



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE



TESIS

**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL
SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO**

PRESENTADA POR:

MARIANO ROBERTO GARCÍA LOAYZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2023

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA
CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR
LA CONTAMINACION CON CIANURO**

AUTOR

MARIANO ROBERTO GARCÍA LOAYZA

RECUENTO DE PALABRAS

21829 Words

RECUENTO DE CARACTERES

103991 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

84 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 13, 2023 2:56 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 13, 2023 2:58 PM GMT-5

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



**UNA
PUNO**
Firmado digitalmente por
HUAQUISITO CACERES Samuel
FAU 20145498170 soft
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 13.06.2023 15:03:30 -05:00

VºBº

Firmado digitalmente por SALAS
URVIOLA Fernando Benigno FAU
20145498170 soft
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 15.06.2023 14:30:59 -05:00

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE

TESIS

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL
SUELO POR LA CONTAMINACIÓN CON CIANURO

PRESENTADA POR:

MARIANO ROBERTO GARCÍA LOAYZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

.....
Dra. SOFIA LOURDES BENAVENTE FERNANDEZ

PRIMER MIEMBRO

.....
Ph.D. JUAN MARCOS ARO ARO

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Dr. ANGEL CANALES GUTIERREZ

ASESOR DE TESIS

.....
Dr. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

Puno, 4 de mayo del 2023

ÁREA: Ciencia de la Ingeniería.

TEMA: Capacidad admisible del suelo por contaminación con cianuro.

LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente.



DEDICATORIA

A Dios, a Leopoldo y Hortencia mis queridos padres quienes me acompañan siempre.

A mi familia: Irene Dora, Maria Luisa, Jean Carlo, Patrick, Jean Paul, Daniani, Mijail y Adriana.

A mi abuelo: Dr. Mariano Garcia Justiniani.



AGRADECIMIENTOS

Deseo dar mi testimonio de gratitud y reconocimiento a las siguientes personas:

A los Jurados dictaminantes del presente trabajo de investigación, por su análisis y crítica constructiva.

Al Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por su asesoramiento en la realización de la presente investigación.

A la Ing. Eulalia Silva Fur, por su apoyo.



INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Suelo	3
1.1.2. Contaminación	3
1.1.3. Tipos de contaminación	4
1.1.4. Fuentes de contaminación	4
1.1.5. Compuestos inorgánicos	5
1.1.6. El cianuro y usos industriales	6
1.1.7. Efectos de la contaminación del suelo por cianuro	9
1.1.8. Capacidad de carga	10
1.2. Antecedentes	11



CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	17
2.2. Enunciados del problema	18
2.2.1. Problema principal:	18
2.2.2. Problemas específicos:	18
2.3. Justificación	18
2.4. Objetivos	19
2.4.1. Objetivo general	19
2.4.2. Objetivos específicos	19
2.5. Hipótesis	19
2.5.1. Hipótesis general	19
2.5.2. Hipótesis específicas	19

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	21
3.2. Población	22
3.3. Muestra	22
3.4. Método de investigación	22
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	23
3.5.1. Exploración y muestreo	24
3.5.2. Ensayos de laboratorio	24
3.5.2.1. Contenido de humedad	24
3.5.2.2. Análisis granulométrico	25



3.5.2.3. Límites de consistencia	25
3.5.2.4. Clasificación del suelo	25
3.5.2.5. Densidad natural	26
3.5.2.6. Ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado	26
3.5.3. Preparación de especímenes contaminados con cianuro (CN)	26
3.5.4. Materiales, equipos, insumos e instrumentos utilizados	27
3.5.5. Prueba estadística	27
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Línea base del suelo	28
4.2. Características mecánicas del suelo	29
4.2.1. Ángulo de fricción interna	29
4.2.2. Cohesión	32
4.2.3. Capacidad portante	34
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS	38



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Tipos y fuentes de contaminación	6
2. Propiedades básicas del suelo sin contaminar	29
3. Variación del ángulo de fricción interna con diferentes porcentajes de cianuro	31
4. Variación de la cohesión con diferentes porcentajes de cianuro	32
5. Variación de la capacidad portante con diferentes porcentajes de cianuro	35



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Usos del cianuro en la producción de oro	7
2. Proceso de lixiviación	8
3. Esquema de Prandtl	10
4. Lugar de estudio: Zona de Maravillas.	21
5. Prospecciones realizadas para el muestreo	22
6. Diseño metodológico de la investigación.	23
7. Gráfico normal de ángulo de fricción interna.	48
8. Gráfico normal de cohesión.	50
9. Gráfico normal de capacidad de carga admisible.	52
10. Vista panorámica del equipo triaxial.	68
11. Accesorios de la celda triaxial.	68
12. Ensamblaje de la membrana de látex con el tubo expansor.	69
13. Ensamblaje de la membrana de látex con el tubo expansor.	69
14. Colocado de los aros de hule, piedra porosa y pedestal de carga.	70
15. Colocación de la celda triaxial.	70
16. Procedimiento del ensayo triaxial.	71
17. Resultados del ensayo triaxial en el monitor	71



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Anexo de prueba de normalidad de las variables	46
2. Anexo de prueba de homocedasticidad de varianzas entre el ángulo de fricción interna y los porcentajes de cianuro añadido	47
3. Anexo de prueba de correlación entre el ángulo de fricción interna y los porcentajes de cianuro añadido	48
4. Anexo de prueba de homocedasticidad de varianzas entre la cohesión y los porcentajes de cianuro añadido	49
5. Anexo de prueba de correlación entre la cohesión y los porcentajes de cianuro añadido	50
6. Anexo de prueba de homocedasticidad de varianzas entre la capacidad de carga admisible y los porcentajes de cianuro añadido	51
7. Anexo de prueba de correlación entre la capacidad de carga admisible y los porcentajes de cianuro añadido	52
8. Anexo de cálculo de la capacidad de carga admisible	53
9. Anexo de panel fotografico	68



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Sigla	Denominación
CL	Arcillas de baja plasticidad
CN	Cianuro
F-Cn	Cianuro libre
KCN	Cianuro de potasio
C	Cohesión
Qu	Capacidad de carga última
Qa	Capacidad admisible

RESUMEN

El proceso de lixiviación de cúmulos de materiales, remojados con cianuro para la extracción de oro, contamina el suelo procesado, alterando los valores de los parámetros de resistencia del suelo, como son el ángulo de fricción interna, que en estado natural puede variar entre 0° a 50° y la cohesión que varía entre $0,125 \text{ kg/cm}^2$ a $1,25 \text{ kg/cm}^2$ en suelos arcillosos en condiciones naturales, y finalmente la capacidad admisible del suelo. El objetivo es, determinar cuánto afecta este contaminante, a estos parámetros, iniciándose con la exploración del lugar en estudio y la ubicación de calicatas, excavándose hasta profundidades promedio de $-3,0 \text{ m}$, identificándose el perfil estratigráfico, extrayéndose muestras inalteradas para ensayarlas en el laboratorio; iniciándose con la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) en el único estrato encontrado, así mismo en muestras extraídas por debajo del nivel de desplante de la cimentación entre $-1,2 \text{ m}$ y $-1,80 \text{ m}$, se realizó ensayos de compresión triaxial, en muestras de suelo sin contaminar y con muestras remoldeadas contaminadas con diferentes porcentajes de Cianuro (25%, 50%, 75%, 100%), Los resultados obtenidos indican que el ángulo de fricción interna aumenta de $19,10^\circ$ hasta $26,42^\circ$, la cohesión disminuyó de $0,47 \text{ kg/cm}^2$ hasta $0,32 \text{ kg/cm}^2$ y la capacidad de carga admisible del suelo disminuyó de $1,06 \text{ kg/cm}^2$ hasta $0,75 \text{ kg/cm}^2$, concluyéndose que, a mayor contaminación del suelo con cianuro, el Angulo de fricción interna incrementa, disminuyendo la cohesión y la capacidad de carga admisible.

Palabras clave

Cianuro, cohesión, consolidado, fricción, remoldeada, triaxial.

ABSTRACT

The leaching process of clusters of materials, soaked with cyanide for gold extraction, contaminates the processed soil, altering the values of soil resistance parameters, such as the angle of internal friction, which in a natural state can vary between 0° to 50° and the cohesion that varies between $0,125 \text{ kg/cm}^2$ to $1,25 \text{ kg/cm}^2$ in clayey soils under natural conditions, and finally the admissible capacity of the soil. The objective is to determine how much this contaminant affects these parameters, beginning with the exploration of the place under study and the location of test pits, excavating to average depths of $-3,0 \text{ m}$, identifying the stratigraphic profile, extracting unaltered samples to test them in the laboratory; Beginning with the classification of soils according to the Unified Soil Classification System (SUCS) in the only stratum found, likewise in samples extracted below the level of the foundation slope between $-1,2 \text{ m}$ and $-1,80 \text{ m}$, performed triaxial compression tests on uncontaminated soil samples and with remolded samples contaminated with different percentages of Cyanide (25%, 50%, 75%, 100%). The results obtained indicate that the angle of internal friction increases from $19,10^\circ$ up to $26,42^\circ$, the cohesion decreased from $0,47 \text{ kg/cm}^2$ to $0,32 \text{ kg/cm}^2$ and the admissible load capacity of the soil decreased from $1,06 \text{ kg/cm}^2$ to $0,75 \text{ kg/cm}^2$, concluding that, the higher soil contamination with cyanide, the angle of internal friction increases, decreasing the cohesion and the admissible load capacity.

Keywords

Cohesion, consolidated, cyanide, friction, remolded, triaxial.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la minería informal de mayor incidencia se encuentra focalizada en los departamentos de Puno, Ica, Arequipa, La Libertad y principalmente Madre de Dios, siendo el oro el mineral de mayor atracción. En el año 2019 en la zona de Maravillas en la localidad de Juliaca, se venía realizando el proceso de lixiviación de cúmulos de materiales de relave, remojados con cianuro de sodio al aire libre, proceso que iniciaba con el traslado de material de relave en volquetes, de la zona de rinconada a la localidad de Maravillas en Juliaca; estos relaves eran vertidos, extendidos y nivelados en pozas previamente impermeabilizadas con cubiertas de material plástico, al cual se rociaba con agua cianurada, a través de mangueras con agujeros empleando el sistema de aspersion y finalmente el agua cianurada descendía por gravedad a la parte inferior transformándose en una solución líquida rica en mineral, para finalmente pasar a un proceso de adsorción y desorción a base de carbón activado, el agua residual era nuevamente recirculada para repetir el proceso. El forro impermeable de plástico colocado en el pozo, durante la constante operación y manipuleo de herramientas manuales producían hoyos, por donde el agua cianurada se infiltraba a los estratos subyacentes, de manera constante mientras duraba el proceso, generándose el primer gran foco de contaminación. Así mismo el material de relave después de este proceso de cianuración, era extraído de los pozos de lixiviación y depositado en áreas cercanas, creándose otro foco de contaminación, ya que con el efecto de las lluvias se generaba infiltración de los residuos líquidos de cianuro en el terreno natural.

La capacidad admisible de cualquier suelo, para el diseño de cimentaciones, está en función de los valores del ángulo de fricción interna y de la cohesión del suelo, dependiendo de estos, la definición del tipo de cimentación y por ende su costo.

El cianuro por sus características químicas propias se encarga de eliminar la atracción intermolecular de las partículas de la arcilla, rompiendo su cohesión, y en el caso de suelos granulares pule la superficie de los granos, incluyendo sus poros y oquedades, de tal manera que esto nos permite inferir que se disminuye, por un lado la cohesión y se aumenta la fricción entre partículas, lo que afectará los valores de capacidad admisible y la propuesta de cimentaciones adecuadas, por lo que es necesario realizar pruebas de compresión triaxial, primero en una muestra patrón de suelo no cianurado y otros con diferentes porcentajes de agua cianurada, para de esta manera determinar los efectos que



produce el agua cianurada en estos parámetros, empleándose el método cuantitativo.

Este trabajo consta de cuatro capítulos: En el primer capítulo se desarrolla una revisión literaria que comprende desde el marco teórico hasta los antecedentes de la investigación. En el segundo capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, justificación, objetivos e hipótesis de la investigación. En el tercer capítulo, se expone los materiales y métodos empleados en la investigación, indicando la ubicación de la zona de estudio, población, muestra, método de investigación, procedimientos metodológicos y procesamiento estadístico. En el cuarto capítulo, se presenta los resultados y discusión.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Suelo

Los suelos suelen ser considerados como recursos naturales no renovables, porque su tasa de formación a lo largo del tiempo es generalmente baja o muy baja durante la vida humana, son cruciales a la vida en la Tierra y juegan un papel central en muchos de los desafíos ambientales actuales. La definición del término “Suelo” desde los inicios de la Pedología se enfoca en los atributos biofísicos del suelo, para enfrentar los desafíos ambientales globales, siendo necesario identificar el suelo con una etiqueta que abarque sus aspectos económicos, sociales y políticos (Dazzi y Lo Papa, 2022). La superficie del suelo es una zona dinámica donde los macro agregados se forman, degradan y vuelven a formar continuamente, a menudo en un tamaño diferente (Tian et al., 2021).

Desde el ámbito de la geotecnia, el suelo es todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementados o lutitas suaves (Juárez y Rico, 2005). Así mismo el suelo es la capa superior de la corteza terrestre, compuesto de partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, y es la interfaz entre la tierra (geosfera), el aire (atmósfera) y el agua (hidrosfera) (Ralth et al., 1995). El suelo es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos que pueden separarse por medios mecánicos comunes, tales como la agitación en el agua (British Standards Institution, 1997).

