



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la
disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Huaccoto Mayta, Ruth Roxana (ORCID: 0000-0002-6774-9951)

Huarachi Nina, Walter Hugo (ORCID: 0000-0003-2924-1513)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por darme salud y fuerzas para lograr mis metas, a mi familia, principalmente a mi madre por apoyarme en cada uno de mis pasos.

Ruth Roxana Huaccoto Mayta

Dedico primeramente mi trabajo a Dios Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza, bendición para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momento.

Walter Hugo Huarachi Nina

Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad César Vallejo por darnos la oportunidad de formar parte de esta gran casa de estudios. Que continúe este esfuerzo por formar profesionales que contribuyan al cambio.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor al Dr. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga por su tiempo, paciencia y conocimiento guiándonos a través de sus enseñanzas para lograr una meta más en el desarrollo de nuestra carrera profesional.

Agradecemos a todas las personas involucradas en esta investigación que sin su apoyo y tiempo no hubiera sido posible obtener los resultados.

Muchas gracias a todos.

Ruth Roxana Huaccoto Mayta y Walter Hugo Huarachi Nina

Índice de Contenidos

| | |
|--|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de Contenidos..... | iv |
| Índice de Tablas | v |
| Índice de Figuras..... | vii |
| Resumen..... | viii |
| Abstract..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 16 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 16 |
| 3.2. Variables y operacionalización. | 17 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 18 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 20 |
| 3.5. Procedimientos | 21 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 21 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 22 |
| IV. RESULTADOS..... | 23 |
| V. DISCUSIÓN | 57 |
| VI. CONCLUSIONES | 59 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 61 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 62 |
| ANEXOS | 67 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Viviendas urbanas de Acora | 19 |
| Tabla 2. Rango de viviendas..... | 19 |
| Tabla 3. Cuadro de coordenadas topográficas | 24 |
| Tabla 4. Cuadro de coordenadas de calicatas Datum GWS..... | 25 |
| Tabla 5. Resumen de resultado de laboratorio de suelos..... | 28 |
| Tabla 6. Resumen de características de rozamiento y cohesión | 29 |
| Tabla 7. Factores de seguridad mínimos en estabilidad de diques | 30 |
| Tabla 8. Datos básicos para la proyección de la poblacional de Acora | 32 |
| Tabla 9. Información básica sobre residuos sólidos | 33 |
| Tabla 10. Proyección poblacional de Acora..... | 34 |
| Tabla 11. Resumen de la producción per cápita de residuos sólidos de Acora ... | 34 |
| Tabla 12. Volumen anual generado de residuos sólidos en Acora | 35 |
| Tabla 13. Requerimiento del área necesaria para el relleno sanitario | 36 |
| Tabla 14. Volumen total de recepción de las trincheras | 38 |
| Tabla 15. Volumen de áreas de las plataformas..... | 38 |
| Tabla 16. Material para cobertura diaria | 41 |
| Tabla 17. Material de cubierta final | 42 |
| Tabla 18. Material orgánico de cubierta final | 42 |
| Tabla 19. Pendientes de cortes recomendadas..... | 43 |
| Tabla 20. Resumen de probetas soldadas por fusión..... | 45 |
| Tabla 21. Resultados de probetas soldadas por extrusión | 47 |
| Tabla 22. Producción de lixiviados..... | 49 |
| Tabla 23. Indicadores climáticos de Puno mes Enero a Junio..... | 49 |
| Tabla 24. Indicadores climáticos de Puno mes Julio a Diciembre | 49 |
| Tabla 25. Producción de lixiviados en relación de las precipitaciones..... | 50 |
| Tabla 26. Producción de lixiviados de acuerdo a la generación. | 50 |
| Tabla 27. Producción total de lixiviados..... | 50 |
| Tabla 28. Volumen de la poza | 50 |
| Tabla 29. Caudal de lixiviados. | 50 |
| Tabla 30. Promedio de precipitaciones..... | 52 |
| Tabla 31. Coeficiente de escorrentía | 52 |

| | |
|---|----|
| Tabla 32. Cantidad de precipitaciones | 53 |
| Tabla 33. Volumen de poza de monitoreo | 53 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de Venn. | 17 |
| Figura 2. Ubicación del relleno sanitario. | 23 |
| Figura 3. Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú (Ingemmet) cuadrángulo 32-X..... | 25 |
| Figura 4. Zonas geotécnicas. | 30 |
| Figura 5. Factor de seguridad mínimo de 1.364..... | 31 |
| Figura 6. Proyección poblacional de área urbana de Acora..... | 33 |
| Figura 7. Soldadura por fusión. | 44 |
| Figura 8. Probetas soldadas por fusión..... | 46 |
| Figura 9. Soldadura por extrusión. | 46 |
| Figura 10. Probetas soldadas por extrusión..... | 48 |
| Figura 11. Registro de precipitación año 2020. | 51 |
| Figura 12. Registro de temperaturas durante el año 2020. | 51 |
| Figura 13. Registro porcentaje de humedad 2020. | 51 |
| Figura 14. Croquis de distribución de aguas superficiales Comitiri Apacheta. | 54 |

Resumen

Esta investigación se titula "Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020" su objetivo es diseñar un relleno sanitario implementando geomembrana para mejorar la disposición final de residuos sólidos, la metodología aplicada fue el método científico con un enfoque cuantitativo aplicado a nivel descriptivo con un diseño pre-experimental. Para la población de 3,984 habitantes en el año 2021 proyectada para 15 años en base a la tasa de crecimiento poblacional urbana de 0.51% según el INEI (2017) y el número de habitantes de la población urbana de Acora ascenderá a 4,301 habitantes con una producción per cápita de 0.56 kg/hab./día, con residuos acumulados de 29,039.05 toneladas con un volumen de 58,078.11 m³, lo que requerirá una capacidad de área de 0.94 hectáreas para la cual se propone un relleno sanitario de tipo manual según el tamaño de la población y la generación de residuos sólidos, por el método combinado por la topografía del terreno para una vida útil de 15 años, garantizando la impermeabilidad del suelo con geomembrana de LLDPE de 2mm en toda el área de la trinchera.

Palabras claves: Relleno sanitario, residuos sólidos, geomembrana LLDPE, método combinado.

Abstract

This research is entitled "Design of sanitary landfill implementing geomembrane for the final disposal of solid waste in Acora-Puno 2020" its objective is to design a sanitary landfill implementing geomembrane to improve the final disposal of solid waste, the methodology applied was the scientific method with a quantitative approach applied at a descriptive level with a pre-experimental design. For the population of 3,984 inhabitants in 2021 projected for 15 years based on the urban population growth rate of 0.51% according to INEI (2017) and the number of inhabitants of the urban population of Acora will amount to 4,301 inhabitants with a per capita production of 0.56 kg/inhab./day, with accumulated waste of 29,039.05 tons with a volume of 58,078. 11 m³, which will require an area capacity of 0.94 hectares for which a manual type sanitary landfill is proposed according to the size of the population and the generation of solid waste, by the combined method due to the topography of the land for a useful life of 15 years, guaranteeing the impermeability of the soil with 2mm LLDPE geomembrane in the entire area of the trench.

Keywords: Landfill, solid waste, LLDPE geomembrane, combined method.

I. INTRODUCCIÓN

La expansión poblacional y el alto consumismo hacen que el manejo de los residuos sólidos se convierta en tareas más importantes en el cuidado del planeta. Según las proyecciones del Banco Mundial (2016) al 2025 en el mundo se incrementará en un 70% el volumen de basura urbana, y esto tendrá su impacto en el clima, la salud y la seguridad. También FAO (2016) manifiesta que si no hay una buena gestión de residuos sólidos “no habrá una cultura sostenible ni ciudad agradable” (párr. 6). En tal sentido, hay muchas investigaciones científicas y soluciones tecnológicas que ya se están aplicando en los países del primer mundo.

Perú21 (2017) informó sobre el manejo de los residuos está en estado crítico, ya que en los países desarrollados el 80% de los ciudadanos recicla adecuadamente sus residuos, y los que no lo hacen son multados. En Perú se produce un aproximado de 23 mil toneladas de residuos sólidos diarios y solo el 15% se recicla adecuadamente. Los residuos sólidos que podrían ser reutilizados o transformados terminan contaminando el mar.

Al 21 de diciembre del 2020 había en el Perú sólo 55 rellenos sanitarios debidamente catalogados y se estima que hay unos 1,850 botaderos informales a cielo abierto que generan alto grado de contaminación ambiental y graves focos infecciosos (Ministerio del Ambiente - Perú, 2020).

En la región Puno, sólo existe un relleno sanitario debidamente autorizado, este se encuentra al servicio de la ciudad del mismo nombre. Acora cuenta con 3,904 habitantes (INEI, 2017), el pueblo no cuenta con la infraestructura adecuada para la eliminación final de residuos sólidos, por ello, tanto la municipalidad como personas particulares los arrojan y queman en varios botaderos temporales a cielo abierto que se encuentra a unos kilómetros de la zona urbana, lo cual contamina, dando mal aspecto, se constituye en un foco infeccioso, emanando malos olores y presencia de vectores.

Estos puntos improvisados de colocación de residuos sólidos presenta los siguientes daños visibles: El viento dispersa los olores, las cenizas, el polvo y los gérmenes hacia las zonas aledañas utilizadas para el pastoreo de animales, hacia los caseríos vecinos provocando la contaminación de suelo, aire, agua, se

convierten en un foco infeccioso de diversas enfermedades, afectan la condiciones de salud y bienestar poblacional, perjudican la vida animal, silvestre, domésticos, se perjudica las tierras de cultivo y se contamina los productos agrícolas.

Actualmente, la recogida de residuos en el municipio de Acora es insuficiente, por esta razón los pobladores los abandonan en las esquinas de las calles, al borde de las vías, en las quebradas o en los ríos generando con esto muchos puntos críticos y un problema ambiental que requiere una atención urgente.

En Acora, muchas veces se ha hablado de la falta de relleno sanitario debidamente implementado, sin embargo, se ha retrocedido en la idea porque las autoridades responsables no le dan la importancia necesaria a la situación que vive la población. Si bien la gestión de desechos sólidos es administrado de manera directa por la Municipalidad Distrital de Acora, esta se realiza en condiciones inadecuadas e insuficientes debido a las deficiencias en el recojo, falta de equipamiento del personal, falta de capacitación y de concientización de los pobladores, deficiente financiamiento y de organización del trabajo.

