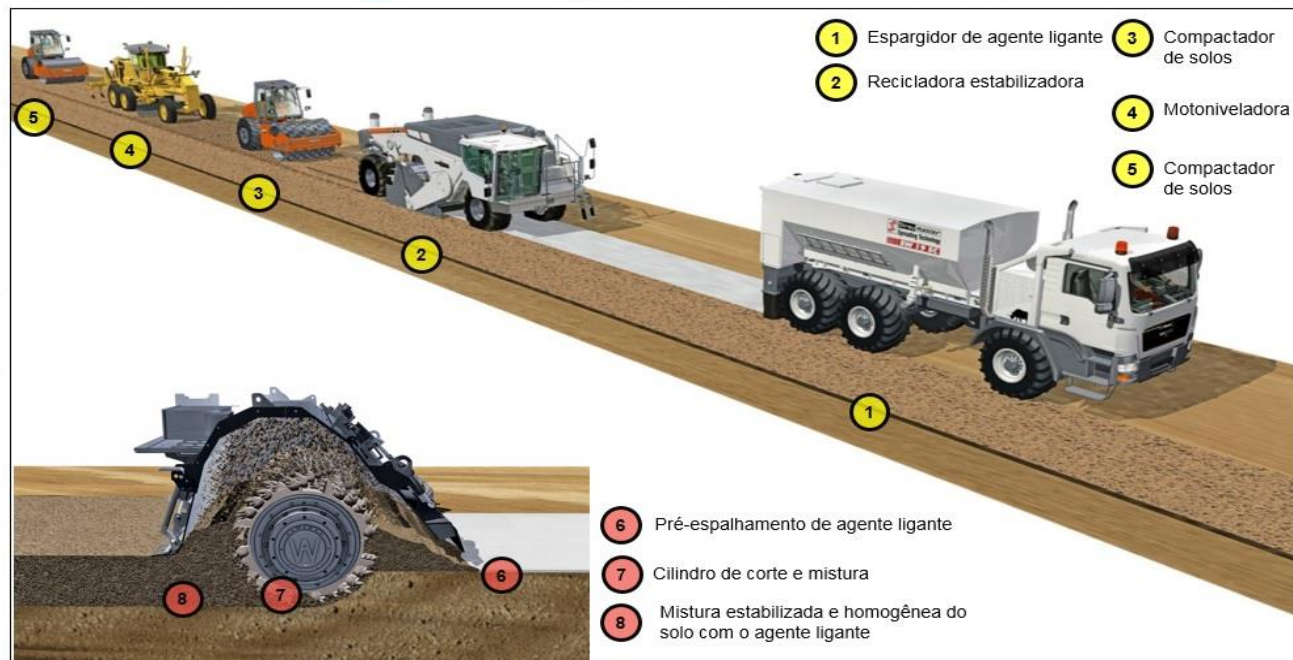
CAMIÓN ADITIVO EM POLVO



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

PROCESO DE EJECUCIÓN



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

PROCESO DE EJECUCIÓN



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

Estabilización de suelo cohesivo con cal



Estabilización de suelo granular con cemento



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

QUÍMICA

ALGUNOS EFECTOS ADVERSOS:

- ✓ Formación de fisuras en el suelo
- ✓ Incompatibilidad con el ambiente en algunos casos
- ✓ Parámetros de calidad deben ser más rigurosos
- ✓ A matriz puede ser discontinua
- ✓ Irreversible



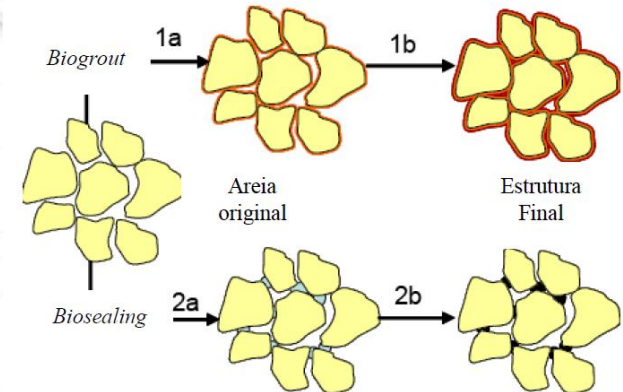
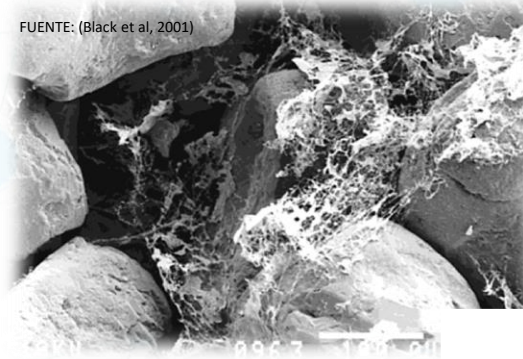
FUENTE: (GOOGLE, 2019)

TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

BIOLOGICA

- ✓ Biomineralización
- ✓ Biorremediación
- ✓ Biosellado

FUENTE: (Black et al, 2001)



FUENTE: ((Meurs et al.,2006))

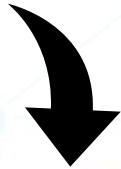


TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

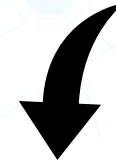
BIOLÓGICA



ADICIONA
BACTERIAS



ADICIONA
MEDIO
NUTRITIVO



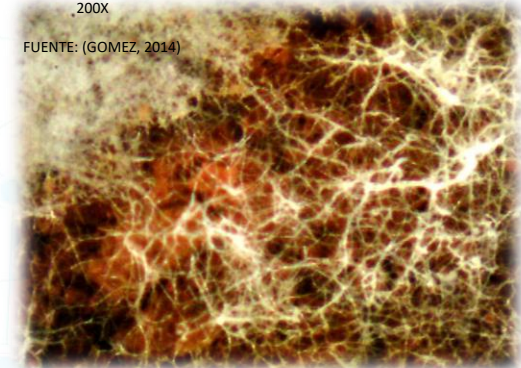
TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

BIOLÓGICA



FUENTE: (GOMEZ, 2014)

PRECIPITACIÓN IN-VITRO

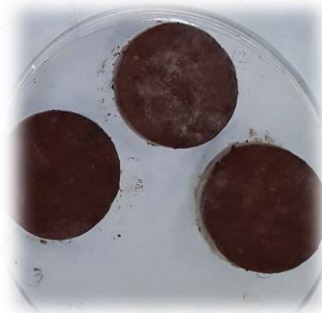
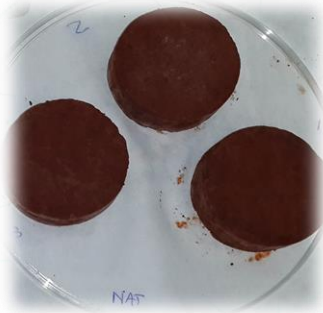


FUENTE: (GOMEZ, 2014)

PRECIPITACIÓN EN SUELO

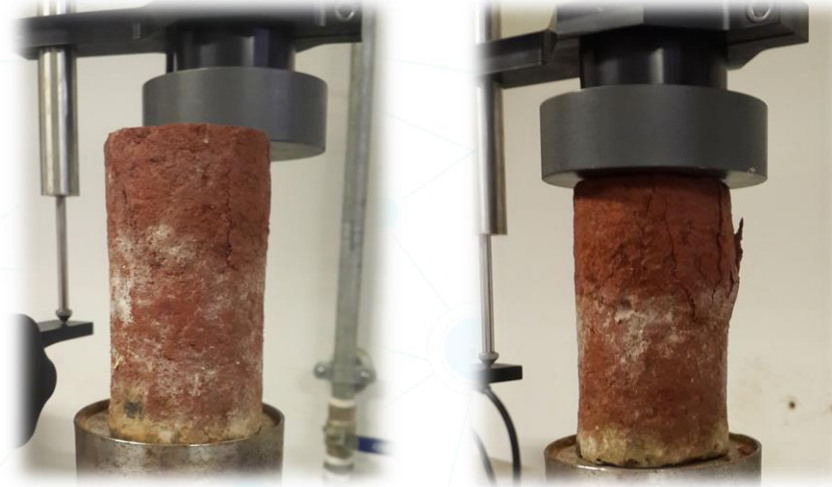
TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