1.1.2. Contaminación

La contaminación ambiental es la incorporación a los cuerpos receptores de

sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas (Gonzales y Alcalá, 2006), generando un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua de forma que se supera la capacidad de autodepuración de la matriz donde se encuentran (Kuklinski, 2011), repercutiendo negativamente en su comportamiento y volviéndolas tóxicas para los organismos del suelo que provoca la pérdida de las propiedades del suelo, afectando nocivamente la salud, la sobrevivencia o las actividades de los humanos u otros organismos vivos. La contaminación atmosférica es una amenaza para la tierra, así como el desarrollo de la salud física y mental de las personas. Con el avance de los tiempos y la continua actualización de la tecnología, se utiliza la minería de datos combinada con datos de energía para evaluar y prevenir la contaminación del aire regional (Xu et al., 2023).

1.1.3. Tipos de contaminación

Los tipos de contaminantes son la física, biológica y química. La contaminación física, son aquellas que originan variaciones en parámetros como temperatura y radiactividad. Al respecto el volumen excesivo de plásticos fabricados y consumidos es un indicador destacado de la actividad del hombre. Los plásticos son una de las clases estructuralmente complejas de polímeros artificiales que encuentran una amplia variedad de aplicaciones en la vida moderna (Uwamungu et al., 2022). Que contaminan el medio ambiente. La contaminación biológica, son aquellas que inducen a la proliferación de especies ajenas a los microorganismos presentes en el suelo de forma natural. Las microalgas marinas con las características de rápida tasa de crecimiento, alta tasa de acumulación de biomasa y bajas emisiones de gases de efecto invernadero que juegan un papel importante en la productividad primaria del ecosistema marino (Zhao et al., 2021). Contaminación química; aquellas que por su presencia o por su elevada concentración alteren la composición originaria del suelo. La contaminación química antropogénica tiene el potencial de representar una de las mayores amenazas ambientales para la humanidad, pero la comprensión global del problema sigue estando fragmentada (Naidu et al., 2021; Sabroso y Pastor, 2004).

1.1.4. Fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación ambiental son clasificadas por distintos investigadores entre ellos se tiene la propuesta por Kuklinski (2011), quien los clasifica según su origen en fuentes antrópicas y fuentes naturales y según la relación entre la emisión

del contaminante y la entrada en contacto con el medio pueden ser; fuente difusa em as que los períodos de clima húmedo extremo elevan las cargas de contaminantes difusos del agua para la agricultura y las proyecciones climáticas para el Reino Unido sugieren inviernos más húmedos (Zhang et al., 2022). En este caso el óxido de nitrógeno (NOx), es uno de los principales componentes de la lluvia ácida. Además, el NOx, también es un componente en la formación de smog fotoquímico (aerosol secundario), a través de su reacción con diferentes tipos de hidrocarburos en la atmósfera. Una fuente importante de emisiones de NOx es la combustión de combustibles fósiles (carbón o petróleo) en centrales eléctricas (Peng, 2018). Fuente móvil, el medio aéreo de un territorio urbano es el componente más vulnerable del medio ambiente debido a la emisión de un gran número de sustancias contaminantes de diversa procedencia. Junto con las empresas industriales, las principales fuentes de contaminación del aire atmosférico se ven tradicionalmente en las fuentes móviles (Bespalov et al., 2016). Fuente fija, los contaminantes atmosféricos primarios son sustancias que se emiten directamente a la atmósfera desde las fuentes. Estos incluyen compuestos de carbono, de nitrógeno, compuestos de azufre, compuestos de halógeno y partículas (PM o 'aerosoles').

Los contaminantes secundarios no se emiten directamente desde las fuentes, en cambio, se forman en la atmósfera a partir de contaminantes primarios (Bento, 2013). Según el investigador Collazos (2009), los clasifica como fuentes de modo natural y por acciones humanas, tanto naturales como artificiales que incluyen: quema de combustibles fósiles en la generación de electricidad, transporte, industria y hogares, procesos industriales y uso de solventes, por ejemplo, en las industrias químicas y mineras; la agricultura y el tratamiento de desechos.

1.1.5. Compuestos inorgánicos

Los contaminantes inorgánicos presentes en los suelos de forma natural se encuentran en concentraciones regulados por los ciclos biológicos del propio suelo. La sobresaturación de algunos de ellos hace que se alcancen concentraciones consideradas como contaminantes. Algunos de estos contaminantes y sus usos más frecuentes en la industria se indican en la siguiente tabla.

Tabla 1

Tipos y fuentes de contaminación

Compuesto	Usos
CN Cianuros	Industria química, minería, siderurgia, pesticidas (los pesticidas son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a prevenir, destruir, repeler o mitigar las plagas.
F Fluoruros	Industria del vidrio, la madera, esmaltes, soldaduras, óptica, etc
Br Bromuros	Síntesis orgánica de plaguicidas , aditivo de combustible, ignifugos, colorantes, medicamentos, emulsiones, fotográficas y medios de contraste.
S Sulfatos, sulfitos y sulfuros	Agentes blanqueantes y conservantes, fertilizantes, celulosa, manufactura de caucho, colorantes, pólvora, medicamentos, insecticidas, preparación de derivados químicos, etc.
P Fósforo	Industria química, preparación de detergentes, acondicionadores, preservadores alimenticios, farmacéuticos, tintas, fertilizantes, retardadores de combustión y otros.
N Amonio, nitratos, nitritos	Industria electrónica, industria del petróleo, industria alimentaria, como propelente de aerosoles y extintores, sus compuestos son numerosísimos y se encuentran en alimentos, venenos, fertilizantes, explosivos, etc.

Fuente: (Romero et al., 2017)

1.1.6. El cianuro y usos industriales

El Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro (IIMC), define al cianuro desde el punto de vista técnico como, un anión con carga singular que consta de un átomo de carbono y un átomo de nitrógeno unidos con un enlace triple (IIMC, 2012). La forma más tóxica es el cianuro libre (Basile et al., 2008). Los usos del cianuro son diversos tales como la extracción de oro y plata, la galvanoplastia, la fabricación de acero, la síntesis de polímeros, la producción farmacéutica y otras aplicaciones especializadas, incluidos tintes y productos agrícolas.

El primer registro de utilización del cianuro para extraer oro de los minerales fue en 1889 en Crown Mine en Nueva Zelanda. El procedimiento, en el cual el oro fue disuelto por una solución diluida de cianuro, fue una de las primeras aplicaciones de la hidrometalurgia. La implementación de técnicas de cianuro representó un importante avance para la industria de la minería de oro, ya que permitió una mayor recuperación que la concentración de gravedad prevaleciente y el mercurio como métodos de amalgamación (Johnson, 2015). Es bien sabido que la disolución de oro en soluciones acuosas de cianuro es un proceso electroquímico en el que la reacción anódica es la oxidación del oro y la formación de $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ mientras que la reacción catódica es la reducción de oxígeno (Li et al., 2010).

La extracción de oro artesanal y en pequeña escala se ha generalizado en todo el mundo durante más de 2000 años, y más desarrollado desde mediados de la década de 1980 en África occidental (Hilson, 2009). Una de las razones para el alto valor adjudicado al oro es su resistencia al ataque a la mayoría de los químicos. Una excepción es el cianuro o, más específicamente, una solución que contiene cianuro y que disuelve el metal precioso. “El cianuro se utiliza en minería para extraer oro (y plata) del mineral, en particular mineral de baja ley y mineral que no puede tratarse fácilmente mediante procesos físicos simples como la trituración y la separación por gravedad” (Logsdon et al., 2001). La Figura 1 muestra el proceso de producción del oro con cianuro.

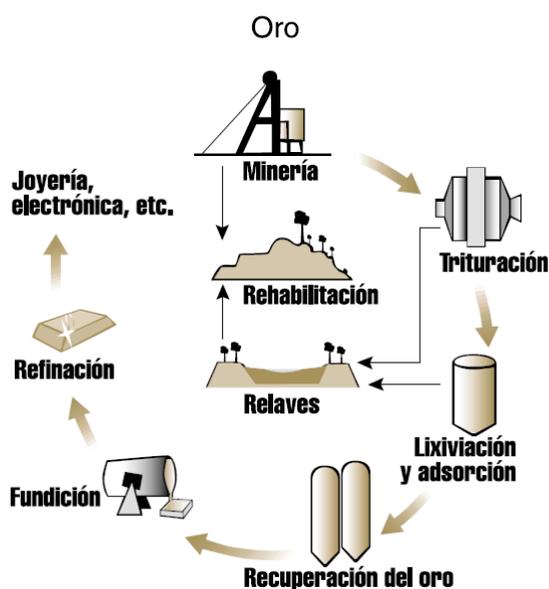


Figura 1. Usos del cianuro en la producción de oro

Fuente: Logsdon et al. (2001).

En la producción, el uso de soluciones a base de agua para extraer y recuperar metales como el oro se denomina hidrometalurgia. El método de lixiviación de cúmulos consiste en acumular el material removido en una gigantesca montaña de miles de toneladas a la que se rocía una solución de cianuro de sodio, el uso de esta técnica elevó de manera dramática los porcentajes de recuperación, lo que volvió rentable explotar grandes superficies en donde se localizan extensos yacimientos de mineral de baja calidad (Cárdenas, 2013).

Las operaciones de minería del oro utilizan soluciones muy diluidas de cianuro de sodio (NaCN), típicamente entre 0,01% y 0,05% de cianuro (100 a 500 partes por millón). El proceso de disolución de metales se denomina lixiviación. El cianuro de sodio se disuelve en agua donde, en condiciones ligeramente oxidantes, disuelve el oro contenido en el mineral. La solución resultante que contiene oro se denomina “solución cargada”. Luego se agrega zinc o carbón activado a la solución cargada para recuperar el oro extrayéndolo de la solución. La solución residual o “estéril” (es decir, carente de oro) puede recircularse para extraer más oro o enviarse a una instalación para el tratamiento de residuos. Los complejos de cianuro son más estables y eficaces y no necesitan otras sustancias químicas agresivas para realizar la recuperación del oro (Logsdon et al., 2001).

El proceso de lixiviación por cúmulos en forma artesanal con cianuro se presenta en la Figura 2.

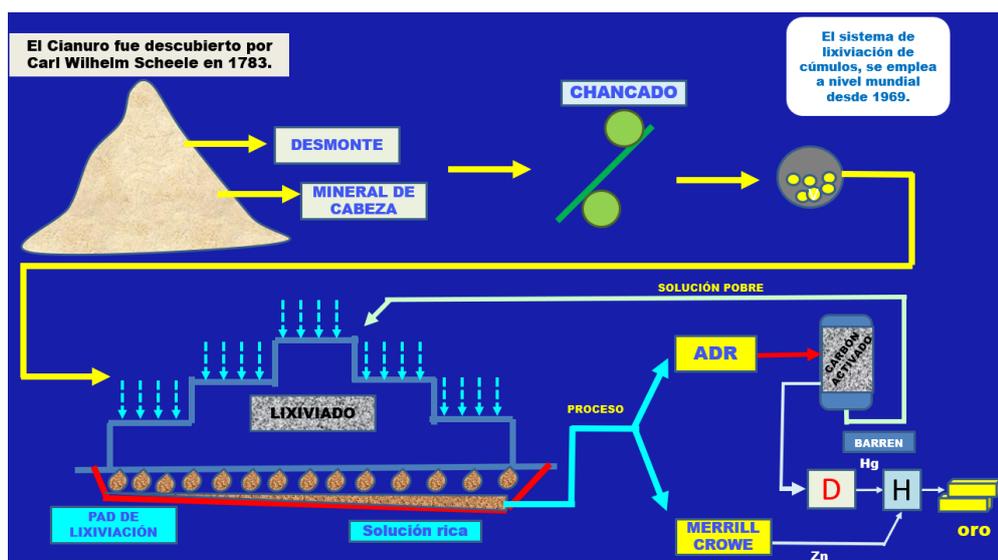


Figura 2. Proceso de lixiviación

El cianuro se produce industrialmente de dos maneras: como subproducto de la fabricación de fibras acrílicas y de ciertos plásticos o mediante la combinación de gas natural y amoníaco a altas temperaturas y presiones para producir cianuro de hidrógeno (HCN) gaseoso. Posteriormente, el cianuro de hidrógeno gaseoso se puede combinar con hidróxido de sodio (NaOH) para producir cianuro de sodio (NaCN) y agua (H₂O). Luego se elimina el agua mediante secado y filtrado y el cianuro de sodio se convierte en briquetas blancas y sólidas de aproximadamente 10 cm². Todos los embarques de cianuro de sodio se acompañan de las Hojas de Seguridad donde figuran los datos químicos y de toxicidad del cianuro de sodio, instrucciones en caso de accidentes, número de teléfono para solicitar ayuda en casos de emergencia e información adicional del fabricante. Cuando el material sale de la planta productora se realiza el inventario de todos los embarques y dicho inventario se controla contra los registros de entrega para asegurar una adecuada vigilancia en todo momento (Logsdon et al., 2001). El uso de cianuro para la extracción de oro de minerales o concentrados ha sido el método de tratamiento predominante y ha demostrado ser muy efectivo y económico para procesar muchos tipos de materiales auríferos (Tanriverdi et al., 2005).

1.1.7. Efectos de la contaminación del suelo por cianuro

Los efectos ambientales asociados con el suelo son de tres tipos: erosión, sedimentación y contaminación (Gonzales, 2002). La erosión y sedimentación ocurren por las voladuras, molienda y remoción de vegetación relacionadas con la actividad minera. La contaminación ocurre por la escorrentía de residuos de la minería de pilas de relaves y estanques de relaves, por el vertido ilegal de minas de desechos en ríos, arroyos y otros sistemas de agua y aumenta la erosión del suelo asociada con el uso de la tierra (Adler et al., 2013). La suposición frecuentemente de que la oxidación natural y la fotólisis reducirían el contenido de cianuro en el aire a valores inofensivos no podría ser confirmado en áreas donde los trabajadores tienen que operar con soluciones de cianuro y a través de experimentos de laboratorio se demostró que la volatilización es el único proceso en la disminución de cianuro (Brüger et al., 2018). En la mayoría de los casos de contaminación, los compuestos de CN más comunes se encuentran en los suelos y las aguas subterráneas como CN libres, sales solubles inorgánicas y compuestos de CN complejos con hierro que contienen cationes cargados positivamente y el ferrocianuro. El destino de los

compuestos de CN en los suelos depende en gran medida del pH del suelo. En general, los compuestos de CN forman aniones cargados negativamente y pueden adsorberse en varios sitios cargados positivamente en los componentes del suelo (p. ej., óxidos de hierro o aluminio a pH (potencial de hidrógeno) bajo (Soriano-Disla et al., 2018). Se ha descubierto que la temperatura, el tiempo de calentamiento y las especies de cianuro son parámetros importantes que influyen en la eliminación/destrucción del cianuro en los suelos. Para suelos con $K_3[Fe(CN)_6]$ (ferricianuro potásico) y $K_4[Fe(CN)_6]$ (hexacianoferrato (II) potásico trihidratado), se puede obtener una eficiencia de eliminación de mayor al 99,9% con temperaturas superiores a $350^\circ C$ a 1 h, mientras que para muestras con $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ (ferrocianuro férrico), una temperatura más alta ($>450^\circ C$) es necesario para obtener una eficiencia equivalente (Wei et al., 2020).