Ante esta situación, los profesionales de ingeniería civil, no deben adoptar una actitud indiferente, sino, comprometida con la problemática social. Se ha comprendido la necesidad de un relleno sanitario con la característica fundamental de ser ecológica. Por esta razón, en esta investigación de tesis, se propuso realizar los estudios necesarios para el diseño de un relleno sanitario implementando geomembrana que permita colocación de los residuos sin perjudicar la contaminación del suelo.

El **enunciado** de esta investigación es "Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020". El **problema general** se enuncia de la siguiente manera: ¿en qué medida el diseño de un relleno sanitario implementando geomembrana mejoraría la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020? y los **problemas específicos** son: ¿cómo determinar la cantidad de residuos sólidos durante la vida útil de un relleno sanitario en Acora-Puno 2020?, ¿cómo determinar la dimensión de un relleno sanitario con servicio adecuado para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020? y ¿cómo establecer la implementación de la geomembrana

como sistema de impermeabilización en el diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020?.

Esta investigación se justifica por las siguientes razones:

Justificación práctica, el desarrollo de un vertedero sanitario para el pueblo de Acora será una excelente ayuda para que el equipo de medio ambiente, liderado por su alcalde, lo puedan aplicar con mayor facilidad, dado que contiene todos los estudios técnicos requeridos, de esta manera, ayudará a disminuir el impacto medioambiental de comunidades aledañas, mejorando el ambiente, evitando la presencia de vectores e insectos, malos olores, los mismos que se relacionan con diferentes enfermedades infecciosas del estómago, diarreas y parasitosis; se evitará la contaminación del suelo, aire, aguas superficiales y aguas subterráneas.

Justificación tecnológica, La innovación y la tecnología están cada vez más presentes en las obras de ingeniería para la superación de los problemas ambientales, en tal sentido, esta investigación impulsará la impermeabilización con el uso de la geomembrana sintética LLPDE de 2 mm, como capa de protección del suelo en el diseño del relleno sanitario para lograr un mejor control en la contención de materiales, líquidos y agentes contaminantes que causen daños al medio ambiente.

Justificación legal, el art. 6 numeral de la ley de gestión integral de residuos sólidos (Decreto Legislativo N° 1278) exige textualmente la exploración o investigación de los residuos, con el fin de facilitar y optimizar su valorización y/o aminorar su peligrosidad. Por tanto, esta investigación atiende a la solicitud que el estado extiende no sólo a los investigadores, sino también a las universidades para ayudar a afrontar esta situación difícil de sobreabundancia de residuos sólidos, que es un constante problema en los países de menores de recursos económicos.

Justificación social, permitirá forjar conciencia y proteger el medio ambiente en la población, favorecerá la manipulación adecuada de desechos orgánicos en la disposición final en un lugar sin que los sedimentos dañen el suelo. Por tanto, esta solución brindará bienestar a la población de Acora.

Justificación económica, la capacitación a la población para la selección de los residuos y la entrega ordenada de residuos de parte de la población ayudarán al

municipio a reducir sus gastos en la recolección y transporte de los mismos, de manera que la cantidad de residuos sólidos será menor y el resto será recuperado por los recicladores formales, permitiendo a su vez, a este grupo poblacional obtener ingresos económicos.

La investigación tiene como **objetivo general** diseñar un relleno sanitario implementando geomembrana para mejorar la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020, los **objetivos específicos** son: determinar la cantidad de residuos sólidos durante la vida útil de un relleno sanitario en Acora-Puno 2020; determinar la dimensión de un relleno sanitario con servicio adecuado para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020; establecer la implementación de la geomembrana como sistema de impermeabilización en el diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020.

Con respecto a las hipótesis de la investigación realizada, establecimos que la **hipótesis general** es que el diseño de un relleno sanitario implementando geomembrana mejora la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020, y las **hipótesis específicas** son: la cantidad de residuos sólidos determina la vida útil de un relleno sanitario en Acora-Puno 2020; la dimensión de un relleno sanitario determina el servicio adecuado para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020; y la implementación de la geomembrana como sistema de impermeabilización mejora en el diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Para llevar a cabo esta investigación se estudiaron diversos trabajos de tesis y artículos científicos de nivel nacional e internacional. De todas ellas, se eligió las investigaciones cercanas a las variables de esta investigación, las cuales sirven como antecedentes, así tenemos como antecedentes nacionales a:

Tejada (2018) en su investigación **titulada** "Diseño del relleno sanitario para el distrito de San José-Región La Libertad" tuvo como **objetivo** primordial diseñar un relleno sanitario tomando en cuenta aspectos técnicos y reglamentarios estipulados por el Ministerio del Ambiente. Aplicando una **metodología** de enfoque de investigación cuantitativo y cumpliendo con un diseño de investigación no experimental con tipo de investigación descriptiva. Su **población** constituida por 12,679 habitantes, con la producción per-cápita de desechos sólidos de 0.298 kg/hab./día. Se obtuvieron los siguientes **resultados**: Diseñó un vertedero sanitario con una duración estimada de 15 años, en una superficie necesario de 2.8 hectáreas. Determinó sus medidas de las zanjas de 26 metros de largo y 10 metros de ancho, considerando 18 trincheras. El proyecto también consideró drenajes pluviales, lixiviados y gases. En **conclusión**, el autor logró su objetivo primordial de diseñar el relleno sanitario para el distrito de San José, con un estudio topográfico, suelos, geohidrológico, impacto ambiental y estudio económico.

Roman (2018) desarrolló la tesis **titulada** "Diseño de un relleno sanitario por el método combinado para la disposición final de residuos sólidos en el distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado y Región San Martín, su **objetivo** primordial fue diseñar un relleno sanitario por el método combinado para la disposición final de los residuos sólidos, aplicando una **metodología** de investigación de enfoque cuantitativo, diseño de investigación experimental con el tipo de investigación pre-experimental, nivel de investigación básica, Su **población** constituida por el distrito de San José de Sisa ascendida a 13,554 pobladores en 2017, el **resultado** fue proyectado para un periodo de 10 años para el servicio de una población de 14,431 habitantes con cantidad almacenada en los 10 años de 285,185.73 toneladas; ocupando un volumen de 62,740.83 m³, como **conclusión**, sugiere la ejecución de un relleno sanitario manual según la magnitud poblacional con una vida útil estimada de 10 años, según los datos de generación de residuos sólidos

proyectados para el distrito de San José de Sisa se estima que requerirá un área de 4.02 hectáreas para su construcción.

Llanos y Llanos (2019) elaboraron la tesis **titulada** "Resistencia al corte y desgarro en geomembrana HDPE", el objetivo primordial fue determinar la influencia de la temperatura y la velocidad en la soldadura de geomembrana, aplicando la **metodología** con un enfoque teórico metodológico cuantitativo, tiene un diseño de prueba experimental con carácter aplicada, Su **población** constaba de 200 probetas, 100 probetas soldadas por extrusión y 100 probetas soldadas por fusión, como **resultado** realizaron uniones de extrusión y soldadura por fusión de geomembrana HDPE de 2mm ensayadas con un tensiómetro a una velocidad de 2 pulg/min para corte y desgarro; para determinar los parámetros de resistencia más óptimo como **conclusión** determinaron los parámetros apropiados: la temperatura de soldadura por extrusión fue de 260 °C consiguiendo una resistencia mínima al corte de 165 lbs/pulg. y al desgarro de 159 lbs/pulg. el de velocidad por fusión es de: 8 m/min de la máquina consiguiendo una resistencia mínima al corte de 172 lbs/pulg. y al desgarro de 127 lbs/pulg.

Perez (2020) realizó la tesis **titulada** "Diseño de un relleno sanitario manual para reducir la contaminación por inadecuada disposición de residuos sólidos en el distrito de Cachicadán-La Libertad" el **objetivo** principal era diseñar un relleno sanitario para reducir la contaminación causada por la inapropiada disposición de los residuos sólidos urbanos utilizó la **metodología** proporcionadas por la ingeniería medioambiental, así como la normativa medioambiental vigente, su población estaba formada por los habitantes del distrito estudiado, obteniendo como **resultado** la producción de residuos sólidos urbanos en el distrito de Cachicadán en el año 2019 fue 1,1 Tn/día, que corresponde a un vertedero de tipo manual, no superando las 6. 0 Tn/día que es el máximo para este tipo de vertedero; El método de disposición fue combinado, con un volumen total disponible 9997,56m³ el cual ofrece una vida útil estipulada de 10 años, con acondicionamiento de lixiviados, gases mediante chimeneas y quemadores, **concluyendo** en que la construcción del relleno sanitario mejoraría significativamente la gestión de los desechos sólidos en el distrito de Cachicadán.

Tenemos como antecedente local a Quispe (2018) desarrolló la tesis titulada "Evaluación del diseño de la infraestructura del relleno sanitario para el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa-Puno" el **objetivo** era evaluar el diseño de la infraestructura de relleno sanitario para la localidad de Ocuvi, en cuanto a la **metodología** se efectuó una investigación descriptiva, correlacional, analítica y explicativa, su **población** estuvo compuesta por los pobladores del distrito de Ocuvi, provincia de Lampa-Puno, como **resultado** los meses de septiembre y octubre de 2018 logró obtener 0,54 tn/día que equivale a un volumen de residuos sólidos a compactar de 246 m³/año más material de cobertura que es el 20%, durante el estudio encontró que el 72,5% son residuos a compactar y el 27,5% es material a segregar, la generación total de residuos a disponer es de 179m³ más 20%MC=214 m³/año y el material clasificado de 67,75 m³/año con vida útil de 2,48 años, en **conclusión**, la vida útil de las celdas no cumple con lo mencionado en el perfil del proyecto de 5 años de vida útil.

Los autores internacionales Cabezas y Casierra (2020) realizaron la tesis **titulada** "Propuesta de diseño de un relleno sanitario en el cantón Bucay, provincia del Guayas" como su **objetivo** primordial fue prediseñar a nivel de factibilidad de un vertedero sanitario para la eliminación final de los desechos orgánico no peligrosos en el Cantón de Bucay, la **metodología** aplicada fue investigación de enfoque cuantitativo, su **población** total era de 10,642 habitantes según la página del censo 2010 del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), su población (2020) era de 13.092 habitantes (método de crecimiento exponencial), como **resultados** su proyección futura para 25 años es de 22, 207 habitantes. En base a la tabla propuesta por (INEC 2017) para una población pequeña la productividad per cápita era 0,509 kg/hab/día, donde asume un incremento anual del 0,5%, el relleno sanitario de 2.975 hectáreas para un periodo de 25 años que permitirá la captación de los residuos sólidos no peligrosos generados por los habitantes del Cantón Bucay y sus alrededores, en **conclusión**; el método que utilizó para la eliminación final de los residuos sólidos no peligrosos por tipo área o superficie.