Biológica



TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

Biológica

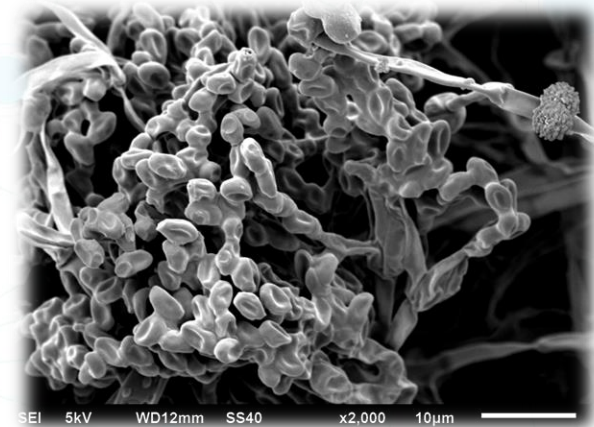
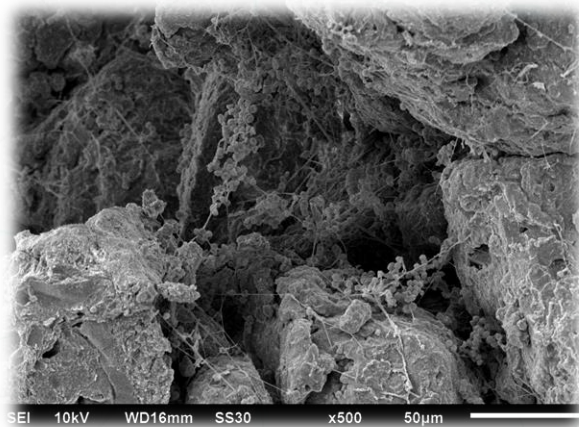


FUENTE: (GOMEZ, 2014)



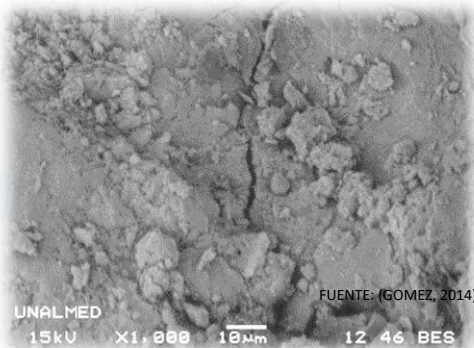
TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

BIOLÓGICA

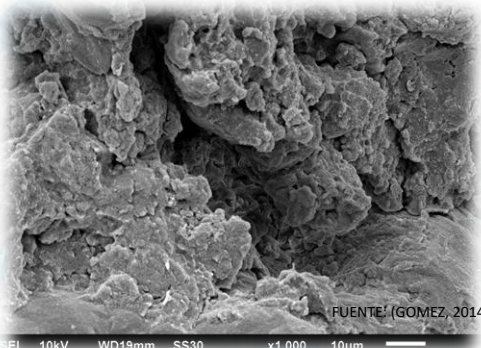


TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

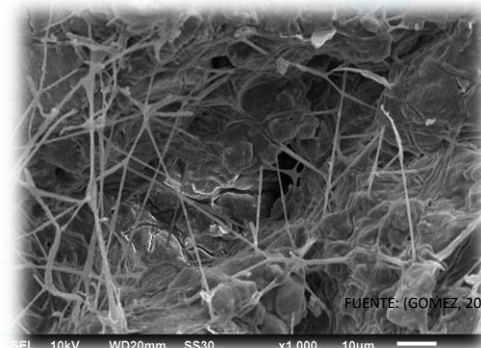
Biológica



Natural



Medio nutritivo menos
concentrado



Medio nutritivo más
concentrado

TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

Biológica



FUENTE: (VALENCIA, 2006)

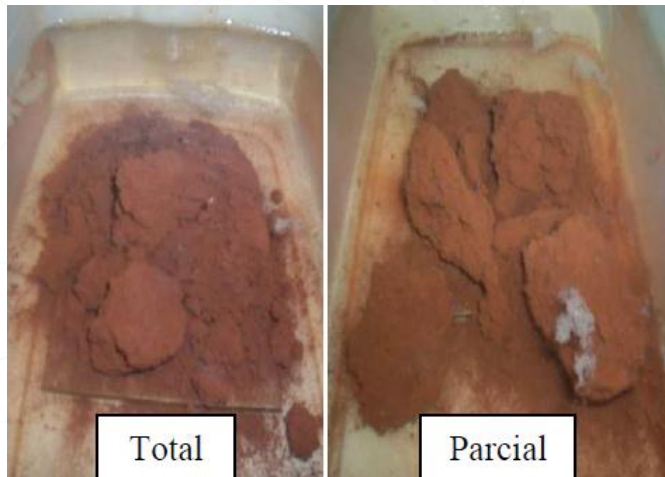


FUENTE: (GOMEZ, 2008)