1.1.8. Capacidad de carga

Según García et al. (2014), la capacidad de carga del suelo se refiere a las propiedades que tiene el suelo para soportar diferentes esfuerzos como consecuencia de la carga provocada por la superestructura, y su valor máximo se refiere al esfuerzo máximo que actúa antes de la falla por esfuerzo cortante cuando ocurre o se pierde la estabilidad. Este valor varía según el tipo de suelo a tratar y el tamaño y distribución de las cargas que actúan sobre la cimentación. La Figura 3 muestra el esquema de Prandtl.

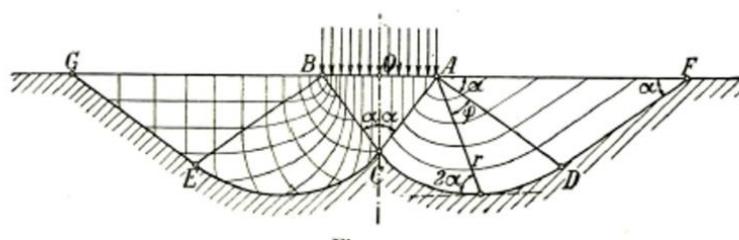


Figura 3. Esquema de Prandtl

Fuente: Peck et al. (1998)

La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina usando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos. Para hallar la capacidad de carga en suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limoarcillosa), se empleará un ángulo de fricción interna igual a cero, en suelos friccionantes (gravas, arenas y gravas arenosas) se empleará una cohesión igual a cero (RNE E050, 2018). Así

mismo Karl Terzaghi plantea la siguiente ecuación para la determinación de la capacidad de carga (Braja, 2012), el cual se muestra en la ecuación 1.

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \quad (1)$$

Por otro lado, la capacidad de carga última, es modificada por Meyerhof, como se indica en la ecuación 2.

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma D_f N_q i_q + 0,5 \gamma B N_\gamma S_\gamma i_\gamma \quad (2)$$

Para el cálculo de la capacidad portante, capacidad admisible, o capacidad de soporte se emplea la fórmula mostrada en la ecuación 3.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S.} \quad (3)$$

Donde:

q_a: capacidad admisible

q_u: capacidad portante del suelo

F.S.: factor de seguridad.

1.2. Antecedentes

En el año 1776, el físico e ingeniero francés C. A. Coulomb, atribuyó a la fricción entre partículas del suelo la resistencia al corte del mismo denominándolo como “ángulo de fricción interna”(Gonzales, 2002). Sin embargo, la arcilla a pesar de no tener fricción exhibe resistencia al esfuerzo cortante, asignándole así otro parámetro de resistencia denominado “cohesión” (Crespo, 2004; Juárez y Rico, 2005). La cohesión se define como la adherencia entre las partículas del suelo debida a la atracción molecular entre ellas, representa la máxima resistencia del suelo al esfuerzo de corte (Abreu, 2016), diferenciándose la cohesión efectiva, que representa la máxima resistencia tangencial movilizable en un plano cualquiera cuando la tensión efectiva normal en dicho plano es nula (Delgado, 2000) y debido al fenómeno de capilaridad que actúa sobre los granos de la muestra debido a la tensión superficial, se genera una resistencia adicional al esfuerzo cortante a la que se conoce como cohesión aparente, el mismo que depende del contenido de agua que tenga la muestra (Gonzales, 2002), así mismo se presentan otro tipo de fuerzas de carácter electrostático en el suelo, que son generados por la película de agua

absorbida que se forma sobre cada partícula o derivan de agentes cementantes naturales, denominándose a este tipo de fuerza, cohesión verdadera (Terzaghi y Ralf, 1973). Tanto la cohesión verdadera como aparente reciben el nombre general de Cohesión y se identifica en mecánica de suelos con la letra “c”.

A través del tiempo, los métodos de cálculo de la capacidad portante han ido variando progresivamente, tal es el caso que Prandtl en 1920 determinó en base a la teoría de la plasticidad, que el valor de la carga última o límite (q_u), no es más que la máxima presión que se puede dar al elemento rígido sin que penetre en el medio semiinfinito, y está dada por la expresión; $q_u = (\pi + 2)c$, suponiendo que el medio semiinfinito es rígido plástico, perfecto, plano, homogéneo e isótropo, teoría aplicada a metales (Peck et al., 1998).

Posteriormente Reissner, aplicando la fórmula de Prandtl a cimentaciones, hace notar que por encima de la superficie horizontal del medio semiinfinito, actúa una presión efectiva en esta superficie, generada por el terreno que se encuentra por encima del nivel de desplante.

Proponiendo la expresión de capacidad de carga última, $q_u = cN_c + qN_q + 0.5\gamma B N_\gamma$, donde N_c, N_q, N_γ son Factores de capacidad de carga, coeficientes que dependen del Angulo de fricción interna. Posteriormente Skempton hace notar que N_c crece al aumentar la profundidad de la cimentación y que depende de la relación D_f/B (Braja, 2012), Meyerhof en 1951 tomando en cuenta que el suelo situado por encima del nivel de la base del cimiento propone incluir en la fórmula de Terzaghi, factores de forma, profundidad e inclinación (Berry, 2000).

Respecto a los parámetros de resistencia al corte de rellenos, estudios en el Valle del Cauca, fueron determinados. Los resultados fueron evaluados en función del peso específico, la profundidad y el tiempo de descomposición. Los parámetros de resistencia encontrados fueron comparados con valores internacionales recomendados para diseño, y con resultados experimentales obtenidos para otro relleno en Colombia. No se encontró una dependencia significativa entre la resistencia al corte de los residuos sólidos y su peso específico (Sandoval et al., 2015). Así mismo en la investigación de los efluentes estos reducen drásticamente las propiedades mecánicas del suelo, específicamente la cohesión. Se observó que la resistencia a la compresión no confinada de los suelos contaminados por efluentes disminuyó hasta en un 60% con la adición de un 20% de efluentes industriales. Tanto el límite líquido como el índice de plasticidad de los suelos contaminados mostraron una tendencia creciente con la contaminación. Sin embargo, este efecto fue más pronunciado para los suelos CH (arcilla de alta plasticidad) cuyo límite

líquido e índice de plasticidad aumentaron alrededor del 30% en comparación con un aumento de alrededor del 8% para los suelos CL (arcilla de baja plasticidad). Debido a la menor gravedad específica de los efluentes industriales, la gravedad específica de los suelos contaminados por efluentes disminuyó entre un 12% y un 15% con un 20% de contaminación por efluentes. Por lo tanto, se encontró que los suelos contaminados tenían una gravedad específica más baja, contenían más partículas finas, tenían una densidad seca máxima más baja y tenían una cohesión y un ángulo de fricción más bajos (Irfan et al., 2018).

Fernández (2014) concluye que la disminución de la capacidad portante de suelos contaminados con hidrocarburos, mediante ensayos de laboratorio, depende de la efectividad de la compactación previa de las muestras remoldeadas.

Por otro lado, Rasheed et al. (2014) concluyen que el incremento del contenido de diesel en el suelo reduce tanto la cohesión como el ángulo de fricción interna de la illita (arcilla), reduciendo la resistencia a la compresión simple o no confinada del suelo. Similarmente Heng-lin Xiao y Wan (2019) reportan que la resistencia al corte del suelo contaminado primero aumenta luego disminuye y con el aumento de iones de zinc aumenta el ángulo de fricción interna y disminuye la cohesión.

Soriano-Disla et al. (2018) en su estudio sobre contaminación de suelos con cianuro concluye, que los factores que afectan la precisión de las predicciones de cianuro (CN) están influenciadas por la preparación de la muestra y la precisión de las determinaciones de cianuro en las muestras de referencia. Al respecto Razanamahandry et al. (2018) indican, que los factores más importantes que influyen en la distribución de cianuro libre en el suelo, es precisamente el tipo de suelo; concluyendo que, cuando la zona es árida, influiría en la distribución de cianuro libre, y si es húmedo, tanto el tipo de suelo como la conductividad eléctrica del suelo son el principal parámetro de influencia. Por otro lado, Razanamahandry et al. (2016) concluyen que las bacterias degradadoras de cianuro Libre, podrían eliminar más del 95%.

González-Valoys et al. (2021) en una mina de oro de Panamá, que dejó de operar hace 20 años, determinaron que los sedimentos de bocamina, relaves y sedimentos de terrazas son los espacios más críticos y contaminantes que afectan a la salud humana, y medio ambiente. Los mismos investigadores realizaron en el año 2022, ensayos para determinar la presencia de cianuro y los riesgos ambientales en los suelos, habiendo determinado con sus resultados, una concentración de $1,4 - 1,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ de cianuro, mismo que se encuentra dentro de los límites, sin embargo, en los resultados de la última operación minera se

encontró concentraciones de cianuro que superan los límites (25,2-51,8 mg.kg⁻¹), esta contaminación del suelo representa riesgos ecológicos. Concluyéndose que este contaminante persiste más de 20 años después del cierre.

Brüger et al. (2018), indica que uno de los procesos de la minería para la extracción de oro, que genera contaminación especialmente en el agua y suelo es la lixiviación con cianuro, y que este se destruye por oxidación de la atmosfera, reduciendo dicha contaminación, sin embargo, midieron la cantidad de cianuro en un arroyo local en Segovia, y concluyeron que las concentraciones de cianuro en el aire, no son eliminados por los procesos mencionados.

Matsumura y Kojima (2003) descubrieron que los compuestos con la capacidad de disociación fácil a iones, tales como Cianuro de Potasio (KCN) y hexacianoferrato de potasio (III), se eluían (retirar a través un líquido, una sustancia del medio sólido que la ha adsorbido) formando cianuro libre incluso en un medio de agua dulce. Sin embargo, las sales de hexacianoferrato (II) tales como hexacianoferrato de potasio (II) y hexacianoferrato de hierro (III) (II) no se disociaron en agua, pero se disociaron y difundieron en condiciones alcalinas (pH > 13). También se encontró que el Fe (CN)⁶ ion es eluido por NaOH de las muestras de suelo de un sitio contaminado por hierro (III) hexacianoferrato (II). La velocidad de elución del hexacianoferrato de hierro (III) (II) se redujo cuando el suelo contaminado se emparejó con capas de suelo estándar.

Soriano-Disla et al. (2018), investigaron si es factible, usar instrumentos portátiles de rayo infrarrojo medio (MIR), para determinar la contaminación del suelo por cianuro, concluyendo que, si se puede predecir con gran acierto la cantidad de cianuro presente en los suelos naturales de campo, pero con menor precisión, para suelos húmedos. A su vez, Razanamahandry et al. (2018) en otra investigación, lograron predecir con un nivel de confiabilidad la contaminación de suelos por cianuro, a través de una regresión logística utilizando variables como tipo de suelo, conductividad eléctrica y la humedad del suelo. Ma et al. (2021) en su investigación de las propiedades mecánicas de arcillas limosas reforzadas con fibras de lino contaminadas con solución de iones de Zinc, realizó pruebas de corte, pruebas de compresión y prueba triaxial en diferentes concentraciones de suelo contaminado con iones de zinc, bajo diferentes presiones. Observó variación del ángulo de fricción interna y la cohesión, cambios los cuales fueron analizados desde una perspectiva microscópica concluyendo que, con el aumento de la concentración de iones de zinc, el ángulo de fricción interna y el coeficiente de compresión aumentan, la cohesión y el módulo de compresión disminuyen. Con el aumento de la tensión normal, el

coeficiente de compresión primero disminuye y luego aumenta, y el módulo de compresión aumenta y luego disminuye. Con el aumento de la concentración de iones de zinc a una tensión normal más baja, la cantidad de contracción aumenta y el coeficiente de compresión disminuye. Mientras que, a una tensión normal más alta, el módulo de compresión disminuye y el coeficiente de compresión aumenta.

Li et al. (2021) en su estudio del análisis de las propiedades mecánicas de la arcilla roja contaminada con iones de Zinc, realizado mediante pruebas triaxiales bajo la presión de confinamiento de 100 kPa, 200 kPa y 300 kPa, con una velocidad de cizallamiento de 0,9 mm/min. Las pruebas se terminaron cuando la deformación axial alcanzó el 15% en donde el ángulo de fricción interna primero aumenta y luego disminuye con el aumento de la concentración de iones de zinc. La superficie del mineral de arcilla está cargada negativamente, y cuando la concentración de iones de zinc es de 00.1%, la atracción entre el ion de zinc y el mineral de arcilla disminuye el espesor de la doble capa eléctrica, la distancia entre las partículas del suelo se vuelve más pequeño, y la fuerza de mordida aumenta, por lo que aumenta el ángulo de fricción interna. Cuando la concentración de iones de zinc aumenta, el agua cristalina se diluirá cuando la solución se mezcle con arcilla roja, lo que destruye la estructura de la arcilla roja y reduce la fricción entre las partículas del suelo, por lo que el ángulo de fricción interna disminuye.