Diaz y Vallejo (2017) realizaron la tesis **titulada** "Propuesta de diseño de un nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica-Cesar" el **objetivo** principal del trabajo de investigación fue diseñar un nuevo relleno sanitario, aplicando la

Metodología de investigación de tipo de estudio cuantitativo, consideró a su **población** de estudio al municipio de Aguachica-Cesar, como **conclusión**, los desechos orgánicos no cuentan con un sistema de recuperación, por lo que la vida útil del vertedero es menor, la producción de gases y lixiviados se incrementa significativamente.

Los autores Sánchez et al. (2019) realizaron un artículo científico **titulado** “Socio-environmental assessment of a landfill using a mixed study design: A case study from México” [Evaluación socioambiental de un relleno sanitario con un diseño de estudio mixto: un estudio de caso de México] para la revista International Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology, El **objetivo** de este artículo fue evaluar de manera integral la situación socio-ambiental de un relleno sanitario municipal en México utilizando un diseño de métodos mixtos, la **metodología** consiste en una evaluación cuantitativa de variables fisicoquímicas y microbiológicas medidas en muestras de lixiviados, aguas superficiales y subterráneas, suelo y aire, y una evaluación cualitativa a través de entrevistas. Su **población** fueron los habitantes de un pueblo, que dieron su opinión sobre los impactos del relleno sanitario, como **resultados** muestran que el lixiviado contaminó el suelo y las aguas superficiales en un radio de 500 metros del vertedero, pero no llegó a las aguas subterráneas, y en la temporada de lluvias superó los límites permitidos. Desde la perspectiva de los residentes, el vertedero contamina el subsuelo, agua, ambiente y contribuye al tráfico de vehículos y al ruido, fomenta la fauna nociva y perturba la vista estética. Las mediciones del aire son coherentes con la percepción social, en conclusión, el diseño de estudio mixto aplicado ayudó a evaluar las preocupaciones socioambientales de forma integrada y evidenció la necesidad de asesoramiento para mejorar la gestión actual del relleno sanitario.

Touze et al. (2020) desarrollaron el artículo científico **titulado** “Geotextiles and Geomembranes” [Geotextiles y Geomembranas] para la revista An official journal of the International Society of Geosynthetics, el **objetivo** de este artículo era utilizar sistemas de barrera para los contaminantes en el medio ambiente y garantizar la protección contra las perforaciones de la geomembrana, su **población** los ensayos de modelización centrífuga geotécnica para la simulación de la estabilidad del

vertedero inducida por el fallo de las interfaces geosintéticos y la validación de modelos numéricos complicados. Especialmente para vertederos con alto contenido de residuos alimentarios, en cuanto a la **metodología** es de enfoque cuantitativo, tiene un diseño de prueba experimental como **conclusión**, para minimizar la contaminación, los sistemas de barreras geocompuestas, que incluyen geomembranas LCC y/o LGC, se utilizan a menudo en el fondo de los vertederos. La protección no está totalmente asegurada si la geomembrana está dañada. Por lo tanto se debe diseñar adecuadamente una capa protectora que proporcione protección a corto o largo plazo.

Quintero et al. (2017) desarrollaron el artículo científico **titulado** “Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical” de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín para la revista DYNA, El **objetivo** de esta investigación fue analizar el incremento de la población y la reducida disponibilidad de espacio en las principales ciudades para la eliminación final de los desechos sólidos, además de los períodos prolongados de lluvia y las prácticas deficientes en la recolección de aguas de escurrimiento en los rellenos sanitarios, lo que provoca una mayor producción de lixiviados de residuos sólidos en los suelos tropicales, en cuanto a la **metodología**, esta investigación es de enfoque cuantitativo. Su **universo** se caracteriza por dos muestras de suelos residuales del mismo origen, una de las cuales fue expuesta a los efectos de los lixiviados de desechos sólidos durante más de 15 años y la otra en condiciones no contaminadas. La investigación se realizó a través de pruebas de laboratorio para la clasificación de cualidades físicas, químicas, estructurales, mecánicas y mineralógicas de los suelos, los **resultados** establecieron la exposición de muestra afectada por lixiviados que sufren dichos materiales en propiedades físicas, químicas, estructurales, hidromecánicas y mineralógicas, lo que supone una degradación del comportamiento geotécnico de los suelos expuestos a contaminantes. En **conclusión**, es una necesidad que las autoridades medioambientales establezcan una normativa más estricta para evitar la eliminación inadecuada de los lixiviados tipo de contaminante vertidos directamente al subsuelo.

A continuación, se presenta las teorías relacionadas con la investigación con sus respectivas dimensiones e indicadores.

Se define al **relleno sanitario** como un espacio para disponer la colocación final de los residuos sólidos no reutilizables un área estrecha de confinamiento de los residuos sólidos inservibles, que permite compactar, reducir y cubrirla con capas de tierra es una idea que surgió a inicios del siglo XX en Estados Unidos e Inglaterra como último destino de los residuos sólidos (Torri, 2017). La vida útil de un relleno sanitario no puede recibir los residuos sólidos inferior a 10 años por lo que el terreno y el diseño seleccionado debe tener capacidad suficiente para la vida útil (Decreto Legislativo N° 1278, 2016).

Según la guía del Minam (2011), los rellenos sanitarios se clasifican en 3 grupos que se menciona a continuación:

Relleno sanitario manual: Se refiere que toda actividad de apisonado e inspección de residuos se realiza con la intervención personal y el uso de algunos equipos básicos como: rastrillos, herramientas manuales, el trabajo diario no excede de 20 toneladas de desperdicios (Minam, 2011).

Relleno sanitario semi mecanizado: el trabajo diario no debe exceder las 50 toneladas de desechos, se lleva a cabo con el esparcimiento para comprimir con la intervención de equipos mecánicos y ayuda del hombre (Minam, 2011)

Relleno sanitario mecanizado: La operación se lleva a cabo en su totalidad con equipos pesados de línea amarilla para una producción operativa diaria mayor a 50 toneladas (Minam, 2011).

Técnicas de construcción de vertederos según Collazos (2013) al **método de zanja o trinchera**, el cual se utiliza en terrenos planos, consiste en cavar zanjas de 1,80 m a 2,50 m de altura con un espacio suficiente para maniobrar maquinarias pesadas; **Método de área**, generalmente se utiliza en superficies llanos con pendientes naturales o artificiales huecas, cuando no es posible enterrar pozos para cubrir los desperdicios orgánicos, en lo probable la basura se acumule en el primer suelo, que debe ser cubierto con material competente luego de impermeabilizar el piso, la **Combinación de ambos métodos**, utilizado en rellenos sanitarios muy grandes compuestos por grandes extensiones de terreno ya que estas dos estrategias de desarrollo cuentan con mecanismos de trabajos parecidos, tanto el uso del terreno como el material de recubrimiento, así como obtener resultados eficientes.

El relleno sanitario, a su vez, se articula mediante los **estudios básicos**, según Collazos (2013) es importante tener información básica para determinar las acciones y medidas relativas a la forma, los materiales y los insumos a utilizar (p. 31). Teniendo en cuenta esto, los estudios básicos se desglosa en cuatro aspectos el primero es el **estudio demográfico** que según Minam (2011) consiste en determinar estadísticamente el número neto de habitantes para conocer la cantidad exacta de una población actual y la proyección futura en la zona de influencia, recomendada para 10 años del proyecto.

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

Donde:

Pf: población futura

Po: población actual

r: tasa de crecimiento de la población (INEI)

n: (t_{final} - t_{inicial}) intervalo en años

t: variable tiempo (en años)

El segundo aspecto es la **caracterización de residuos**, que de acuerdo con el Minam (2019) permite tener información de una población de estudio sobre los residuos generados, este estudio determina la composición, cantidad, densidad, y humedad de los desperdicios colectados. La estimación de la productividad se obtiene teniendo en cuenta la población prevista en función de la tasa de expansión anual de la población y el aumento anual de la generación per cápita.

$$Gpf = Gpa(1 + r)^n$$

Gpf = Generación per cápita futura (kg/hab./día)

Gpa = Generación per cápita actual (kg/hab./día)

r% = Tasa de incremento de generación en % (de 0.5 a 1%, Jaramillo, 2002)

n = Número de años

El tercer aspecto es el **estudio topográfico**, el Minam (2011) describe diferentes perfiles de terreno para clasificarlos según su pendiente. Un terreno plano presenta pequeñas pendientes del 0 al 5%, los terrenos ondulados con pendientes

discontinuas del 5 al 10%, los terrenos escarpados presentan pendientes muy pronunciadas superiores al 10% como las laderas. Por otro lado el autor Collazos (2013) define como material básico en el diseño de un vertedero al detallar las características del terreno tanto en planimetría como en altimetría.

Y como cuarto y último aspecto tenemos al **estudio de mecánica de suelos** definido por Minam (2011), se ocupa al estudio de las características de suelos, rocas, fundaciones para conocer el comportamiento mecánico del suelo considerando sus diferentes características físico-mecánicas y geológicas que lo conforman su profundidad mediante la composición estratigráfica, realizando la excavación de calicatas y el muestreo de suelos para sus respectivos ensayos y pruebas de laboratorio. Las muestras alteradas se toman de cada tajo abierto, una por hectárea, tomando el sitio más representativo y las muestras inalteradas deben tomarse una muestra por capa del lugar, siendo el punto de ubicación el centro del terreno previsto para el vertedero.

El **dimensionamiento del relleno sanitario**, según el autor Collazos (2013), es la capacidad volumétrica superficie disponible para recepcionar y almacenar los residuos, considerando material de cierre final del vertedero, por lo que es necesario determinar la capacidad volumétrica del terreno (p. 153).

Es preciso definir la **cantidad de residuos a disponer**, entendida esta como el volumen de los residuos para estimar el área requerida del relleno sanitario, así también se define la **capacidad de vida útil del relleno sanitario** como el periodo en años que el área escogido sea utilizado para el almacenamiento final de los desechos de una población, esto depende del volumen disponible, teniendo en cuenta el método de operación. Para recuperar la inversión en la ejecución y operación del vertedero, se recomienda un período de al menos 10 años (Minam, 2011).

Se define además el **sistema de dren de lixiviados** que según el autor Jaramillo (2002) indica que la mayor cantidad posible de lixiviados generados debe almacenarse en fosas dentro del relleno sanitario y el resto debe almacenarse fuera del vertedero para que se evapore (p. 116).

El Drenaje perimetral, es la interconexión y el desvío de la escorrentía de las aguas pluviales fuera del vertedero permiten reducir considerablemente el flujo de líquido

percolado y aumentar las garantías de funcionamiento del relleno sanitario (Minam, 2011).