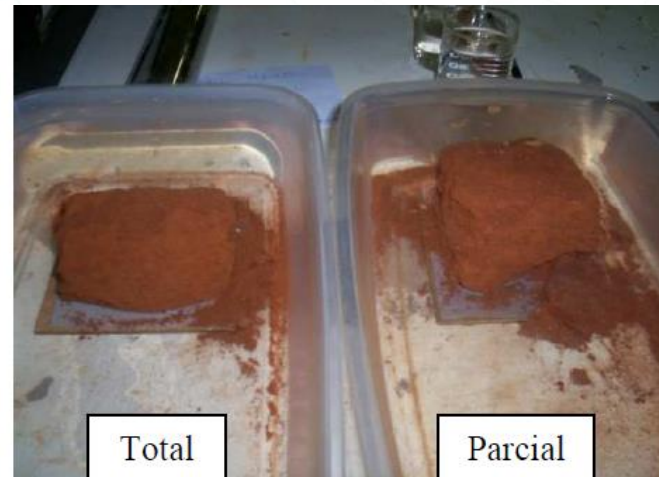
TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

BIOLÓGICA

FUENTE: (VALENCIA, 2009)



Natural



Tratado

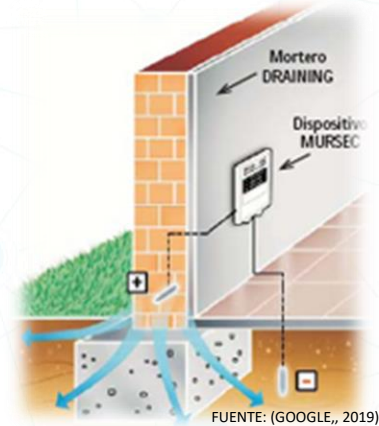


TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

FÍSICA

ALGUNOS MÉTODOS:

- ✓ Congelamiento
- ✓ Electro-osmosis
- ✓ Tratamiento eléctrico



EFFECTOS:

- ✓ Drenaje por electro ósmosis
- ✓ Ayudan a mantener el confinamiento
- ✓ Mejoran las características de resistencia

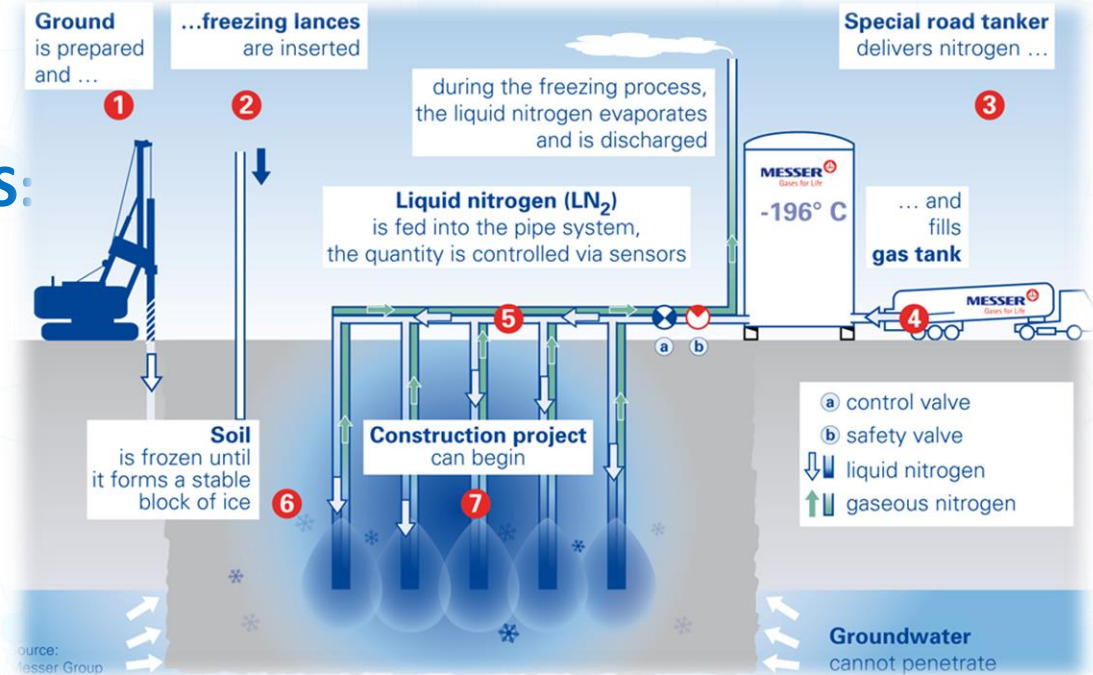


TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

FÍSICA

ALGUNOS REFRIGERANTES:

- ✓ Nitrógeno líquido
- ✓ Salmueras
- ✓ Anhídrido carbónico



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



REFUERZO DE SUELOS

ADICIÓN DE FIBRAS Y OTROS MATERIALES :

ALGUNOS MATERIALES:

- ✓ Sintéticos: polipropileno, polímero, resinas, llantas, plásticos
- ✓ Naturales: pelos de animales, coco, sisal, bambú, bagazo de caña, fique.
- ✓ Metálicos: Poliméricas (carbono, nylon, etc.)
- ✓ Cerámicos: Vidro



REFUERZO DE SUELOS

ADICIÓN DE FIBRAS Y OTROS MATERIALES :

DEPENDE DE:

- ✓ Forma como realiza la adición
- ✓ Tamaño → fibras
- ✓ Material
- ✓ Tipo de obra
- ✓ Puede ser temporal o permanente



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)

REFUERZO DE SUELOS

FIBRAS



FUENTE: (BARBOSA et al, 2018)

POLIPROPILENO



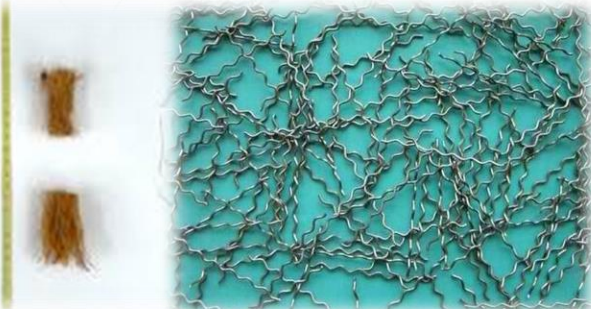
FUENTE: (BARBOSA, 2016)

SISAL



FONTE: (Girao & Dal Toé, 2015)

COCO



FUENTE: (FIBERZONE, 2019)

METÁLICAS

REFUERZO DE SUELOS

FIBRAS

- ✓ Normalmente acompañadas de compactación
- ✓ Naturales → Degradación
- ✓ Evitan la propagación de fisuras
- ✓ Ayudan a mantener la compacidad del suelo
- ✓ Aporte estructural
- ✓ Todos los tipos de suelos



FONTE: (Girao & DalToé, 2015)



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)



REFUERZO DE SUELOS

FIBRAS



NATURAL



COM FIBRAS



REFUERZO DE SUELOS

TIPOS DE OBRAS

- ✓ Pavimentos
- ✓ Taludes
- ✓ Suelos
- ✓ Rellenos sanitarios
- ✓ Túneles
- ✓ Filtros
- ✓ Obras de contención
- ✓ Entre otros



REFUERZO DE SUELOS

EJEMPLOS DE OBRAS



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)



FUENTE: (GOOGLE,, 2019)

MURO DE TIERRA ARMADA



REFUERZO DE SUELOS

EJEMPLOS DE OBRAS



REFORZO CON LLANTAS (SIRGLU – TIREGRID)



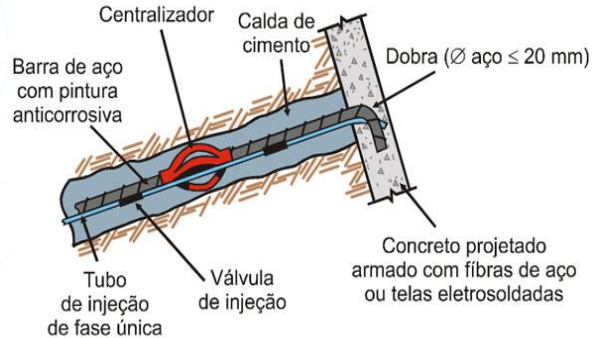
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
E INGENIERÍA



REFUERZO DE SUELOS

EJEMPLOS DE OBRAS



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



FUENTE: (GOOGLE, 2019)



FUENTE: (GOOGLE, 2019)

SOIL NAILING – SOLO GRAMPEADO



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
E INGENIERÍA

REFUERZO DE SUELOS

EJEMPLOS DE OBRAS



SUELO COM INYECCIONES DE RESINA, CONCRETO, ENTRE OTROS



REFUERZO DE SUELOS

EJEMPLOS DE OBRAS



ERDOX



REFUERZO DE SUELOS

EJEMPLOS DE OBRAS



GEOSINTÉTICOS



**FELIZ DE ESTAR AQUÍ CON
USTEDES**

MUCHAS GRACIAS