Ma et al. (2022), indica que la ruta de esfuerzo del suelo con diferente concentración de álcali es diferente. Bajo la misma condición de esfuerzos de confinamiento lateral (σ_3), la tensión σ_1 es diferente. El cambio de esfuerzo se expresa en términos macroscópicos como diferentes formas de daño al suelo. Con una concentración del 0%, el índice de resistencia del suelo es de 82,14 kPa, 21,67°, y la concentración de álcali es del 4 al 16%, el ángulo de fricción interna aumenta gradualmente y la cohesión se reduce ligeramente. Para el suelo del sitio, la cohesión del suelo es de 82,14 kPa y el ángulo de fricción interna es de 21,67°. Cuando la concentración de NaOH alcanza el 4%; 8%; 12% y 16%, la cohesión aumenta en un 85,51%; 49,65%; 41,13% y 24,76% respectivamente en comparación con las del suelo original y los ángulos de fricción interna aumentan en un 15,32%; 46,37%; 55,97% y 75,95% respectivamente.

Li y Hu (2022), en un estudio a las capas de aislamiento del suelo de los relaves utilizados en las minas, con diferentes valores de densidad aparente seca, contenido de agua, contenido de bentonita y concentración de iones Plomo, fueron sometidas a ensayos de corte directo, bajo esfuerzos normales de 12,5, 25, 50 y 100 kPa. Encontró que cuando



la densidad aparente en seco se incrementa de $1,1 \text{ g/cm}^3$ a $1,3 \text{ g/cm}^3$, la resistencia al corte aumentó en $49,3\% \sim 117,2\%$, y cuando el contenido de agua se redujo de 24% a 16% , la resistencia al corte aumenta de una a tres veces.

Mulenga (2022), reporta en cuanto al suelo contaminado por cianuro, este debe ser descontaminado para su posterior utilización, para ello aplicó la lixiviación asistida por alcálisis, para suelos con distintos pH y tiempos, concluyendo que para suelos con $\text{pH} > 13$ se eliminó entre el 97% y 100% el contenido de cianuro, y con pH más bajo la eliminación del cianuro es incompleta, independientemente del tiempo de lixiviación con alcálisis.

Shan et al. (2023), concluyo que cuando la concentración de ácido clorhídrico aumenta del 1 al 7% , la concentración de solución ácida se correlacionó negativamente con la cohesión del suelo, pero el ángulo de fricción interna se mantuvo constante con una concentración de 1 a 5% , alternativamente cuando la concentración del hidróxido de sodio aumenta de 1 al 7% , la concentración alcalina afecta al ángulo de fricción interna y la cohesión en una correlación positiva.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

A nivel mundial desde 1969 se emplea el sistema de lixiviación de cúmulos, remojo con cianuro de sodio al aire libre, como un método económico para extraer el oro. Dada la agresividad de este sistema que afecta al medio ambiente, social y cultural, es que ha sido prohibido en la República Checa desde el 2000, en Alemania desde 2002 y en Hungría en el 2009. En América Latina, específicamente en Argentina, desde el año 2010 los órganos legisladores de siete provincias aprobaron leyes que prohíben la minería a cielo abierto. En el Perú la extracción por sistema de cianuración se viene desarrollando sin un efectivo plan de control ni regulación social y ambiental de parte del Estado peruano, realizándose principalmente en las regiones de Madre de Dios, Puno, Sur chico y La Libertad.

A nivel nacional la producción informal de oro está focalizada en cinco regiones: Puno, Ica, Arequipa, La Libertad y principalmente Madre de Dios. El primer gran foco de contaminación propiamente dicho se produce con la filtración de cianuro bajo las tierras apiladas, durante el proceso. Las empresas mineras hacen uso de geo membranas teóricamente impermeables; sin embargo, debido a la magnitud de las pilas de tierras y la resistencia limitada de estos geosintéticos, se producen fugas y percolaciones en el subsuelo contaminando el medio y las filtraciones de cianuro en las aguas subterráneas explican los procesos de cambios de calidad química de las aguas y su contaminación. Por esta situación se podría deducir que la contaminación del suelo con el cianuro, tienen un efecto en las propiedades mecánicas del mismo, que influirán directamente en la capacidad admisible del suelo, debido a que los parámetros de resistencia del suelo como el ángulo de fricción interna y la cohesión son afectados por el cianuro. Lo que implicaría plantear cimentaciones de mayores dimensiones que elevará en gran manera el costo de

la edificación.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema principal:

¿Será el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), la que genera la variación de los parámetros de la capacidad admisible del suelo?

2.2.2. Problemas específicos:

A. ¿Será el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), la que genera la variación del ángulo de fricción interna?

B. ¿Será el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), la que genera la variación de la cohesión?

C. ¿Será el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%, 100%), la que genera la variación de la capacidad de carga admisible del suelo?

2.3. Justificación

Tomando en cuenta la expansión demográfica que se viene suscitando en la población de Juliaca, ésta ha generado que las inmobiliarias tanto locales como nacionales realicen proyectos de envergadura en la zona periurbana, las mismas que podrían tener serios problemas económicos y técnicos en el tipo de cimentación, debido a la baja capacidad admisible del suelo por el problema de la contaminación con cianuro.

Desde el punto de vista ambiental, el cianuro por la agresividad que la caracteriza, al entrar en contacto con los agregados minerales constitutivos de los suelos, debilita la matriz del mismo, reduciendo la adherencia intermolecular entre las partículas componentes de la arcilla, y en el caso de las gravas limpia la superficie de las caras de los minerales constitutivos, lo que permite lavar el oro disperso entre las porosidades microscópicas de las gravas y suelo en general, hecho que incrementa el ángulo de fricción interna y disminuye la cohesión del suelo. que son parámetros importantes que nos permitirán determinar la capacidad portante o admisible del suelo.

Desde el punto de vista económico, siendo los valores de la capacidad admisible o

portante del suelo, del que depende directamente el tipo de cimentación a construirse en una edificación y la inversión que esta representa, se considera de suma importancia realizar un trabajo de investigación al respecto para disponer de antecedentes de los parámetros de resistencia del suelo y estimar las dimensiones y nivel de desplante de las cimentaciones para la zona de estudio y así reducir los costos adicionales que generan reforzar una estructura con deficiencias.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Analizar si el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), genera la variación de los parámetros de la capacidad admisible del suelo.

2.4.2. Objetivos específicos

A. Determinar si el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), genera variación del ángulo de fricción interna.

B. Determinar si el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), genera variación de la cohesión

C. Analizar si el agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), genera variación de la capacidad de carga admisible del suelo.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

El agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), genera variación de los parámetros de la capacidad admisible del suelo.

2.5.2. Hipótesis específicas

A. El agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), reduce el ángulo de fricción interna.



B. El agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), disminuye la cohesión.

C. El agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo en diferentes porcentajes (25%; 50%; 75%; 100%), disminuye la capacidad de carga admisible del suelo.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

La investigación se realizó en la Región Puno, Provincia de San Román, específicamente en la zona Periurbana de la ciudad de Juliaca, es decir; en la zona urbana marginal de Maravillas, donde se viene realizando la extracción de minerales mediante el procedimiento de cianuración en material de relave excedente, trasladado de diferentes zonas de explotación minera del altiplano. La ciudad de Juliaca pertenece a la provincia de San Román, situada a 3824 msnm en la meseta del Collao, al noroeste del lago Titicaca. Es el mayor centro económico de la región Puno y una de las mayores zonas comerciales del Perú es la ciudad más poblada de la Región con 260607 habitantes (INEI, 2013). La Figura 4 muestra el área de estudio.



Figura 4. Lugar de estudio: Zona de Maravillas.

Fuente: Google Earth

3.2. Población

La población de la investigación está constituida por las áreas de terreno ubicado en la zona de Maravillas, que son contaminadas por el vertido de aguas cianuradas procedentes del proceso de lixiviación de oro y plata.

3.3. Muestra

Para la presente investigación se consideró 15 especímenes (muestras), que se extrajeron de 03 calicata realizada en la zona periférica de maravillas, de acuerdo a las recomendaciones del RNE E-050 y criterio del investigador. Las muestras alteradas de las calicatas se extrajeron a una profundidad de 2 m. El tipo de muestreo asumido es por el método de muestreo no probabilístico. La Figura 5 muestra la ubicación de las 3 calicatas realizadas.



Figura 5. Prospecciones realizadas para el muestreo

Fuente: Google Earth

3.4. Método de investigación

En la presente investigación se ha empleado el método cuantitativo, ya que se recolecta datos con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento. La investigación es del tipo correlativo, puesto que el objetivo es

correlacionar el ángulo de fricción, la cohesión y la capacidad portante con el porcentaje de cianuro en el suelo. Por otro lado, es un tema o problema de investigación poco estudiado anteriormente.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos.

Para la presente investigación se consideró el procedimiento metodológico mostrado en la Figura 6.

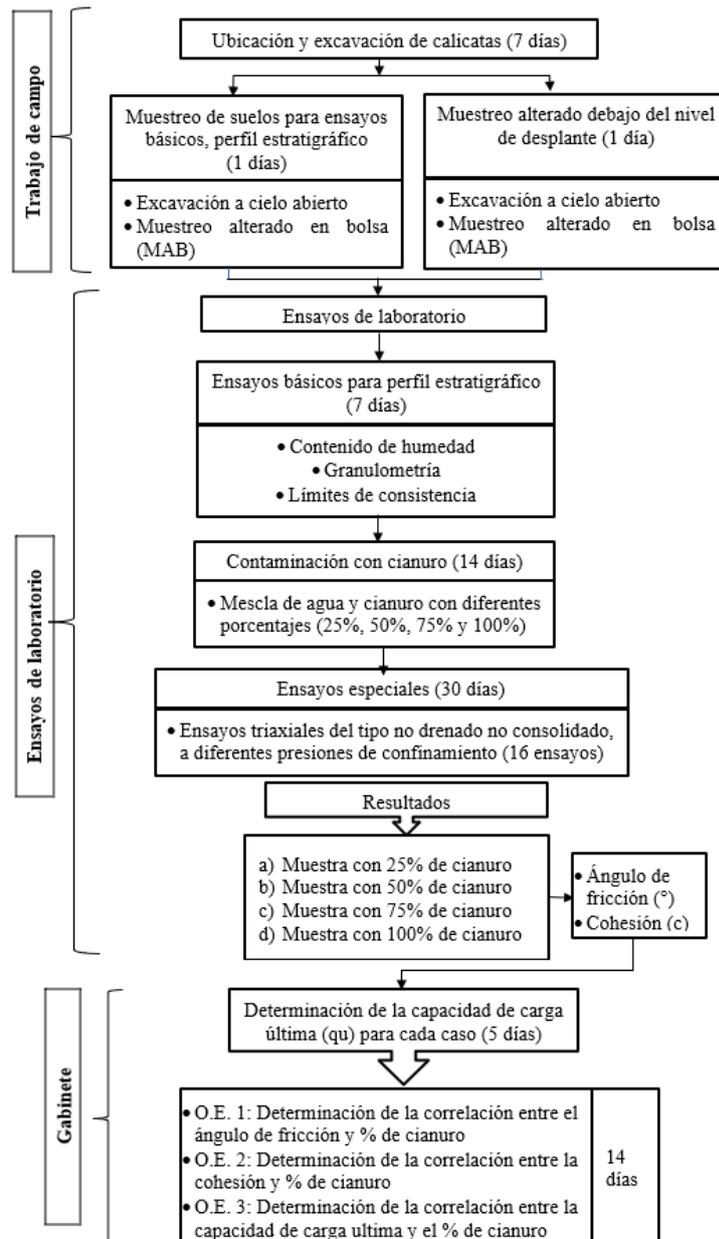


Figura 6. Diseño metodológico de la investigación.

3.5.1. Exploración y muestreo

Para la excavación de calicatas, se empleó una retroexcavadora con la finalidad de optimizar los trabajos y llegar a profundidades de -3,00 m; en el mes de julio del 2019 en la zona urbana marginal de Maravillas ubicada a una latitud $15^{\circ}24'48.63''S$, longitud $70^{\circ}8'11.46''O$. Seguidamente se procedió a medir las alturas de los estratos y ubicación del nivel freático; extraer muestras de suelo, realizándose la evaluación y descripción insitu, y finalmente el etiquetado y embalaje de las mismas.

Así mismo, se realizó la extracción de muestras inalteradas por debajo del nivel de desplante de la cimentación proyectada para ensayos especiales en laboratorio.

Todas las muestras embaladas se trasladaron con sumo cuidado al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.5.2. Ensayos de laboratorio

Con el fin de tener las características iniciales de la muestra de suelo, se realizó ensayos de laboratorio en estado natural, es decir sin contaminación de cianuro, que se establece como línea base.

- 01 Contenido de Humedad.
- 01 Análisis granulométrico.
- 01 Límites de consistencia.
- 01 Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS.
- 01 Densidad Natural
- 01 Gravedad específica y
- 03 ensayos triaxial en estado natural, es decir; suelo sin contaminar con cianuro.

Los ensayos de laboratorio se realizaron en base a las normas internacionales: **American Society for Testing and Materiales (ASTM-2016)**, cuyos procedimientos se describen a continuación:

3.5.2.1. Contenido de humedad

Empleando la norma ASTM-D653-90, como mínimo se extrajeron 3 porciones de 100 g. cada muestra, a continuación, se pesaron las capsulas de aluminio, seguidamente se colocó la muestra de suelo natural en dichas capsulas y se determinó su peso; para luego colocar las capsulas en el horno de secado por un tiempo de 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}C$; después de dicho tiempo

se pesó la muestra seca y se realizaron los cálculos correspondientes (Gómez y Vidal, 2007; Delgadillo, 2017).