Debido a que todo relleno sanitario emite gases, principalmente metano, se debe prever un **sistema de colección para gases**. Este gas puede quemarse o conectarse a un depósito junto a las tuberías de todas las chimeneas hasta una planta de recuperación (Collazos, 2013).

El **sistema de aguas subterráneas** permite comprobar la filtración de lixiviados cuando las medidas de control fallen, ya sea por un funcionamiento inadecuado del vertedero o por falta de conservación, el monitoreo detectará los fallos y permitirá tomar las medidas necesarias para su corrección (Collazos, 2013 pág. 158).

Ahora, es necesario conceptualizar la **implementación de la geomembrana**. Se distinguen por su alta resistencia a la intemperie, a los rayos UV, agentes químicos, es una opción eficiente y de bajo costo para la impermeabilización de obras civiles y mineras (Cidelsa, 2021). Además la geomembrana se define como un material impermeable y flexible con un grosor aproximado que oscila entre los milímetros y los centímetros, que puede utilizarse como membranas poliméricas que no permiten la filtración de ningún compuesto, indicado para contrarrestar la lixiviación de los residuos sólidos en disposición final, que pueden dañar al suelo (Wieland et al., 2004)

La geomembrana se usa para garantizar la eficiencia y disminuir los costos a fin de conservar el medio ambiente, la capa impermeable puede sustituir a los sistemas convencionales de revestimiento con arcilla y ofrecer una gran durabilidad y resistencia (Touze et. al, 2020). El método para efectuar sellado y reparación es mediante el proceso de **sellado por fusión**, que consiste en aplicar energía generadora de calor que se funde con la presión mecánica ejercida por un conjunto de rodillos se realiza tomando puntos paralelos en la superposición generando una cavidad vacía en el centro (Amanco, 2021). El sellado por extrusión es un sistema de soldadura realizado por un cordón continuo de polietileno de alta densidad con el que se consigue una fusión óptima. Este proceso se utiliza sobre todo para reparaciones y parches.

El **sistema de impermeabilización** de las geomembranas llega hasta los 100 años de desempeño en los rellenos sanitario, y después de este tiempo, pierden su poder

hidráulico, produciéndose de esta manera el incremento de las fugas de lixiviados (Xiao-Chen et. al, 2019).

sino se cumple la impermeabilización, se debe tener en cuenta el uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1.2mm y el uso de geotextil entre la geomembrana (Decreto Legislativo N° 1278, 2016)

Como segundo indicador **Geomembrana**, definido por los autores Weyshi et al. (2021) indican que las geomembranas de polietileno de alta densidad presentan una excelente duración para cubrir el tiempo de servicio de los rellenos sanitarios, pero algunos factores que pueden afectar de alguna manera en el tiempo de durabilidad son la temperatura, el agotamiento de los antioxidantes y el entorno del relleno sanitario. La soldadura en la zona soldada pierde el efecto antioxidante (Kerry, y otros, 2017).

Koerner et al. (2017) la durabilidad de la geomembrana LLDPE expuesto a la luz ultravioleta, intemperismo e incubación de 60, 70 y 80°C, indican que en condiciones de correcto diseño e instalación la geomembrana podría llegar hasta 97 años de vida útil.

Los **residuos sólidos** son desechos orgánicos que generan las personas en el consumo diario que queda tras la utilización de un producto como resultado de un servicio, pero que sigue siendo portador de un bien y puede ser tratado, transformado y reutilizado (Decreto Legislativo N° 1278, 2016).

La gestión integral incluye áreas que deben ser tomadas en cuenta de manera permanente, como un eje transversal. Por lo tanto, la gestión de los recursos sólidos es algo que debe abarcar desde la producción de residuos sólidos hasta su reutilización o almacenamiento final; es una tarea que debe ser impulsada desde todas las áreas del gobierno municipal y debe involucrar a la población, a los centros educativos, al sector empresarial, turístico y comercial. Este trabajo debe realizarse no sólo para solucionar la incomodidad de los desperdicios orgánicos, sino también con una intención pedagógica, para que las futuras generaciones tomen conciencia de esta importante tarea (Decreto Legislativo N° 1278).

El **manejo de residuos sólidos** tiene su origen en la producción de desperdicios sólidos, luego se da almacenamiento por parte de quienes los generan. El siguiente

paso es la segregación, es decir, la selección según su orden de importancia y la separación; se sigue con la recolección, el cual, generalmente lo organiza la administración pública, se realiza el transporte hacia los lugares de tratamiento de los residuos, y esto concluye con el reciclaje, el compostaje, la incineración o la colocación final del residuo inservible en el relleno sanitario (Torri, 2017)

La **variedad de residuos sólidos**. Es la generación de los desechos orgánicos como los artefactos, alimentos o del trabajo, que al ser considerados inútiles, se colocan para el recojo municipal. La **selección de residuos sólidos**, es la organización de los residuos según el orden de importancia para su adecuada transformación y/o reutilización (Marques et al., 2021). Por otra parte el (Decreto Legislativo N° 1278, 2016) indica que los desperdicios sólidos pueden agruparse según su principio y características en: residuos procedentes de hogares, establecimientos comerciales, lugares públicos, establecimientos sanitarios, industrias, construcción, agrícolas y residuos de actividades diversas. La **responsabilidad del manejo de los residuos sólidos**, el transporte, la limpieza y la colocación definitiva de los desechos en un vertedero de materiales prensados y reducidos, en un espacio adecuadamente diseñado y con topes de capas de tierra para su inmovilización y descomposición (Marques et al., 2021).

Para un manejo eficiente de residuos se debe de diagnosticar la situación, aprovechando la información que se puede obtener gracias a la tecnología actual, debiendo reutilizar los productos, no simplemente desecharlos, además, se debe hacer partícipes a los mismos productores en la recolección y/o el recojo de sus productos catalogados como desechos (VG Resíduos, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El método científico es la forma de acercarse, conocer y mejorar ya sea directa o indirectamente la realidad, incluye en sí mismo los procedimientos necesarios para alcanzar conocimientos científicos (Muñoz, 2015). La presente investigación sigue el método científico y cumple con esos criterios.

El **enfoque de investigación**. Según Hernández et al., (2014) el enfoque es el punto de vista, la perspectiva desde la que se realiza la investigación. Esta investigación sigue el enfoque **cuantitativo** porque recaba información con una medición numérica respondiendo a unos problemas y objetivos previamente planteados, de la información obtenida. Por consiguiente, el enfoque de esta investigación es cuantitativa.

Ñaupas et al., (2018) el **tipo** de investigación es **aplicada** porque ayuda a resolver el problema social para mejorar las posibilidades de la disposición final de los residuos orgánicos (p.136).

Los **niveles** de investigación pueden ser variados. Esta investigación es de nivel **descriptiva** porque indaga y da a conocer la situación de la población Rivas (2017), específicamente en esta investigación se quiere conocer la manipulación de desechos sólidos en Acora.

En cuanto al **diseño**, esta investigación es experimental, y más específicamente **pre-experimental** porque el grado de control es bajo, se trabaja en grupo único, es un primer acercamiento al problema de investigación (Hernández et al., 2014).

En esta investigación cuenta con dos variables independiente (diseño de relleno sanitario) e (implementación de geomembrana) que causará efecto en la variable dependiente (residuos sólidos). Este diseño se representa de la siguiente manera:

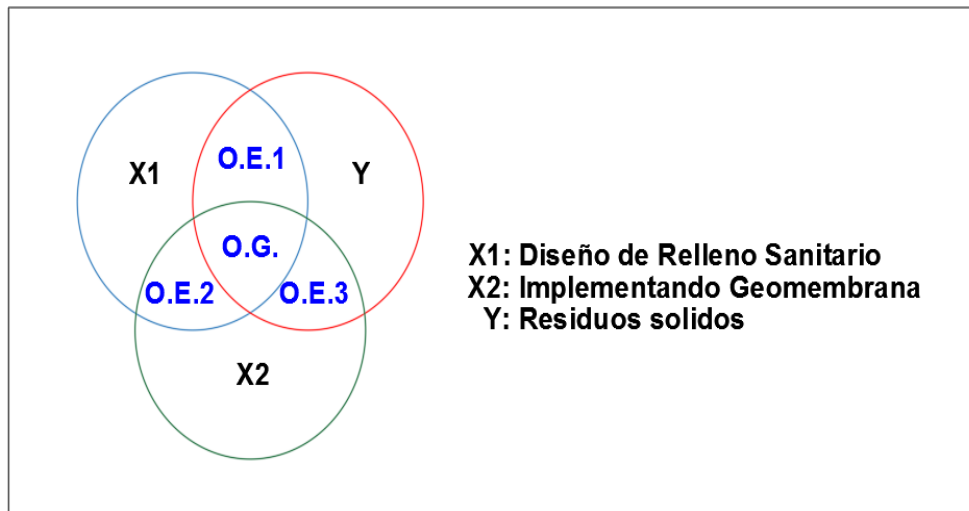


Figura 1. Diagrama de Venn.

Fuente: Autoría Propia.

3.2. Variables y operacionalización.

Según Ñaupas et al., (2018) se define como conceptos de forma lógico que consiste en transformar variables teóricas en variables intermedias, luego éstas en variables empíricas o indicadores y, finalmente, elaborar los reactivos a partir de los indicadores obtenidos. Por tanto, las variables en esta investigación son las siguientes:

Variable independiente (X_1): Diseño de Relleno sanitario

Variable independiente (X_2): Implementando Geomembrana

Variable dependiente (Y): Residuos sólidos

Definición Conceptual:

Diseño de relleno sanitario. Es un sitio diseñado para la disposición final controlada de residuos sólidos en un área mínima con control de gases lixiviados y cobertura final sin causar daños a la salud pública, minimizando los impactos ambientales (Collazos, 2013 pág. 90).

Implementación de Geomembrana. Son geosintéticos en forma laminado flexible de alta densidad HDPE, baja densidad LLDPE tienen propiedades de alta resistencia utilizados como barrera impermeable para fluidos, agentes químicos y exposición a los rayos UV. (Amanco, 2021).

Residuos sólidos. Son materiales o elementos sólidos o semisólidos resultantes del consumo o uso por parte de su generador, que cumplieron su misión y generalmente no tiene valor económico para la gente común (OEFA, 2014 pág. 9).

Definición Operacional:

Diseño de Relleno sanitario. La variable diseño de relleno sanitario se operacionaliza por medio de sus dimensiones que interpretan la D1: estudios básicos; esta dimensión se desglosa en cuatro indicadores, D2: dimensionamiento del relleno sanitario; se desglosa en cinco indicadores.