3.5.2.2. Análisis granulométrico

Consiste en secar una muestra de suelo (500 g.) a una temperatura de 110°C, durante 24 horas, luego se extrae dicha muestra y se pesa, a continuación se lava este material pasándolo a través del tamiz N° 200, una vez concluida esta operación se lleva al horno nuevamente a la misma temperatura durante 24 horas, esta muestra se zarandea por un juego de tamices registrando los pesos retenidos en cada uno de los tamices, por último se realizan los cálculos correspondientes y se dibuja la curva granulométrica (Bonifácio et al., 2011; Delgadillo, 2017).

3.5.2.3. Límites de consistencia

Límite líquido (LL): Consiste en tamizar una muestra de suelo, por el tamiz N° 40, y del material zarandeado se cogen unos 100 g. de muestra y se colocan en un envase de porcelana, luego se humedece con agua destilada durante 24 horas, una porción de esta pasta se vierte en la cuchara de Casa Grande y se enraza hasta un espesor máximo de 1 cm, en seguida se utiliza el ranurador para realizar un corte a dicha muestra, luego se acciona la cuchara de Casa Grande a una velocidad de 2 golpes por segundo, hasta que la ranura de un lado y otro se junten en un ancho de ½ pulgada con un número mínimo de 15 golpes y un máximo de 35, luego se coge la muestra de esa unión y se deposita en una capsula y se calcula su contenido de humedad, con estos resultados se grafican los resultados y se obtiene el límite líquido, según la norma ASTM-D-423. El Límite plástico (LP): Se toma una pequeña cantidad de muestra del mismo material preparado para el límite líquido y se forman cilindros de 3 mm de diámetro, hasta que falle a una velocidad constante y se pueda apreciar fisuras en su superficie, en dicho instante se coloca la muestra en una capsula y se determina el contenido de humedad. El contenido de humedad promedio de 3 muestras representa el LP según (Hossne y Salazar, 2004; Delgadillo, 2017).

3.5.2.4. Clasificación del suelo

Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS: La clasificación por dichos métodos se realiza con los porcentajes pasantes que se registran en el proceso de granulometría, los resultados del LL y LP y la utilización de tablas

estandarizadas por el SUCS y AASHTO (Guerrero y Cruz, 2018; Delgadillo, 2017).

3.5.2.5. Densidad natural

Se prepara una muestra de suelo dándole una forma geométrica conocida, hallamos su peso y dividiéndolo entre su volumen obtendremos su peso específico (Hernández et al., 2021).

3.5.2.6. Ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado

Se preparará una muestra remoldeada de 7 cm de diámetro por 14 cm. de altura, con una humedad natural correspondiente, se toma el peso inicial de la muestra y las dimensiones de la misma bien controladas, se coloca piedra porosa y papel filtro colocándose la muestra encima, nuevamente se coloca papel filtro y una piedra porosa en el cabezal, todo este conjunto se cubre con membrana látex, se coloca a la cámara triaxial, asegurándose de que no exista fuga de agua, luego se le inyecta agua a dicha cámara a una presión de confinamiento predeterminada de 1kg/cm^2 , el mismo que se duplicará progresivamente para los 2 siguientes ensayos; se apoya el pistón de carga vertical y al aplicar la carga se mide la deformación vertical de la muestra con un micrómetro, la prueba se realiza usualmente manteniendo constante la presión de confinamiento e incrementando la presión vertical, el esfuerzo axial se va aumentando en pequeños incrementos hasta que la muestra falle. Con los datos tomados se grafican las curvas esfuerzo desviador versus deformación axial, esfuerzo de corte versus esfuerzo axial (Círculo de Mohr), y a través de trazos correspondientes de la pendiente tangente de la curva se determina el ángulo de fricción interna y la cohesión (Hernández et al., 2021).

3.5.3. Preparación de especímenes contaminados con cianuro (CN)

Los especímenes se prepararon considerando el contenido de humedad natural y densidad natural, con estos datos se determinó para un volumen conocido, la cantidad de suelo y agua a mezclar y compactarlo con el molde del triaxial. Para contaminar con el cianuro, este se reemplazó en 25%; 50%; 75% y 100% a la cantidad de agua natural.

Para determinar lo **objetivo específicos 1 y 2**, se realizó los siguientes ensayos de laboratorio a la muestra contaminada con 25%; 50%; 75% y 100% de cianuro.

- 01 Contenido de Humedad.

- 01 Densidad Natural
- 03 ensayos triaxial en suelo contaminado con 25% de cianuro.
- 03 ensayos triaxial en suelo contaminado con 50% de cianuro.
- 03 ensayos triaxial en suelo contaminado con 75% de cianuro.
- 03 ensayos triaxial en suelo contaminado con 100% de cianuro

3.5.4. Materiales, equipos, insumos e instrumentos utilizados

Los materiales, equipos, insumos e instrumentos utilizados para el desarrollo de los ensayos requeridos son los que se detallan a continuación (Parmar, 2021).

Materiales:

- Suelo, guantes y mandil.

Equipos:

- Mortero, espátula, equipo triaxial, molde triaxial, juego de tamices, cuchara de casa grande, vidrio esmerilado, horno eléctrico, balanzas con precisión de 0,01 g. vernier y mascara de protección.

Insumos:

- Agua y cianuro

Instrumentos:

- Ficha de procesamiento de resultados de ensayos contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, densidad natural, gravedad específica y ensayo triaxial.

Insumos:

- Agua y cianuro.

3.5.5. Prueba estadística

El programa estadístico que se utilizó fue SPSS, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar los supuestos de Normalidad y Levene para el supuesto de Homogeneidad. Luego de determinar si las variables tienen una distribución normal o no y si son homogéneas o no, se procedió a realizar la prueba de correlación con el estadístico Spearman para determinar si existe relación entre el ángulo de fricción interna (habiéndose determinado que no tiene una distribución normal) y el contenido de cianuro; y el estadístico r de Pearson para determinar si existe relación entre la cohesión, capacidad de carga admisible y el contenido de cianuro (ver anexos 1 al 7) (Rodríguez, 2020; Zhang y Wang, 2023).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Línea base del suelo

El suelo natural encontrado en el lugar de estudio es un suelo fino, arcilla de baja plasticidad (CL), a esta muestra se realizaron diversos ensayos para caracterizarlo física y mecánica para ser contaminado con diferentes porcentajes de cianuro.

Luego del trabajo de campo, se procedió a llevar la muestra al laboratorio de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando la normatividad y ensayos siguientes:

La muestra sin contaminar corresponde al estrato ubicado 0,00 m a -1,50 m; conformado por un material fino de baja plasticidad, con contenido de grava en un 2,50%, arena de 30,56%, Limo y Arcilla de 66,93%.

Los ensayos realizados sobre las propiedades del suelo natural sin contaminar se resumen en la Tabla 2, cuyo porcentaje de finos 66,93% es mayor a 50% e índice de plasticidad de 12,3%, permitió clasificar a una arcilla de baja plasticidad. El contenido de humedad natural de 18,74%, sirvió de referencia para que este sea remplazado en 25%; 50%; 75% y 100% por cianuro, resultando agua cianurada, para luego ser contaminado en el suelo seco sin contaminar. La densidad natural de 1,831 g/cm², permitió remoldear las muestras alteradas con mayor aproximación a una inalterada (Tabla 2).

Tabla 2

Propiedades básicas del suelo sin contaminar

Propiedades del suelo sin contaminar	Valores
Contenido de humedad (%)	18,74 ± 0,252
Límite líquido (%)	26,6
Límite plástico (%)	14,3 ± 1,114
Índice de plasticidad (%)	12,3
Densidad seca (g/cm ³)	1,542
Densidad natural (g/cm ³)	1,831

n=3

4.2. Características mecánicas del suelo

Las características mecánicas del suelo se refieren a la capacidad portante de los suelos, en esta investigación se realizó el ensayo triaxial para determinar el ángulo de fricción, cohesión y finalmente calcular la capacidad de carga admisible con diferentes porcentajes de contaminación de cianuro.

4.2.1. Ángulo de fricción interna

El ángulo de fricción interna es uno de los parámetros para analizar la resistencia al esfuerzo cortante; el cual se conoce como un indicador de la fricción entre partículas del suelo, lo que incrementa la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

Es el ángulo entre el eje de esfuerzos normales y la tangente de la envolvente de Mohr en un punto que representa una condición dada de esfuerzo de ruptura de un material sólido; es decir, corresponde al ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal aplicada a dicho plano. El ángulo de fricción interna depende de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y forma de los granos y de la presión normal; los valores varían de prácticamente 0° para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido, hasta 45° o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares (Carbonell et al., 2018). Además Ma et al. (2019) concluyen que con el aumento de iones de zinc aumenta el ángulo de fricción interna y disminuye la cohesión.

Mientras que Fernández (2014) al experimentar con hidrocarburos determina que baja el ángulo de fricción interna, donde realiza la confirmación de dicha

disminución.

Ma et al. (2021), en su investigación de las propiedades mecánicas de arcillas limosas reforzadas con fibras de lino contaminadas con solución de iones de Zinc, observó la variación del ángulo de fricción interna y la cohesión, los cuales fueron analizados desde una perspectiva microscópica concluyendo que, con el aumento de la concentración de iones de zinc, el ángulo de fricción interna aumenta y la cohesión disminuye.

Li et al. (2021), en su estudio del análisis de las propiedades mecánicas de la arcilla roja contaminada con iones de Zinc, realizado mediante pruebas triaxiales concluye que el ángulo de fricción interna primero aumenta y luego disminuye con el aumento de la concentración de iones de zinc. La superficie del mineral de arcilla está cargada negativamente, y cuando la concentración de iones de zinc es de 00.1%, la atracción entre el ion de zinc y el mineral de arcilla disminuye el espesor de la doble capa eléctrica, la distancia entre las partículas del suelo se vuelve más pequeño, por lo que aumenta el ángulo de fricción interna. Cuando la concentración de iones de zinc aumenta, el agua cristalina se diluirá cuando la solución se mezcle con arcilla roja, lo que destruye la estructura de la arcilla roja y reduce la fricción entre las partículas del suelo, por lo que el ángulo de fricción interna disminuye.

Shan et al. (2023), concluyo que cuando la concentración de ácido clorhídrico aumenta del 1 al 7%, el ángulo de fricción interna se mantiene constante con una concentración de 1 a 5%, alternativamente cuando la concentración del hidróxido de sodio aumenta de 1 al 7%, la concentración alcalina afecta al ángulo de fricción interna.

El coeficiente de correlación de Pearson “r” es de 0,975, indicando una correlación positiva fuerte entre el ángulo de fricción y el porcentaje de cianuro, ya que el ángulo de fricción promedio al 0% de cianuro es de $19,10^\circ$, al 25% de cianuro aumenta a $20,82^\circ$, así sucesivamente hasta llegar a $26,42^\circ$ con un 100% de cianuro, además el intervalo de confianza al 95% calculado con el error estándar está en el rango de $17,06^\circ - 28,96^\circ$, (Tabla 3) por tanto, el total de las muestras se encuentran dentro de ese rango.

Tabla 3

Variación del ángulo de fricción interna con diferentes porcentajes de cianuro

Contenido de cianuro (%)	Ángulo de Fricción promedio (°)
0	19,10 ± 0,206
25	20,82 ± 2,198
50	24,18 ± 0,320
75	24,54 ± 0,320
100	26,42 ± 0,298
Valor “p” de pearson n=3	0,975

Ma et al. (2022), indica que la ruta de esfuerzo del suelo con diferente concentración de álcali es diferente, con una concentración de álcali del 4 al 16%, el ángulo de fricción interna aumenta gradualmente. Cuando la concentración de NaOH alcanza el 4%; 8%; 12% y 16%, el ángulo de fricción interna aumenta en un 15,32%; 46,37%; 55,97% y 75,95% respectivamente.

Rasheed et al. (2014) determinaron que para una illita (arcilla) el ángulo de fricción disminuye con adición de diesel; con una concentración de álcali del 4 al 16%, el ángulo de fricción interna aumenta gradualmente, cuando la concentración de NaOH alcanza el 4%, 8%, 12% y 16%, los ángulos de fricción interna aumentan en un 15,32%; 46,37%; 55,97% y 75,95% respectivamente (Ma et al., 2022). Por otro lado, al comparar parámetros de resistencia de valores internacionales recomendados para diseño, con resultados experimentales obtenidos para un relleno en Colombia, no encontró una dependencia significativa entre la resistencia al corte de los residuos sólidos y su peso específico (Sandoval et al., 2015) y los efluentes reducen drásticamente las propiedades mecánicas del suelo, y el ángulo de fricción resultan más bajo (Irfan et al., 2018).

Las investigaciones llegan a conclusiones que difieren de la presente investigación, esto se debe a que ninguno realiza la contaminación del suelo con Cianuro. Por tanto, la presente investigación es de mucha importancia, en vista de que según González-Valoys et al. (2022), el cianuro en el suelo no se elimina hasta después de 20 años de contaminado.

4.2.2. Cohesión

La cohesión es uno de los parámetros para analizar la resistencia al esfuerzo cortante; el cual se conoce como el esfuerzo que permite mantener unidas las partículas del suelo, lo que incrementa la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos. La cohesión es una propiedad física de la materia que se refleja en el arrastre intermolecular hacia entre moléculas de la misma. La cohesión es una característica muy importante de un suelo coherente o ligado y se produce bajo la influencia de fuerzas electroquímicas entre partículas (Nedim, 2013). Asimismo Carbonell et al. (2018) define la cohesión como la adherencia entre las partículas del suelo debido a la atracción entre ellas en virtud de las fuerzas moleculares y las películas de agua.

Los resultados de la cohesión para diferentes porcentajes de cianuro, determinadas a través de ensayos triaxiales con muestras remoldeadas considerando la densidad y contenido humedad natural se indican en la Tabla 4.

Donde se observa que el coeficiente de correlación de Pearson “r” es de -0,988, indicando una correlación negativa fuerte entre la cohesión y el porcentaje de cianuro, ya que la cohesión promedio al 0% de cianuro es de 0,47 kg/cm², al 25% de cianuro disminuye a 0,45 kg/cm², así sucesivamente hasta llegar a 0,32 kg/cm² con un 100% de cianuro, además el intervalo de confianza al 95% calculado con el error estándar está en el rango de 0,266 kg/cm² – 0,523 kg/cm², por tanto, el total de las muestras se encuentran dentro de ese intervalo.

Tabla 4

Variación de la cohesión con diferentes porcentajes de cianuro

	Contenido de cianuro (%)	Cohesión promedio (kg/cm²)
	0	0,47 ± 0,010
	25	0,45 ± 0,010
	50	0,39 ± 0,012
	75	0,35 ± 0,006
	100	0,32 ± 0,010
	R	-0,908

n=3

Ma et al. (2021), en su investigación de las propiedades mecánicas de arcillas limosas reforzadas con fibras de lino contaminadas con solución de iones de Zinc, observó variación de la cohesión, los cuales fueron analizados desde una perspectiva microscópica concluyendo que, con el aumento de la concentración de iones de zinc,

la cohesión y el módulo de compresión disminuyen.

Li et al. (2021), en su estudio del análisis de las propiedades mecánicas de la arcilla roja contaminada con iones de Zinc, realizado mediante pruebas triaxiales, indica que cuando la concentración de iones de zinc aumenta, el agua cristalina se diluirá cuando la solución se mezcle con arcilla roja, lo que destruye la estructura de la arcilla roja y reduce la cohesión entre las partículas del suelo. Ma et al. (2022), indica que con una concentración del 0%, el índice de resistencia del suelo es de 82,14 kPa, 21,67°, y la concentración de álcali es del 4 al 16%, la cohesión se reduce ligeramente. Para el suelo del sitio, la cohesión del suelo es de 82,14 kPa y el ángulo de fricción interna es de 21,67°. Cuando la concentración de NaOH alcanza el 4%; 8%; 12% y 16%, la cohesión aumenta en un 85,51%; 49,65%; 41;13% y 24,76% respectivamente en comparación con las del suelo original.

Li y Hu (2022), en un estudio a las capas de aislamiento del suelo de los relaves utilizados en las minas, con diferentes valores de densidad aparente seca, contenido de agua, contenido de bentonita y concentración de iones Plomo, fueron sometidas a ensayos de corte directo, bajo esfuerzos normales de 12,5, 25, 50 y 100 kPa. Encontró que cuando la densidad aparente en seco se incrementa de 1,1 g/cm³ a 1,3 g/cm³, la resistencia al corte aumentó en 49,3% ~ 117,2%, y cuando el contenido de agua se redujo de 24% a 16%, la resistencia al corte aumenta de una a tres veces.

Mulenga (2022), reporta en cuanto al suelo contaminado por cianuro, este debe ser descontaminado para su posterior utilización, para ello aplicó la lixiviación asistida por alcálisis, para suelos con distintos pH y tiempos, concluyendo que para suelos con pH>13 se eliminó entre el 97% y 100% el contenido de cianuro, y con pH más bajo la eliminación del cianuro es incompleta, independientemente del tiempo de lixiviación con alcálisis. Shan et al. (2023), concluye que cuando la concentración de ácido clorhídrico aumenta del 1 al 7%, la concentración de solución ácida se correlacionó negativamente con la cohesión del suelo, pero el ángulo de fricción interna se mantuvo constante con una concentración de 1 a 5%, alternativamente cuando la concentración del hidróxido de sodio aumenta de 1 al 7%, la concentración alcalina afecta al ángulo de fricción interna y la cohesión en una correlación positiva. Investigaciones realizadas por Rasheed et al. (2014) concluyen que el incremento del contenido de diésel reduce la cohesión para una illita (arcilla); con una concentración de álcali del 4 al 16%, la cohesión se reduce ligeramente. Para el suelo del sitio, la

cohesión del suelo es de 82,14 KPa. Cuando la concentración de NaOH alcanza el 4%, 8%, 12% y 16%, la cohesión aumenta en un 85,51%, 49,65%, 41,13% y 24,76% respectivamente en comparación con el suelo original (Ma et al., 2022), en la contaminación de los efluentes estos reducen drásticamente las propiedades mecánicas del suelo, específicamente la cohesión, además el límite líquido como el índice de plasticidad de los suelos mostraron una tendencia creciente con la contaminación; los suelos contaminados tenían una densidad seca máxima más baja y tenían cohesión más bajos (Irfan et al., 2018).

4.2.3. Capacidad portante

La capacidad portante del suelo se refiere a las propiedades que tiene el suelo para soportar diferentes esfuerzos como consecuencia de la carga provocada por la superestructura, y su valor máximo se refiere al esfuerzo máximo que actúa antes de que ocurra la falla por esfuerzo cortante o se pierda estabilidad. Este valor varía según el tipo de suelo a tratar y el tamaño y distribución de las cargas que actúan sobre la cimentación (García et al., 2014). Se ha calculado la capacidad admisible de carga para el área estudiada en base a las características del subsuelo. Para tal efecto se han utilizado el criterio de Terzaghi-Peck (1967), modificado por Vesic (1973), según el cual la capacidad última y admisible de carga se expresa por la ecuación 4, respectivamente:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma \qquad q_a = q_u/FS \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

q_u : Capacidad portante última en kg/cm^2

q_a : Capacidad portante admisible en kg/cm^2

ϕ : Ángulo de fricción interna en grados

c : Cohesión en kg/cm^2

γ : Densidad

B : Ancho de la zapata

N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga

FS : Factor de seguridad

Tabla 5

Variación de la capacidad portante con diferentes porcentajes de cianuro

Contenido de cianuro (%)	Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de fricción (°)	qa promedio (kg/cm ²)
0	0,47 ± 0.020	19,10 ± 0.020	1,06
25	0,45 ± 0.020	20,82 ± 0.020	1,02
50	0,39 ± 0.023	24,18 ± 0.023	0,88
75	0,35 ± 0.012	24,54 ± 0.012	0,80
100	0,32 ± 0.020	26,42 ± 0.020	0,75
R	-0,986		

n=3

El coeficiente de correlación de Pearson “r” es de -0,986, indicando una correlación negativa fuerte entre la capacidad de carga admisible y el porcentaje de cianuro, ya que la capacidad admisible promedio al 0% de cianuro es de 1,06 kg/cm², al 25% de cianuro disminuye a 1,02 kg/cm², al 50% de cianuro disminuye a 0,88 kg/cm²; así sucesivamente hasta llegar a 0,75 kg/cm² con un 100% de cianuro, además el intervalo de confianza al 95% calculado con el error estándar está en el rango de 0,635 kg/cm²– 1,172 kg/cm², por tanto, el total de las muestras se encuentran dentro de ese rango (Tabla 5), estos resultados se presentan en el anexo 8. Ma et al. (2019), concluye que el estudio de la variación de la capacidad portante de suelos contaminados con hidrocarburos, mediante ensayos de laboratorio, depende de la efectividad de la compactación previa de las muestras remoldeadas. Como se ve en la Figura 9 la relación de los esfuerzos principales disminuye en el suelo contaminado respecto al no contaminado. Fernández (2014) realiza ensayos con hidrocarburos que se enfoca en los factores de Nq, expresado como Nqd para el caso contaminado con 7%, en donde a función que se contamina disminuye la capacidad portante. Mientras que Ma et al. (2022), menciona que no existe una dependencia significativa entre la resistencia al corte de los residuos sólidos y su peso específico Sandoval et al. (2015); reporta que la resistencia a la compresión no confinada de los suelos contaminados por efluentes disminuyó hasta un 60% con la adición de un 20% de efluentes industriales mientras Irfan et al. (2018); indica que la capacidad de carga admisible se reduce en 29,25%. Fernández (2014) concluye que la disminución de la capacidad portante de suelos contaminados con hidrocarburos, mediante ensayos de laboratorio, depende de la efectividad de la compactación previa de las muestras remoldeadas.

CONCLUSIONES

- Se encontró que existe una correlación positiva muy fuerte entre el ángulo de fricción interna y el porcentaje de agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo, ya que el ángulo de fricción promedio al 0% de cianuro es de $19,10^\circ$, al 25% de cianuro aumenta a $20,82^\circ$, así sucesivamente hasta llegar a $26,42^\circ$ con un 100% de cianuro, por tanto, a mayor contaminación con cianuro, se incrementa la fricción del suelo.
- Existe una correlación negativa muy fuerte entre la cohesión y el porcentaje de agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo, ya que la cohesión promedio al 0% de cianuro es de $0,47 \text{ kg/cm}^2$, al 25% de cianuro disminuye a $0,45 \text{ kg/cm}^2$, así sucesivamente hasta llegar a $0,32 \text{ kg/cm}^2$ con un 100% de cianuro, por tanto, a mayor contaminación con cianuro, disminuye la cohesión del suelo.
- Existe una correlación negativa fuerte entre el porcentaje de agua cianurada añadida al contenido de humedad natural del suelo y la capacidad admisible del suelo, es decir a 0% de cianuro es $1,06 \text{ kg/cm}^2$, al 25% de cianuro es $1,02 \text{ kg/cm}^2$, y así sucesivamente hasta llegar al 100% de cianuro con capacidad admisible de $0,75 \text{ kg/cm}^2$ a mayor contenido de cianuro en el suelo, la capacidad de carga admisible disminuye significativamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, analizar las propiedades del cianuro, e investigar cual es la razón por la que genera un incremento del ángulo de fricción interna del suelo, ya que se esperaría que la contaminación afecta al suelo.
- En vista que cuanto más contaminación con cianuro tiene un suelo arcilloso, disminuye la cohesión, se sugiere evitar la presencia de cianuro en los terrenos destinados a cimentación de edificaciones, ya que en un suelo arcilloso se suele considerar como parámetro principal la cohesión y despreciamos la fricción del suelo, lo que podría generar una disminución de la capacidad admisible del suelo.
- Se observó que cuanto mayor contaminación con cianuro, disminuye la capacidad admisible del suelo, se recomienda limpiar el suelo a cimentar en caso de tener presencia de cianuro en el suelo, ya que en la presente tesis no se investigó el efecto del cianuro en el concreto, lo que podría afectar la resistencia del concreto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. (2016). La Mecanica De Suelos Y Las Cimentaciones En Las Construcciones Industriales. I(I), 1-3.
- Adler, R., Bergquist, B., Adler, S., Guimarães, J., Lees, P., Niquen, W., Velasquez, C., & Veiga, M. (2013). Challenges to measuring, monitoring, and addressing the cumulative impacts of artisanal and small-scale gold mining in Ecuador. *Resources Policy*, 38(4), 713-722. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.03.007>
- Basile, L., Willson, R., Sewell, T., & Benedik, M. (2008). Genome mining of cyanide-degrading nitrilases from filamentous fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80(3), 427-435. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1559-2>
- Bento, A. M. (2013). Local/Regional Air Pollution from Stationary Sources. *Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics*, 3-3, 103-108. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375067-9.00093-0>
- Berry, P. (2000). *Mecánica de suelos* (1ra ed.). McGraw-Hill.
- Bespalov, V. I., Gurova, O. S., & Samarskaya, N. S. (2016). Main Principles of the Atmospheric Air Ecological Monitoring Organization for Urban Environment Mobile Pollution Sources. *Procedia Engineering*, 150, 2019-2024. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.286>
- Bonifácio, C. M., Teresa De Nóbrega, M., & Silveira, H. (2011). Análisis Granulométrico de un sistema Pedológico en el Municipio de Tamboara-PR, Brasil. En *Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL*. <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820597.pdf>
- Braja, D. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (7 ma). Learning Cengage.
- British Standards Institution. (1997). *Soil quality: BS 7755: Section 1.1: 1997. Part 1:*

- Terminology and classification. Section 1.1: Terms and definition relating to the protection and pollution of soil. British Standards Institution.
- Brüger, A., Fafilek, G., Restrepo, O., & Rojas, L. (2018). On the volatilisation and decomposition of cyanide contaminations from gold mining. *Science of the Total Environment*, 627, 1167-1173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.320>
- Carbonell, B. G., Robinson, E., Quintana, B. N., Karolina, I., Castillo Velarde, M., & Carlos, R. (2018). Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11114>
- Cárdenas, J. (2013). La minería en México: Despojo a la Nación. *Cuestiones Constitucionales*, 28(28), 35-74. [https://doi.org/10.1016/S1405-9193\(13\)71275-7](https://doi.org/10.1016/S1405-9193(13)71275-7)
- Collazos, J. (2009). *Manual de evaluación ambiental de proyectos* (S. M. E.I.R.L., Ed.; Segunda).
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (5ta.). Limusa.
- Dazzi, C., & Lo Papa, G. (2022). A new definition of soil to promote soil awareness, sustainability, security and governance. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(1), 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.07.001>
- Delgadillo A., R. M. (2017). *Evaluación de la influencia de los factores ambientales en las propiedades dinámicas de sistemas estructurales de tierra* [Tesis de Maestría - Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Delgado, M. (2000). *Ingeniería de Cimentaciones: Fundamentos e introducción al análisis geotécnico*. Grupo, Alfaomega.
- García, J., Cobelo, W. D., Quevedo, G. J., & Castro, L. (2014). *Capacidad de carga en suelos parcialmente saturados*.
- Gómez, M., & Vidal, S. (2007). *Correlation of Soils Moisture Determination Through*

Drying in Oven and Microwaves.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127619409003>

Gonzales, L. (2002). *Ingeniería Geológica* (1ra edicio). Pearson Education.

Gonzales, S., & Alcala, L. (2006). *Contaminación*. I, 10-15.