Implementación de Geomembrana. La variable implementando geomembrana se operacionaliza por medio de su dimensión que interpreta la D1: sistema de impermeabilización; esta dimensión se desglosa en dos indicadores.

Residuos sólidos. La variable residuos sólidos se operacionaliza por medio de su dimensión que interpreta la D1: manejo de residuos sólidos se desglosa en tres indicadores.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Hernández et al., (2014) describen como un grupo de personas que tiene diferentes características que son las variables de estudio, ya que no sólo depende del objeto de estudio sino que también incluye el lugar y el tiempo (p. 174). Esta investigación es considerada población **finita** ya que se conoce el tamaño de la población que lo constituye la población urbana del distrito de Acora. Según el INEI (2017), Acora está catalogada como Villa, y consta de 3,904 habitantes. La población incluye a todos los residentes de la zona urbana de Acora, ya que todos producen residuos sólidos a partir de la comida, el trabajo y otras actividades.

Muestra

Muñoz (2015) define la muestra como un subconjunto de la población de estudio; es el grupo de personas que se estudiará. Debe ser representativo de la población, para conseguirlo deben estar bien definidos para la obtención de información.

Para conocer el número de viviendas tenemos la información de (INEI, 2017) que nos da a conocer el número de viviendas de la población urbana de Acora.

Tabla 1. *Viviendas urbanas de Acora*

| Ítem | Descripción | Cantidad |
|------|---|----------|
| 01 | Viviendas de la zona urbana del distrito de Acora | 976 |
| | Total | 976 |

Fuente: INEI (2017).

Para la muestra se considera las 976 viviendas de la población urbana de Acora, con esta información nos encontramos dentro del rango de tamaño de muestras.

Tabla 2. *Rango de viviendas*

| Rangos de tamaño de muestras | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|
| Rango de viviendas (N) | Tamaño de muestra (n) | Muestras de contingencia (20% de n) | Total de muestras domiciliarias |
| Más de 500 y hasta 1000 viviendas | 71 | 14 | 85 |

Fuente: Guía de Minam (2019).

El tamaño de la muestra es 71, y la muestra de contingencia 14 lo cual representa un total de 85 muestras domiciliarias.

Muestreo

Baena (2017) indica el muestreo como un proceso mediante el cual se seleccionan algunos miembros de una población como representativos de toda ella, lo que permite conocer algo sobre una población con un costo bajo y razonable y en el menor tiempo posible (p. 84).

Hay que destacar que el Municipio de Acora realizó un estudio de caracterización de residuos sólidos del área urbana en 2019 con la finalidad de elaborar y actualizar la situación del manejo integral de los residuos sólidos.

Durante el estudio del sector urbano, la municipalidad distrital de Acora entregó cartas de invitación a los hogares que fueron seleccionados aleatoriamente para el estudio, como resultado de estudio fue un total de 96 viviendas domiciliarias y 37 viviendas no domiciliarias.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Según Hernández et al., (2014) es la obtención de información de manera masiva con el objetivo de describir una realidad y poder obtener inferencias que se puedan generalizar. La técnica utilizada en esta investigación fue por observación en estudio directo y diseño, ya que se logró diseñar un vertedero sanitario implementando geomembrana para la eliminación final de residuos sólidos con estudio topográfico, estudio mecánica de suelos, estudio de caracterización de residuos sólidos, ensayo de geomembrana LLDPE 2mm, bajo criterio de la guía Minam (2011), libros, tesis entre otros, para la recolección de información.

El instrumento de recolección de datos

Muñoz (2015) describe como una actividad que se centra en la selección o el diseño de los instrumentos y la recogida de datos que se aplican en la investigación. Esto nos da a entender que el instrumento es para recoger la información necesaria y así lograr el objetivo determinado.

En esta investigación se utilizó el método de observación directamente de los valores de la caracterización de residuos de la población urbana de Acora, para el levantamiento topográfico los equipos necesarios fueron la estación total, gps garmin, flexómetro. En el estudio de suelos los equipos necesarios fueron los tamices, horno, balanza electrónica, espátulas, bandejas, molde proctor, cono de arena, en los ensayos de geomembrana los equipos empleados fueron la cuña de termofusión, extrusora para geomembrana LLDPE, tensiómetro y los programas de ingeniería para procesar la información como el AutoCAD, civil 3D, Microsoft Excel.

Validez

Ñaupas et al., (2018) describe a la validez como la eficacia de un instrumento que pretende medir con precisión el atributo que interesa al examinador (p. 276).

La confiabilidad es definida por Hernández et al., (2014) como el valor que se utiliza en un instrumento que hace que los resultados sean moderados y razonables. La fiabilidad se establecerá con la certificación de calibración de equipos que se utilizaran en esta investigación.

3.5. Procedimientos

Los datos recolectados en el desarrollo de la investigación fueron con la coordinación de la municipalidad de Acora, así mismo se hizo estudios básicos en el lugar, ensayo de geomembrana LLDPE 2mm por los investigadores para la recogida de información.

Estudio topográfico

- Levantamiento topográfico en el lugar de estudio.

Estudio mecánico de suelos

- Análisis granulométrico por tamizado (NTP 339.128 ASTM D421).
- Contenido de humedad (NTP 339.127, ASTM D 2216).
- Límite de consistencia (NTP 339.129, ASTM D 4318).
- Proctor modificado (NTP 339.141, ASTM D 1557).
- Cono de arena (ASTM-1556).

Ensayo de geomembrana LLDPE 2mm

- Soldadura de geomembrana por fusión (Norma GRI-GM19)
- Soldadura por geomembrana por extrusión (Norma GRI-GM19)

3.6. Método de análisis de datos

El procesamiento de información consistió en la recolección de información en el lugar de estudio, levantamiento topográfico, ensayo de geomembrana LLDPE 2mm, ensayo de suelos en el laboratorio y la observación directa empleando el uso de software.

- Planos topográficos, planos de diseño del relleno sanitario en AutoCAD. Civil 3D
- Hojas de cálculo en Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

En esta investigación consideramos los siguientes principios éticos:

- **Con respecto a la beneficencia**, el objetivo es ofrecer un beneficio social que es preservar el bienestar humano y el cuidado del medio ambiente.
- **Con respecto a la no maleficencia**, se trata de evitar cualquier daño físico, psicológico o económico a la sociedad.
- **Con respecto a la autenticidad**, el trabajo de investigación se rige por las normas de estilo ISO 690 y 690-2.
- **Con respecto a la verdad**, los datos obtenidos se acreditan mediante fotografías, levantamiento topográfico, resultados de ensayos del laboratorio de suelos, se acreditan por las firmas por una autoridad competente.
- **Con respecto a la autonomía**, La meta es favorecer la autonomía de toda persona para que continúe realizando sus labores sin que le perjudiquen las consecuencias negativas de los residuos sólidos.
- **Con respecto al compromiso y la responsabilidad**, los autores asumen la responsabilidad de esta investigación cumpliendo con el procedimiento de investigación.

IV. RESULTADOS

Ubicación del relleno sanitario

El distrito de Acora se ubica en la provincia de Puno, se sitúa en la sierra peruana, con una altitud de 3867 m.s.n.m. a orillas del lago Titicaca, esto produce que el clima sea templado húmedo a frío; sin embargo, es favorable para el desarrollo agrícola y ganadería, con coordenadas 15°58'30" de Latitud Sur, y de 69°48' 15" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una superficie total de 1941,09km².

Límites o colindancias, está localizada en sur oeste de región Puno, provincia de Puno limita con: Por el norte con distrito de Platería, por el sur con la provincia del Collao, por el este Lago Titicaca, por el oeste: Distrito de Pichacani y la región de Moquegua.

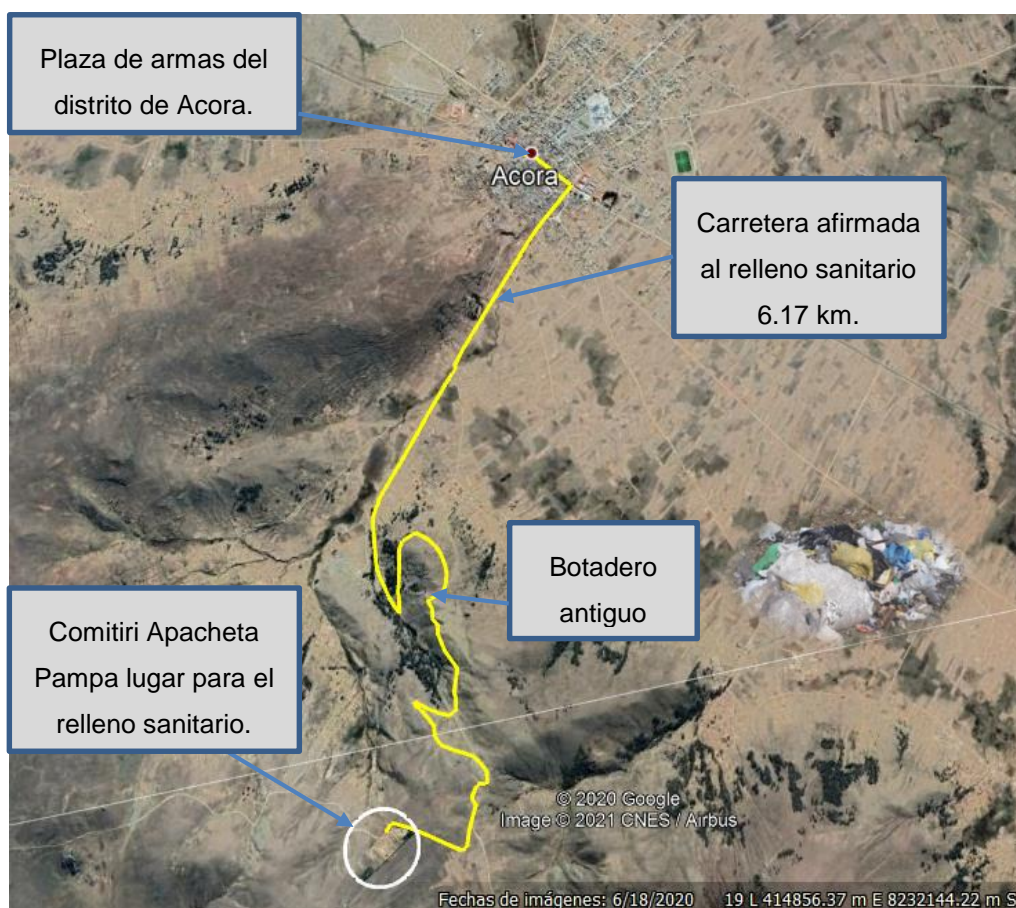


Figura 2. Ubicación del relleno sanitario.