González-Valoys, A. C., Arrocha, J., Monteza-Destro, T., Vargas-Lombardo, M., Esbrí, J. M., Garcia-Ordiales, E., Jiménez-Ballesta, R., García-Navarro, F. J., & Higuera, P. (2022). Environmental challenges related to cyanidation in Central American gold mining; the Remance mine (Panama). *Journal of Environmental Management*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113979>

González-Valoys, A. C., Esbrí, J. M., Campos, J. A., Arrocha, J., García-Noguero, E. M., Monteza-Destro, T., Martínez, E., Jiménez-Ballesta, R., Gutiérrez, E., Vargas-Lombardo, M., Garcia-Ordiales, E., García-Giménez, R., García-Navarro, F. J., & Higuera, P. (2021). Ecological and health risk assessments of an abandoned gold mine (Remance, Panama): Complex scenarios need a combination of indices. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph18179369>

Guerrero, C., & Cruz, L. (2018, marzo 21). Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos. <https://doi.org/https://doi.org/10.14482/inde.36.2.10377>

Hernández-Hernández, V. A., Joya-Cárdenas, D. R., Equihua-Anguiano, L. N., Leal-Vaca, J. C., Diosdado-De La Peña, J. A., Pérez-Moreno, L., Saldaña-Robles, N., & Saldaña-Robles, A. (2021). Experimental and numerical analysis of triaxial compression test for a clay soil. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000300357>

- Hilson, G. (2009). Small-scale mining, poverty and economic development in sub-Saharan Africa: An overview. *Resources Policy*, 34(1-2), 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2008.12.001>
- Hossne, A., & Salazar, J. (2004). Límites de consistencia y sus implicaciones agrícolas en un suelo ultisol de sabana del estado Monagas, Venezuela. 28.
- IIMC. (2012). Definiciones y Siglas. 8.
- Irfan, M., Chen, Y., Ali, M., Abrar, M., Qadri, A., & Bhutta, O. (2018). Geotechnical properties of effluent-contaminated cohesive soils and their stabilization using industrial by-products. *Processes*, 6(10). <https://doi.org/10.3390/PR6100203>
- Johnson, C. A. (2015). The fate of cyanide in leach wastes at gold mines: An environmental perspective. *Applied Geochemistry*, 57, 194-205.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.05.023>
- Juárez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos* (p. 644). Limusa.
- Kuklinski, C. (2011). *Medio ambiente, sanidad y gestión* (E. O. S.A., Ed.).
- Li, J., Tang, S., & Chen, X. (2021). Analysis of the Mechanical Properties and Mechanism of Zinc Ion-Contaminated Red Clay. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6649691>
- Li, Q., Jiang, T., Yang, Y. Bin, Li, G. H., Guo, Y. F., & Qiu, G. Z. (2010). Co-intensification of cyanide leaching gold by mercury ions and oxidant. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 20(8), 1521-1526.
[https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(09\)60332-0](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(09)60332-0)
- Li, Y., & Hu, Z. (2022). Direct Shear Strength Characteristics in Unsaturated Compacted Soil Surface Coverage on Pb(II)-Polluted Tailings Reservoir under Low Normal Stress. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159035>

- Logsdon, M. J., Hagelstein, K., & Terry Mudder, C. I. (2001). El Manejo del cianuro en la extracción de oro. En International Council on Metals and the Environment.
- Ma, Q., Xiang, J. chen, Yang, Y. cong, Xiao, H. lin, & Wan, J. (2019). Study on the mechanical properties of flax fiber-reinforced silty clay contaminated by zinc-ion solution, 42(7), 1071-1083. <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1652697>
- Ma, Q., Xiang, J. chen, Yang, Y. cong, Xiao, H. lin, & Wan, J. (2021). Study on the mechanical properties of flax fiber-reinforced silty clay contaminated by zinc-ion solution. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 42(7), 1071-1083. <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1652697>
- Ma, S., Xiao, H., & Bao, P. (2022). Triaxial test and microstructure analysis of soil from alkali contaminated sites. *Case Studies in Construction Materials*, 17(August), e01627. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01627>
- Matsumura, M., & Kojima, T. (2003). Elution and decomposition of cyanide in soil contaminated with various cyanocompounds. *Journal of Hazardous Materials*, 97(1-3), 99-110. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(02\)00248-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00248-0)
- Mulenga, C. (2022). Soil governance and the control of mining pollution in Zambia. *Soil Security*, 6, 100039. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100039>
- Naidu, R., Biswas, B., Willett, I. R., Cribb, J., Kumar Singh, B., Paul Nathanail, C., Coulon, F., Semple, K. T., Jones, K. C., Barclay, A., & John Aitken, R. (2021). Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity. *Environment International*, 156(April), 106616. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106616>
- Nedim, S. (2013). Importance of soil cohesion on the stability of retaining wall. 17th International Research/Expert Conference “Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2013, Istanbul, Turkey, 10-11



September 2013.

Parmar, S. (2021). Triaxial Test on Soil -Important Insights for Stress-Controlled and Strain-Controlled Test. Dharmsinh Desai University, 4, 1-16.

<https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.6003832>

Peck, R., Hanson, W., & Thornburn, T. (1998). Ingeniería de Cimentaciones (Limusa, Ed.; 1ra ed.).

Peng, Y. (2018). Application of Nanotechnology in Pollution Control of NOx From Stationary Sources. En Nanomaterials for the Removal of Pollutants and Resource Reutilization (Número x). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814837-2.00006-8>

Ralth, P., Hanson, W., & Thornburn, T. (1995). Ingeniería de cimentaciones (N. Editores, Ed.; 10 ma.). Limusa.

Rasheed, Z. N., Ahmed, F. R., & Jassim, H. M. (2014). Effect of crude oil products on the geotechnical properties of soil. 353-362. <https://doi.org/10.2495/ESUS140301>

Razanamahandry, L., Andrianisa, H., Karoui, H., Kouakou, K., & Yacouba, H. (2016). Biodegradation of free cyanide by bacterial species isolated from cyanide-contaminated artisanal gold mining catchment area in Burkina Faso. Chemosphere, 157, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.020>

Razanamahandry, L. C., Andrianisa, H. A., Karoui, H., Podgorski, J., & Yacouba, H. (2018). Prediction model for cyanide soil pollution in artisanal gold mining area by using logistic regression. Catena, 162, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.11.018>

Rodriguez, A. (2020). Conoce tus datos: evaluación de la normalidad de variables continuas y estrategias para tratar con distribuciones no normales. Medicina Clínica, 154(4), 142-145. <https://doi.org/10.1016/J.MEDCLI.2019.05.017>

- Romero, V., Norris, F. J., Ríos, J. A., Cortés, I., González, A., Gaete, L., & Tchernitchin, A. N. (2017). Consecuencias de la fluoración del agua potable en la salud humana. *Revista médica de Chile*, 145(2), 240-249. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000200012>
- Sabroso, C., & Pastor, A. (2004). Guía sobre suelos contaminados. CEPYME Aragón / Gobierno de Aragón, 7, 109.
- Sandoval-Vallejo, E. A., Ramirez-Tascón, A., & Cuarán, D. (2015). Resistencia al esfuerzo cortante en rellenos sanitarios. *DYNA (Colombia)*, 82(193), 83-92.
- Shan, Y., Cai, G., Zhang, C., Wang, X., Shi, Y., & Li, J. (2023). Effects of Acidic/Alkaline Contamination on the Physical and Mechanical Properties of Silty Clay. *Sustainability (Switzerland)*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021317>
- Soriano-Disla, J. M., Janik, L. J., & McLaughlin, M. J. (2018a). Assessment of cyanide contamination in soils with a handheld mid-infrared spectrometer. *Talanta*, 178, 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.08.106>
- Soriano-Disla, J. M., Janik, L. J., & McLaughlin, M. J. (2018b). Assessment of cyanide contamination in soils with a handheld mid-infrared spectrometer. *Talanta*, 178, 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.08.106>
- Tanriverdi, M., Mordoğan, H., & Ipekoğlu, Ü. (2005). Leaching of Ovacık gold ore with cyanide, thiourea and thiosulphate. *Minerals Engineering*, 18(3), 363-365. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2004.06.012>
- Terzaghi, K., & Ralf, T. (1973). *Mecanica de Suelos en la Ingeniería Práctica* (2 da.). El Ateneo S.A.
- Tian, T., Whalen, J. K., & Dutilleul, P. (2021). Macroaggregate persistence: Definition and applications to describe soil surface dynamics. *Geoderma*, 397(January 2020), 115096. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115096>

- Uwamungu, J. Y., Wang, Y., Shi, G., Pan, S., Wang, Z., Wang, L., & Yang, S. (2022). Microplastic contamination in soil agro-ecosystems: A review. *Environmental Advances*, 9(July), 100273. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100273>
- Wei, Y., Wang, F., Liu, X., Fu, P., Yao, R., Ren, T., Shi, D., & Li, Y. (2020). Thermal remediation of cyanide-contaminated soils : process optimization and mechanistic study. *Chemosphere*, 239, 124707. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124707>
- Xu, Q., Ning, L., Yuan, T., & Wu, H. (2023). Application of data mining combined with power data in assessment and prevention of regional atmospheric pollution. *Energy Reports*, 9, 3397-3405. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.02.016>
- Zhang, L., & Wang, L. (2023). Optimization of site investigation program for reliability assessment of undrained slope using Spearman rank correlation coefficient. *Computers and Geotechnics*, 155, 105208. <https://doi.org/10.1016/J.COMPGEO.2022.105208>
- Zhang, Y., Granger, S. G., Semenov, M. A., Upadhayay, H. R., & Collins, A. L. (2022). Diffuse water pollution during recent extreme wet-weather in the UK: Environmental damage costs and insight into the future? *Journal of Cleaner Production*, 338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130633>
- Zhao, L., Zhang, Y., Geng, X., Hu, X., Zhang, X., Xu, H., Yang, G., Pan, K., & Jiang, Y. (2021). Potential to resist biological contamination in marine microalgae culture: Effect of extracellular substances of *Nannochloropsis oceanica* on population growth of *Euplotes vannus* and other protozoa. *Marine Pollution Bulletin*, 172(May), 112868. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112868>

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad de las variables

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Cohesión	,902	15	,103
Ángulo de fricción interna	,854	15	,020
Capacidad de carga admisible	,896	15	,083
Contenido de cianuro	,902	15	,103

Las variables cohesión, capacidad de carga admisible y contenido de cianuro, siguen una distribución normal y se utilizó una estadística paramétrica, mientras que el ángulo de fricción interna no sigue una distribución normal, se utilizó una estadística no paramétrica.

Anexo 2. Prueba de homocedasticidad de varianzas entre el ángulo de fricción interna y los porcentajes de cianuro añadido

				Estadístico			
				de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ángulo de fricción interna	de	fricción	Se basa en la media	8,153	4	10	,003
			Se basa en la mediana	1,147	4	10	,389
			Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,147	4	2,484	,492
			Se basa en la media recortada	7,096	4	10	,006

Para determinar la correlación se utilizó una estadística no paramétrica (estadístico de Spearman).

Anexo 3. Prueba de correlación entre el ángulo de fricción interna y los porcentajes de cianuro añadido

				Contenido de cianuro	Ángulo de fricción interna
Rho Spearman	de Contenido de cianuro	de Coeficiente de correlación	de	1,000	,940**
		Sig. (unilateral)		,	,000
		N		15	15
	Ángulo de fricción interna	Coeficiente de correlación	de	,940**	1,000
		Sig. (unilateral)		,000	,
		N		15	15

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05

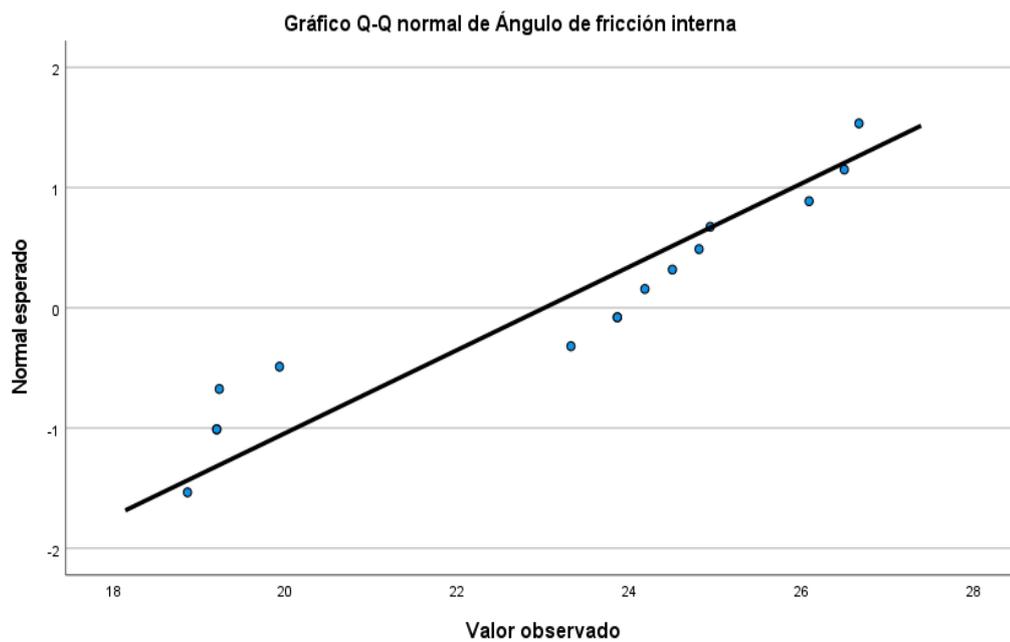


Figura 7. Gráfico normal de ángulo de fricción interna.

Anexo 4. Prueba de homocedasticidad de varianzas entre la cohesión y los porcentajes de cianuro añadido

		Estadístico			
		de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cohesión	Se basa en la media	,313	4	10	,863
	Se basa en la mediana	,125	4	10	,970
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,125	4	6,400	,968
	Se basa en la media recortada	,293	4	10	,876

Para determinar la correlación se utilizó una estadística paramétrica (estadístico de r de pearson).

Anexo 5. Prueba de correlación entre la cohesión y los porcentajes de cianuro añadido

		Contenido de cianuro	Cohesión
Contenido de cianuro	Correlación de Pearson	1	-,978**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	15	15
Cohesión	Correlación de Pearson	-,978**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	15	15

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

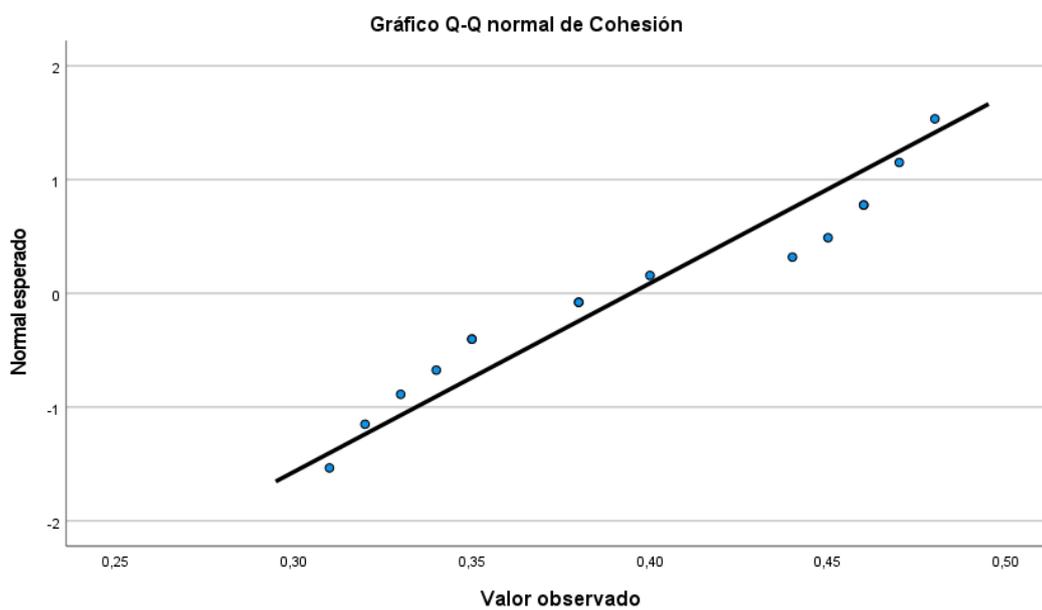


Figura 8. Gráfico normal de cohesión.

Anexo 6. Prueba de homocedasticidad de varianzas entre la capacidad de carga

admisible y los porcentajes de cianuro añadido.

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Capacidad de caga admisible	Se basa en la media	,312	4	10	,863
	Se basa en la mediana	,125	4	10	,970
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,125	4	6,400	,968
	Se basa en la media recortada	,293	4	10	,876

Para determinar la correlación se utilizó una estadística paramétrica (estadístico de r de pearson).

Anexo 7. Prueba de correlación entre la capacidad de carga admisible y los porcentajes de cianuro añadido.

		Contenido de cianuro	Capacidad de caga admisible
Contenido de cianuro	Correlación de Pearson	1	-,977**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	15	15
Capacidad de caga admisible	Correlación de Pearson	-,977**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	15	15

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05

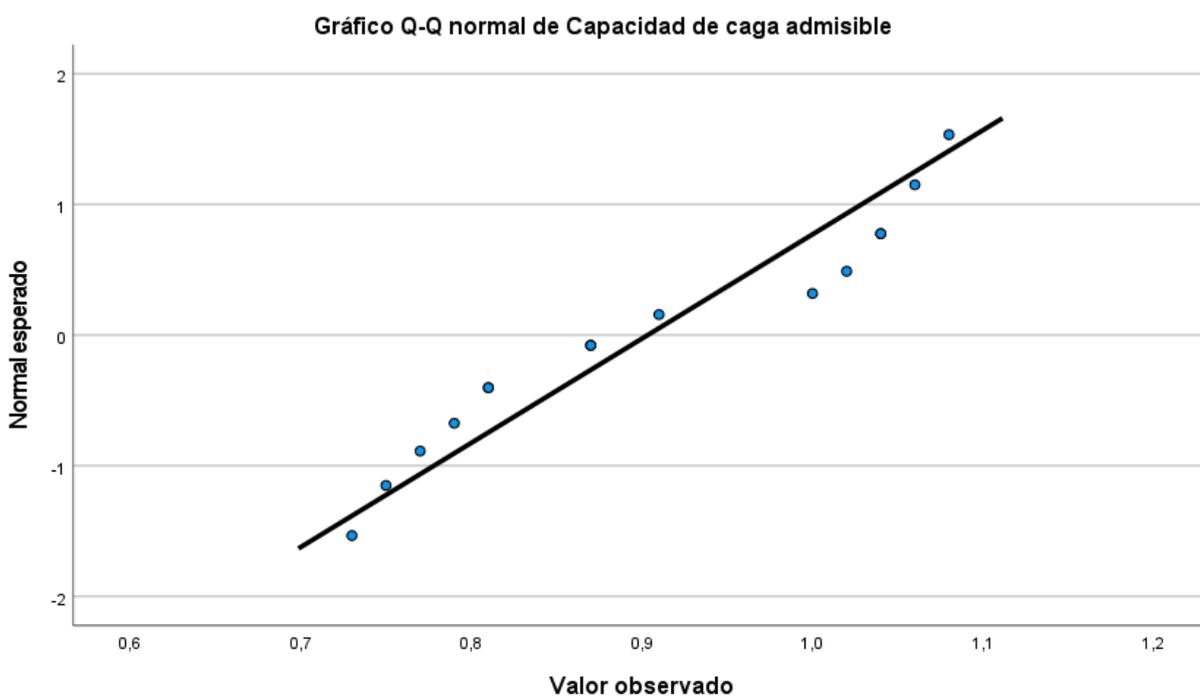
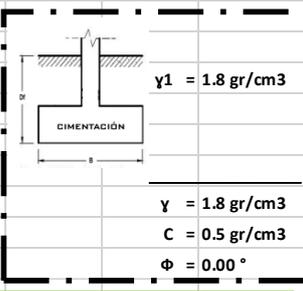


Figura 9. Gráfico normal de capacidad de carga admisible.

Anexo 8. Cálculo de la capacidad de carga admisible

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO		
PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"	
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA	
MUESTRA:	TRIAxIAL 1 0% DE CIANURO	
CIMENTACIÓN		
Cohesión	C =	0.480 Kg/cm ²
Ángulo de fricción	Φ =	18.86 °
Cohesión corregido	C' =	0.480 Kg/cm ²
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00 °
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ ₁ =	1.84 g/cm ³
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ ₁ =	1.84 g/cm ³
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ ₂ =	1.84 g/cm ³
Profundidad de la cimentación	D _f =	1.50 m
Factor de seguridad	FS =	3.00
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00 °



$N_c = (N_q - 1)(cot\phi')$

$N_v = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$

$N_q = e^{\pi \tan\theta} \tan^2\left(\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\phi'\right)$

CAPACIDAD DE CARGA
(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = CN_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

Factores de Capacidad de Carga

N_q = 1.00
N_c = 5.14
N_γ = 0.00
N_q/N_c = 0.19
K_{py} = 5.70
tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

D _f (m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14
1.2	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18
1.5	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
1.8	3.29	3.29	3.29	3.29	3.29	3.29
2.0	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
2.5	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

D _f (m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
1.2	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
1.5	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
1.8	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
2.0	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
2.5	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 1 25% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.440	Kg/cm ²	
Ángulo de fricción	Φ =	23.32	°	
Cohesión corregido	C' =	0.440	Kg/cm ²	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ ₁ =	1.84	g/cm ³	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ ₁ =	1.84	g/cm ³	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ ₂ =	1.84	g/cm ³	
Profundidad de la cimentación	D _f =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA
(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

N _q = 1.00
N _c = 5.14
N _γ = 0.00
N _q /N _c = 0.19
K _{py} = 5.70
tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
1.2	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93
1.5	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
1.8	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
2.0	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
2.5	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
1.2	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
1.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.8	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
2.0	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
2.5	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 1 50% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.380	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	24.50	°	
Cohesión corregido	C' =	0.380	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
1.2	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
1.5	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
1.8	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68
2.0	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71
2.5	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
1.2	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
1.5	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
1.8	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
2.0	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
2.5	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAIXIAL 1 75% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.350	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	24.94	°	
Cohesión corregido	C' =	0.350	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34
1.2	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
1.5	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43
1.8	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49
2.0	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
2.5	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
1.2	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
1.5	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
1.8	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
2.0	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
2.5	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAXIAL 1 100% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.330	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	26.67	°	
Cohesión corregido	C' =	0.330	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

$N_q = 1.00$
 $N_c = 5.14$
 $N_\gamma = 0.00$
 $N_q/N_c = 0.19$
 $K_{py} = 5.70$
 $\tan(\phi) = 0.00$

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
1.2	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
1.5	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31
1.8	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
2.0	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
2.5	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
1.2	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
1.5	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
1.8	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
2.0	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
2.5	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 2 0% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.470	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	19.20	°	
Cohesión corregido	C' =	0.470	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
1.2	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
1.5	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17
1.8	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23	3.23
2.0	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27
2.5	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
1.2	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
1.5	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
1.8	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
2.0	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
2.5	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 2 25% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.460	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	19.20	°	
Cohesión corregido	C' =	0.460	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

$N_q = 1.00$
 $N_c = 5.14$
 $N_\gamma = 0.00$
 $N_q/N_c = 0.19$
 $K_{py} = 5.70$
 $\tan(\phi) = 0.00$

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02
1.2	3.06	3.06	3.06	3.06	3.06	3.06
1.5	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
1.8	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17
2.0	3.21	3.21	3.21	3.21	3.21	3.21
2.5	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
1.2	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
1.5	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
1.8	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
2.0	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
2.5	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 2 50% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.400	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	24.18	°	
Cohesión corregido	C' =	0.400	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
1.2	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
1.5	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
1.8	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
2.0	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84
2.5	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
1.2	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
1.5	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
1.8	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
2.0	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
2.5	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 2 75% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.340	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	23.86	°	
Cohesión corregido	C' =	0.340	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28
1.2	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32
1.5	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
1.8	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43
2.0	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
2.5	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
1.2	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
1.5	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
1.8	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
2.0	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
2.5	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 2 100% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.320	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	26.50	°	
Cohesión corregido	C' =	0.320	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
1.2	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19
1.5	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
1.8	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
2.0	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34
2.5	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
1.2	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
1.8	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
2.0	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
2.5	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 3 0% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.460	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	19.23	°	
Cohesión corregido	C' =	0.460	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

N_q = 1.00
 N_c = 5.14
 N_γ = 0.00
 N_q/N_c = 0.19
 K_{py} = 5.70
 tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02
1.2	3.06	3.06	3.06	3.06	3.06	3.06
1.5	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
1.8	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17
2.0	3.21	3.21	3.21	3.21	3.21	3.21
2.5	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
1.2	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
1.5	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
1.8	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
2.0	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
2.5	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 3 25% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.450	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	19.93	°	
Cohesión corregido	C' =	0.450	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

Nq = 1.00
 Nc = 5.14
 Nγ = 0.00
 Nq/Nc = 0.19
 Kpy = 5.70
 tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96
1.2	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
1.5	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
1.8	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
2.0	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14
2.5	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
1.8	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
2.0	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
2.5	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 3 50% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.380	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	23.86	°	
Cohesión corregido	C' =	0.380	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
1.2	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
1.5	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
1.8	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68
2.0	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71
2.5	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
1.2	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
1.5	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
1.8	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
2.0	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
2.5	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAxIAL 3 75% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.350	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	24.81	°	
Cohesión corregido	C' =	0.350	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \theta} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34
1.2	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
1.5	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43
1.8	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49
2.0	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
2.5	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	B(m)					
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
1.2	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
1.5	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
1.8	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
2.0	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
2.5	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO POR LA CONTAMINACION CON CIANURO"
TESISTA:	MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA
MUESTRA:	TRIAXIAL 3 100% DE CIANURO

CIMENTACIÓN

Cohesión	C =	0.310	Kg/cm2	
Ángulo de fricción	Φ =	26.09	°	
Cohesión corregido	C' =	0.310	Kg/cm2	
Ángulo de fricción interna corregida	Φ' =	0.00	°	
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo saturado sobre el nivel de fundación	γ1 =	1.84	g/cm3	
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ2 =	1.84	g/cm3	
Profundidad de la cimentación	Df =	1.50	m	
Factor de seguridad	FS =	3.00		
Angulo en grados que hace la carga con la vertical.....	alfa =	0.00	°	

CAPACIDAD DE CARGA

(capacidad de carga se calculo NTP E.050)

$$q_u = C N_c S_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma i_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)(\cot \phi')$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 * \phi')$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi' \right)$$

Factores de Capacidad de Carga

- N_q = 1.00
- N_c = 5.14
- N_γ = 0.00
- N_q/N_c = 0.19
- K_{py} = 5.70
- tan (Φ) = 0.00

Cálculo de capacidad de carga ultima y admisible

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
1.2	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
1.5	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19
1.8	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24
2.0	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28
2.5	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - CIMENTACIÓN CUADRADA

Df(m) \ B(m)	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2
1.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
1.2	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
1.5	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
1.8	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
2.0	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
2.5	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79

Anexo 9. Panel fotografico



Figura 10. Vista panorámica del equipo triaxial.



Figura 11. Accesorios de la celda triaxial.



Figura 12. Ensamblaje de la membrana de látex con el tubo expansor.



Figura 13. Ensamblaje de la membrana de látex con el tubo expansor.



Figura 14. Colocado de los aros de hule, piedra porosa y pedestal de carga.



Figura 15. Colocación de la celda triaxial.



Figura 16. Procedimiento del ensayo triaxial.



Figura 17. Resultados del ensayo triaxial en el monitor



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Mariono Roberto García Loayza
identificado con DNI 01292521 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Análisis de los Parámetros de la Capacidad admisible del Suelo por la Contaminación con Cianuro"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 14 de Junio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Mariano Roberto García Loayza
identificado con DNI 01292521 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"Análisis de los parámetros de la Capacidad admisible del
Suelo por la Contaminación con Cisturno"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 14 de Junio del 20 23


FIRMA (obligatoria)