Fuente: google earth.

Estudio topográfico

Es un método técnico y descriptivo sobre la geometría y el modelado del área del terreno, que sirve para verificar la superficie del terrestre, considerando la geografía del terreno. Como resultado final es la representación gráfica (plano) del terreno la cual es muy necesario para que cualquier proyecto u obra a ejecutarse sobre el terreno. Las etapas del estudio topográfico es el planeamiento, reconocimiento del terreno, trabajos de campo, red de control horizontal.

Tabla 3. Cuadro de coordenadas topográficas

| Vértice | Información topográfica | | | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|------------|------------|---------|
| | Ángulo interno | Coordenadas UTM WGS84 | | Distancias | |
| | | Este | Norte | Lado | metros |
| V1 | 91°0'33" | 413177.262 | 8230269.63 | V1-V2 | 69.852 |
| V2 | 148°27'47" | 413138.312 | 8230327.61 | V2-V3 | 38.211 |
| V3 | 124°30'45" | 413136.744 | 8230365.79 | V3-V4 | 160.764 |
| V4 | 112°47'55" | 413265.312 | 8230462.21 | V4-V5 | 28.714 |
| V5 | 207°33'14" | 413293.982 | 8230452.18 | V5-V6 | 86.671 |
| V6 | 105°54'50" | 413353.918 | 8230512.69 | V6-V7 | 125.211 |
| V7 | 60°15'26" | 413465.567 | 82300456 | V7-V1 | 343.301 |
| Perímetro=854.388ml. | | Área=32,549.306 m2 = 3.26 ha. | | | |

Fuente: autoría propia.

El levantamiento topográfico se realizó in situ para el diseño del relleno sanitario, donde abarca un área de 32,549.306 m² equivalente a 3.26 hectáreas con un perímetro 854.388 ml con una topografía plana con una ligera pendiente. El plano topográfico se encuentra en anexo 6.

Caracterización Geotécnica del Relleno Sanitario

Identificación Geológica: La estructura se encuentra ubicada en la formación del grupo Cabanillas Cuadrángulo 32-X Ingemmet (1991), el cual está conformado por una secuencia de cuarcitas y lutitas, predominando en la zona cuarcitas, los cuales conforman la roca madre de la zona. Los procesos erosivos en la zona han dado lugar a la formación de los suelos poco plásticos, con rocas angulosas y suelos de comportamiento areno-gravoso en general y estas son demostradas por las pruebas en laboratorio de suelos.

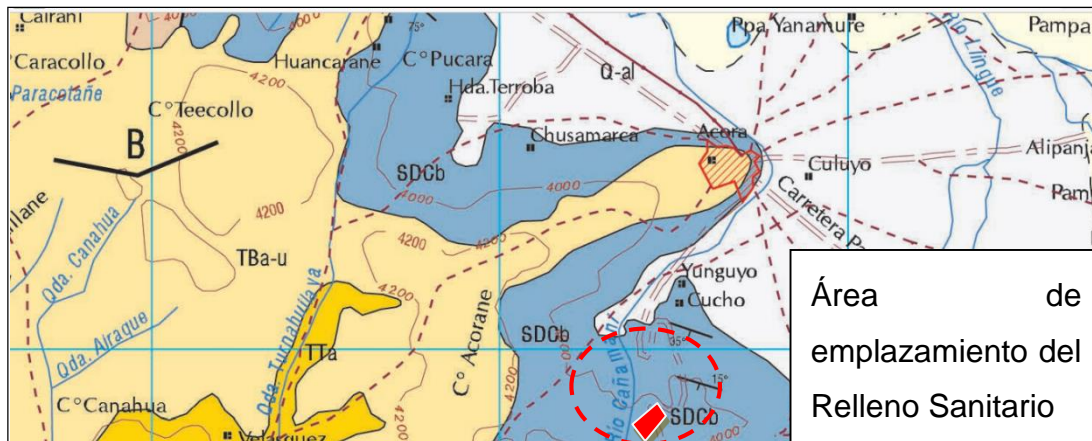


Figura 3. Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú (Ingemmet) cuadrángulo 32-X.

Prospección por Calicateo: Las calicatas ayudan la identificación directa del suelo a estudiarse por el método de exploración que generalmente proporciona información fiable y precisa. Se realizaron 3 calicatas de prospección, identificándose la ubicación y profundidad de los mismos para el mapeo geotécnico, además se distingue que los estratos encontrados son similares llegando hasta una profundidad de 1.80 m en la calicata C-1, 3.2m en la calicata C-2 y hasta 3.5m en la calicata C3, dando resistencia al equipo de excavación, encontrándose la roca madre (Cuarcitas –Grupo Cabanillas) a esa profundidad.

Tabla 4. Cuadro de coordenadas de calicatas Datum GWS

| Ensayos | Calicatas | | |
|-----------------|-------------|------------|------------|
| | C-1 | C-2 | C-3 |
| Profundidad (m) | 1.8 | 3.2 | 3.5 |
| Norte | 82300400.33 | 8230433.01 | 8230450.50 |
| Este | 413282.00 | 413321.54 | 413376.00 |
| Cota | 4138.00 | 4133.00 | 4124.00 |

Fuente: autoría propia.

Calicata C-1:

En la Calicata C-1 se observan 2 estratos, el primero de suelo orgánico de apenas 0.5m, el cual no se tomó en cuenta debido a la baja incidencia para el estudio, a partir de los 0.50 y 1.80, se encuentra suelos arenosos de consistencia terrosa, en condiciones húmedas. Los ensayos de laboratorio de este suelo presenta una clasificación SUCS como SM (arena-limosa) cuyo porcentaje de humedad natural

acorde a ASTM D2216 se encuentra en 9.84%, dando un índice de plasticidad acorde a ASTM D 4318 de 3.8, el análisis granulométrico por la ASTM D 421 indica un porcentaje de gravas del 16.8%, un porcentaje de arenas del 53.54% y finos del 29.5%.

Se ha evaluado el uso de esta zona como material de relleno estructural para la construcción del dique; por lo que se también se ha evaluado un ensayo de proctor modificado acorde a la ASTM D 1557, para mejorar sus características mecánicas y ser usado en la construcción del dique, llegando está a una densidad de 2.05 g/cm³ con una humedad optima de 8.8%. Se ha considerado llegar a una compactación mayor al 95% con una humedad que varíe entre +2 y -2 del óptimo.

Calicata C-2:

En la Calicata C-2 se observan 3 estratos, el primero de suelo removido suelto de 1.2 m, el cual no se tomó en cuenta debido a la baja incidencia para el estudio, a partir de los 1.20 y 2.00 m, se encuentra suelos arena limosa de consistencia terrosa, en condiciones húmedas. A los ensayos de laboratorio este suelo presenta una clasificación SUCS como SM-SC (arena-limosa / arena arcillosa) cuyo porcentaje de humedad natural acorde a ASTM D2216 se encuentra en 10.85%, dando un índice de plasticidad acorde a ASTM D 4318 de 5.7, el análisis granulométrico por la ASTM D 421 indica un porcentaje de gravas del 15.68%, un porcentaje de arenas del 51.37% y finos del 32.95%.

A partir de los 2.00 a los 3.20 m, aparentaba un segundo horizonte por la coloración, muestra un suelo de similares características al segundo estrato con una clasificación SUCS como SM-SC (arena-limosa / arena arcillosa) cuyo porcentaje de humedad natural acorde a ASTM D2216 se encuentra en 12.48%, dando un índice de plasticidad acorde a ASTM D 4318 de 4.69, el análisis granulométrico por la ASTM D 421 indica un porcentaje de gravas del 15.26%, un porcentaje de arenas del 52.18% y finos del 32.56%. Por lo expuesto ambos estratos tendrían un comportamiento de un solo perfil. Inferior a esta profundidad se tiene resistencia al corte mostrándose la roca madre (sedimentarios de cuarcitas de la formación Cabanillas).

Calicata C-3:

En la Calicata C-3 se observan 4 estratos, el primero de suelo removido suelto de 0.5 m, el cual no se tomó en cuenta debido a la baja incidencia para el estudio, a partir de los 0.50 y 1.70 m, se encuentra suelo grava limosa de consistencia terrosa, en condiciones húmedas. A los ensayos de laboratorio este suelo presenta una clasificación SUCS como GM (gravas arenosas), cuyo porcentaje de humedad natural acorde a ASTM D2216 se encuentra en 18.36%, el cual no presenta plasticidad, el análisis granulométrico por la ASTM D 421 indica un porcentaje de gravas del 39.05%, un porcentaje de arenas del 38.47% y finos del 22.48%.

A partir de los 1.70 a los 2.50m, se presenta el tercer estrato con una clasificación SUCS como GM-GC (Grava arenosa / Grava limosa) cuyo porcentaje de humedad natural acorde a ASTM D2216 se encuentra en 13.35%, dando un índice de plasticidad acorde a ASTM D 4318 de 4.67, el análisis granulométrico por la ASTM D 421 indica un porcentaje de gravas del 49.85%, un porcentaje de arenas del 35.0% y finos del 15.14%.

A partir de los 2.50 a los 3.50 m, se presenta el cuarto estrato con una clasificación SUCS como GP (Grava mal gradada) cuyo porcentaje de humedad natural acorde a ASTM D2216 se encuentra en 14.56%, dando un índice de plasticidad acorde a ASTM D 4318 de 4.64, el análisis granulométrico por la ASTM D 421 indica un porcentaje de gravas del 67.49%, un porcentaje de arenas del 31.84% y finos del 0.66%. Por lo expuesto, el comportamiento en esta zona de los suelos presenta una tendencia a las gravas, por su cercanía a la roca madre (sedimentarios de cuarcitas de la formación Cabanillas), pues a partir de esta profundidad presenta resistencia al corte de suelos.

Tabla 5. Resumen de resultado de laboratorio de suelos

| ENSAYOS | CALICATAS | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | C-1 | C-2 | C-2 | C-3 | C-3 | C-3 |
| Muestra | E-02 | E-02 | E-03 | E-02 | E-03 | E-04 |
| Profundidad (m.) | 0.50 a 1.80 | 1.20 A 2.00 | 2.00 A 3.20 | 0.50 A 1.7 | 1.70 A 2.50 | 2.50 A 3.5 |
| Humedad (%) | 9.84% | 10.85% | 12.48 | 18.36 | 13.35 | 14.56 |
| Limite líquido | 19.14 | 18.49 | 18.21 | NP | 19.7 | 19.78 |
| Limite plástico | 15.34 | 12.79 | 13.52 | NP | 15.03 | 15.14 |
| Índice de plasticidad | 3.81 | 5.7 | 4.69 | NP | 4.67 | 4.64 |
| Pasa N° 200 (%) | 29.57 | 32.95 | 32.56 | 22.48 | 15.14 | 0.66 |
| Arena (%) | 53.54 | 51.37 | 52.18 | 38.47 | 35 | 31.84 |
| Grava (%) | 16.89 | 15.68 | 15.26 | 39.05 | 49.85 | 67.49 |
| Proctor modificado (g/cm ³) | 2.05 | - | - | - | - | - |
| Humedad óptima (%) | 8.8 | - | - | - | - | - |
| Clasificación sucs | SM | SM-SC | SM-SC | GM | GM-GC | GP |
| Clasificación aashto | A-2- 4(0) | A-2- 4(0) | A-2- 4(0) | A-1- b(0) | A-1- b(0) | A-1- a(0) |

Fuente: autoría propia.

Zonificación geotécnica, con las tres calicatas geotécnicas predominantes. La zona geotécnica 1: Está identificada al Sur-Oeste, es la zona cuyo propósito servirá para los rellenos estructurales necesarios además como cantera de cobertura para el cierre del relleno, área predominante de arenas limosas, cercana a la Calicata 1 donde se realizó una densidad natural por método de cono de arena, obteniéndose una densidad natural de 1.782 g/cm³.

La zona geotécnica 2: Identificada en la parte central del relleno sanitario, en esta zona se emplazarán las trincheras, esta zona según las calicatas es la zona donde predominan las arenas limosas, cercana a la calicata 2 donde se realizó una densidad natural por método de cono de arena, obteniéndose una densidad natural de 1.886 g/cm³, la zona geotécnica 3: identificada en la parte noreste del relleno sanitario, en esta zona se emplazarán las pozas de monitoreo, esta zona según las calicatas es la zona donde predominan las gravas arenosas, cercana a la calicata 3 donde se realizó una densidad natural por método de cono de arena, obteniéndose una densidad natural de 1.801 g/cm³ y la zona geotécnica 4 de color azul para cruzar tuberías de monitoreo.

Con fines de evaluar la estabilidad de los taludes bajo el criterio de equilibrio límite debido que estos materiales con su falta de cohesión, no pueden realizarse ensayos triaxiales ni de corte directo, se obtienen estos datos:

Tabla 6. *Resumen de características de rozamiento y cohesión*

| Ensayos | Zona Geotécnica | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------|----------|
| | ZG 1 | ZG 2 | ZG 3 |
| Densidad (g/cm ³) | 1.782 | 1.886 | 1.801 |
| Contenido de humedad (%) | 8.2 | 8.4 | 7.9 |
| Angulo de rozamiento interno (°) | 35 | 40 | 36 |
| Grado de cohesión | 0 | 0 | 0 |
| Clasificación sucs | SM | SM-SC | GM |
| Clasificación aashto | A-2- 4(0) | A-2- 4(0) | A-1-b(0) |

Fuente: autoría propia.

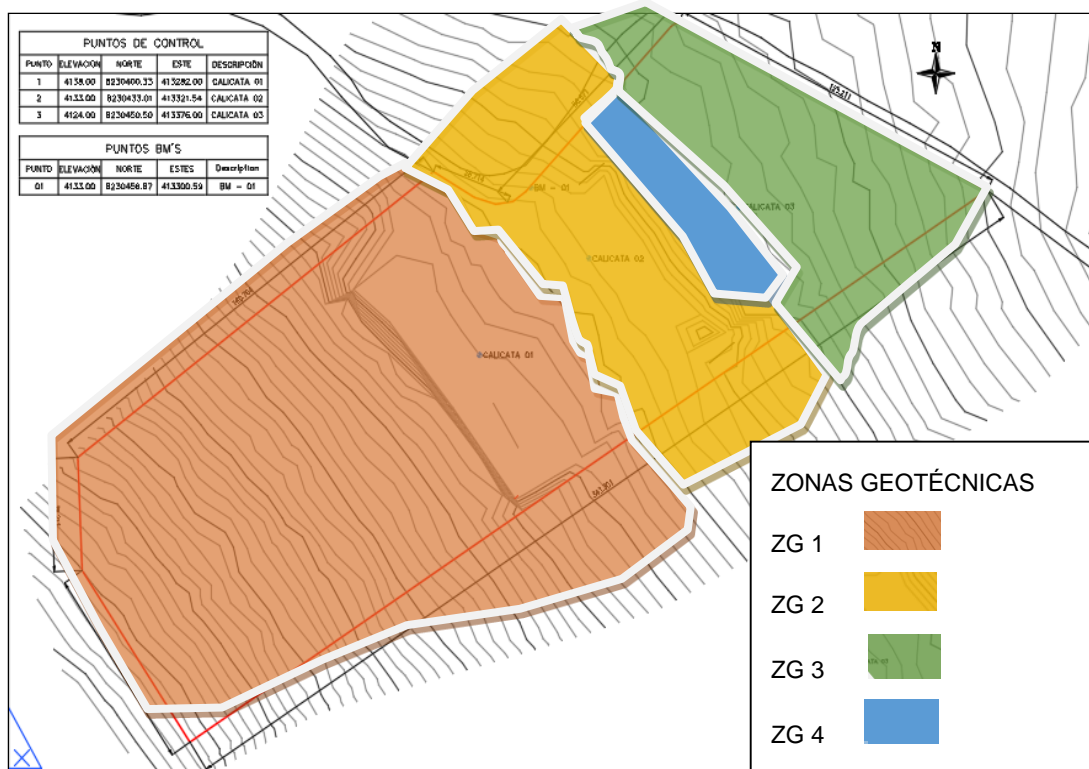


Figura 4. Zonas geotécnicas.

Mediante el uso del método de equilibrio límite el cual proporciona resultados razonablemente buenos de cara a la evaluación de la estabilidad de talud. Y es aplicable a todo tipo de terrenos buscando un mecanismo de rotura cinemáticamente admisible.

Factor de seguridad: Es la proporción entre las fuerzas de resistencia y de oposición en la estabilidad (U.S. Army Corps of Engineers Washington, 1997).

Tabla 7. Factores de seguridad mínimos en estabilidad de diques

| Factores de seguridad mínimos para análisis de estabilidad en diques de tierra | |
|--|------------------|
| Final de la construcción para diques de más de 15m. | 1.3 |
| Filtración continua | 1.5 |
| Desembalse rápido | 1.5 |
| Sismo | 1 |
| Post sismo | $1.1 < FS < 1.2$ |

Fuente: cuerpo de ingenieros de EEUU (USACOE 1997).

Haciendo uso del software slide 6.0 bajo el criterio del método de equilibrio límite de Morgenstern-Price, la cual asume una función de fuerzas cortantes y fuerzas normales entre dovelas la cual es aplicable a cualquier forma de superficie de falla.

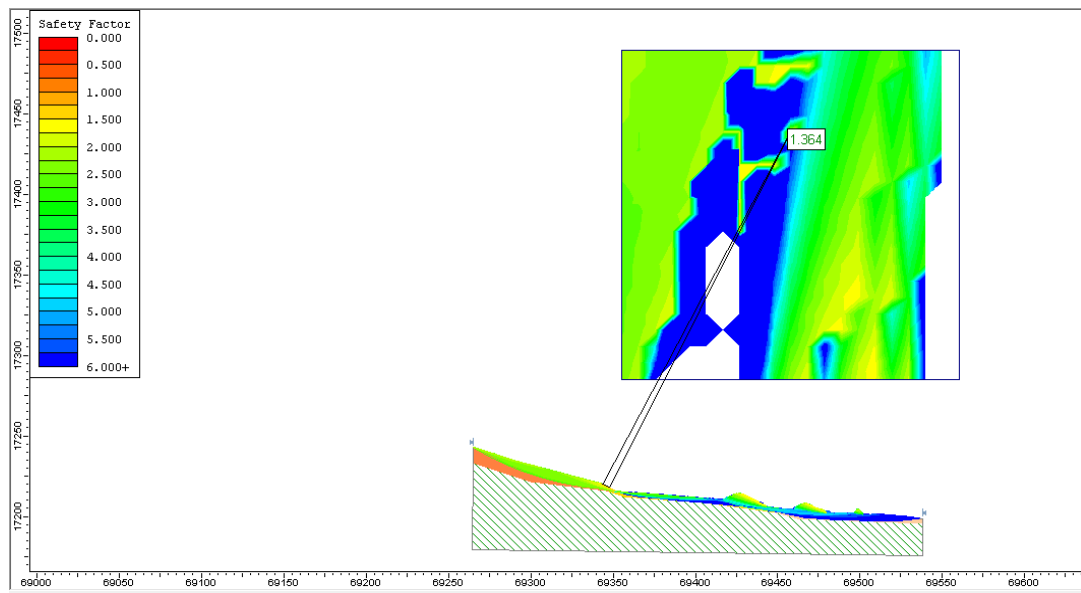


Figura 5. Factor de seguridad mínimo de 1.364.

La estabilidad de talud bajo el criterio de equilibrio límite generando un factor de seguridad mínimo en condiciones estáticas de 1.364, la cual está por encima del mínimo propuesto (>1.2), asegurando la estabilidad de toda la estructura.

Datos diseño de relleno sanitario

Esta investigación se basó en la necesidad de implementar el diseño de la infraestructura de un relleno sanitario para la disposición final de todo tipo de residuos sólidos urbanos, y así evitar problemas de contaminación por descomposición de los materiales. La selección y ubicación del terreno se basó en la importancia de no tener un impacto negativo en las áreas circundantes y estar lo suficientemente lejos de la población, teniendo en cuenta los costos adicionales de transporte hasta el destino final de los residuos.

Método a utilizar en el diseño

El diseño del vertedero fue de tipo manual según Jaramillo (2002) quien considera que para pequeñas poblaciones que generan menos de 15 t/día de residuos. Debido a la cantidad y el tipo de residuos, significa que la manipulación y compactación de residuos puede llevarse a cabo con la intervención de mano de

obra, uso de unas pocas herramientas (p. 45). La municipalidad distrital de Acora cuenta con su propia maquinaria pesada que puede compactar los residuos sólidos para reducir su volumen, ganando más espacio para el depósito y evitando el pronto colapso de la infraestructura.

La investigación que desarrollamos es a través del método mixto o combinado. El Minam (2011) estima la combinación de dos métodos ya que es muy eficiente, permiten ahorrar tiempo, transporte de materiales de cobertura y al mismo tiempo prolongar la vida útil del mismo lugar (p. 57). Así mismo Collazos (2013) señala que es para diferentes configuraciones de terreno de grandes áreas. En esta investigación se optó por el método mixto o combinado por la geografía, topografía del terreno, que son idóneas y/o apropiadas para combinar dos métodos diferentes para ganar mayor área de almacenamiento de residuos.

Proyección de generación de residuos sólidos

Para calcular la producción futura de residuos orgánicos es necesario tener en cuenta el crecimiento poblacional del distrito proyectado por 15 años; para ello tomamos datos en función del último procesamiento de información obtenida del INEI del año 2017, donde nos informa que la población urbana del tal distrito cuenta con 3,904 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional de 0.51 %; teniendo en cuenta esto se determinó para el 2021 una población de 3,984 habitantes.

Tabla 8. *Datos básicos para la proyección de la poblacional de Acora*

| Parámetro | Datos | | |
|--|--------------|---|--------|
| Población futura | Pf | : | 2021 |
| Población actual | P0 | : | 2017 |
| Población actual (INEI 2017) | | : | 3,904 |
| Tasa de crecimiento de la Población 0.51 % | r | : | 0.0051 |
| Tiempo final – Tiempo inicial | n | : | 2021 |

Fuente: información INEI.

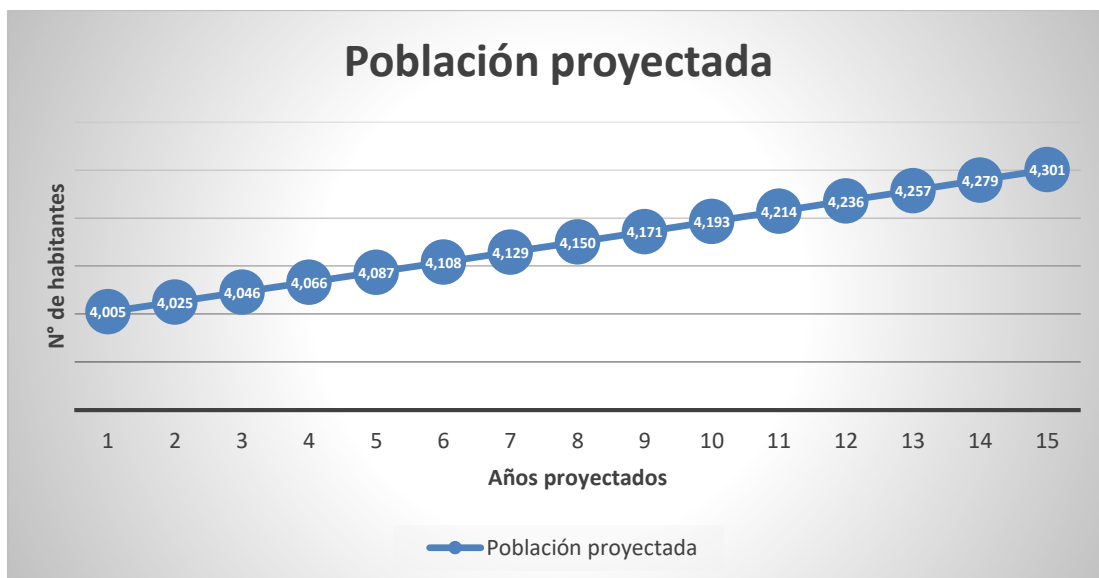


Figura 6. Proyección poblacional de área urbana de Acora.

Caracterización de residuos sólidos

La caracterización de residuos orgánicos permite tener información sobre los residuos generados, este estudio determina la composición, características, cantidad que se genera en Acora. Para la realización de esta tesis contaremos con el estudio de caracterización de residuos sólidos realizado por la municipalidad distrital de Acora en el año 2019, donde determinan la producción de desechos orgánicos en Acora es de 0.474 kg/hab./día, estos datos serán utilizados para nuestro diseño de relleno sanitario.

Tabla 9. Información básica sobre residuos sólidos

| Descripción | Valor | Unidades |
|---|-------|------------------|
| Población total del distrito Acora 2021 | 3,984 | Hab. |
| Generación Per cápita al 2019 | 0.474 | Kg/hab./día |
| Tasa de crecimiento poblacional | 0.51 | % |
| Tasa de crecimiento de residuos sólidos | 1.00 | % |
| Material de cobertura | 20.00 | % |
| Densidad de RRSS compactados | 0.5 | t/m ³ |
| Densidad de RRSS estabilizado | 0.55 | t/m ³ |
| Área Administrativa | 30.00 | % |

Fuente: autoría propia.

La tasa de crecimiento de residuos sólidos el autor Jaramillo (2002) describe que es de 0.50 a 1%. En el caso del área administrativa, se considera un 30% más de la superficie mínima requerida para el área administrativa (Minam, 2011).

En esta investigación se ha considerado la proyección de la generación de residuos sólidos en la población urbana del distrito de Acora para 15 años.

Tabla 10. *Proyección poblacional de Acora*

| Diseño años | Año | Población proyectada | Generación per cápita (kg./hab./día) |
|-------------|------|----------------------|--------------------------------------|
| 0 | 2021 | 3,984 | 0.48 |
| 1 | 2022 | 4,005 | 0.49 |
| 2 | 2023 | 4,025 | 0.49 |
| 3 | 2024 | 4,046 | 0.50 |
| 4 | 2025 | 4,066 | 0.50 |
| 5 | 2026 | 4,087 | 0.51 |
| 6 | 2027 | 4,108 | 0.51 |
| 7 | 2028 | 4,129 | 0.52 |
| 8 | 2029 | 4,150 | 0.52 |
| 9 | 2030 | 4,171 | 0.53 |
| 10 | 2031 | 4,193 | 0.53 |
| 11 | 2032 | 4,214 | 0.54 |
| 12 | 2033 | 4,236 | 0.54 |
| 13 | 2034 | 4,257 | 0.55 |
| 14 | 2035 | 4,279 | 0.56 |
| 15 | 2036 | 4,301 | 0.56 |

Fuente: autoría propia.

Tabla 11. *Resumen de la producción per cápita de residuos sólidos de Acora*

| año | Generación per cápita | Generación de residuos sólidos | Generación de residuos sólidos No | Generación de residuos sólidos | Generación de residuos sólidos | Generación RRSS Municipal |
|-----|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
|-----|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|

| | (kg./hab./día) | domiciliarios (kg/día) | domiciliarios (Kg/día) | Municipales (Kg/día) | Municipales (ton/día) | es (ton/año) |
|------|----------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| 2021 | 0.48 | 1,926.57 | 2,504.54 | 4,431.12 | 4.43 | 1,617.36 |
| 2022 | 0.49 | 1,955.78 | 2,542.52 | 4,498.30 | 4.50 | 1,641.88 |
| 2023 | 0.49 | 1,985.43 | 2,581.06 | 4,566.50 | 4.57 | 1,666.77 |
| 2024 | 0.50 | 2,015.53 | 2,620.19 | 4,635.73 | 4.64 | 1,692.04 |
| 2025 | 0.50 | 2,046.09 | 2,659.92 | 4,706.01 | 4.71 | 1,717.69 |
| 2026 | 0.51 | 2,077.11 | 2,700.25 | 4,777.36 | 4.78 | 1,743.74 |
| 2027 | 0.51 | 2,108.60 | 2,741.19 | 4,849.79 | 4.85 | 1,770.17 |
| 2028 | 0.52 | 2,140.57 | 2,782.74 | 4,923.32 | 4.92 | 1,797.01 |
| 2029 | 0.52 | 2,173.03 | 2,824.93 | 4,997.96 | 5.00 | 1,824.26 |
| 2030 | 0.53 | 2,205.97 | 2,867.76 | 5,073.73 | 5.07 | 1,851.91 |
| 2031 | 0.53 | 2,239.42 | 2,911.24 | 5,150.66 | 5.15 | 1,879.99 |
| 2032 | 0.54 | 2,273.37 | 2,955.38 | 5,228.75 | 5.23 | 1,908.49 |
| 2033 | 0.54 | 2,307.84 | 3,000.19 | 5,308.02 | 5.31 | 1,937.43 |
| 2034 | 0.55 | 2,342.82 | 3,045.67 | 5,388.50 | 5.39 | 1,966.80 |
| 2035 | 0.56 | 2,378.34 | 3,091.85 | 5,470.19 | 5.47 | 1,996.62 |
| 2036 | 0.56 | 2,414.40 | 3,138.72 | 5,553.13 | 5.55 | 2,026.89 |

Fuente: autoría propia.

Según los resultados de la tabla 11, la generación de residuos municipales en los 15 años alcanza las 29,039.05 toneladas.

Tabla 12. *Volumen anual generado de residuos sólidos en Acora*

| Volumen RRSS compactados en el relleno sanitario (m3/año) | Volumen RRSS compactados Municipales (m3/día) | Volumen de RRSS Estabilizados Municipales (m3/año) | Volumen material de cobertura (m3/año) | Volumen RRSS + Material de cobertura (m3/año) | Volumen de RRSS municipales m3/año | Volumen de RRSS acumulados m3/año |
|---|---|--|--|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| 3,234.71 | 8.86 | 2,940.65 | 646.94 | 3,587.59 | 3,234.71 | 3,234.71 |
| 3,283.76 | 9.00 | 2,985.23 | 656.75 | 3,641.98 | 3,283.76 | 6,518.47 |

| | | | | | | |
|----------|-------|----------|--------|----------|----------|-----------|
| 3,333.54 | 9.13 | 3,030.49 | 666.71 | 3,697.20 | 3,333.54 | 9,852.01 |
| 3,384.08 | 9.27 | 3,076.44 | 676.82 | 3,753.25 | 3,384.08 | 13,236.09 |
| 3,435.39 | 9.41 | 3,123.08 | 687.08 | 3,810.16 | 3,435.39 | 16,671.48 |
| 3,487.47 | 9.55 | 3,170.43 | 697.49 | 3,867.92 | 3,487.47 | 20,158.95 |
| 3,540.35 | 9.70 | 3,218.50 | 708.07 | 3,926.57 | 3,540.35 | 23,699.30 |
| 3,594.02 | 9.85 | 3,267.29 | 718.80 | 3,986.10 | 3,594.02 | 27,293.32 |
| 3,648.51 | 10.00 | 3,316.83 | 729.70 | 4,046.53 | 3,648.51 | 30,941.83 |
| 3,703.83 | 10.15 | 3,367.11 | 740.77 | 4,107.88 | 3,703.83 | 34,645.66 |
| 3,759.98 | 10.30 | 3,418.16 | 752.00 | 4,170.16 | 3,759.98 | 38,405.64 |
| 3,816.99 | 10.46 | 3,469.99 | 763.40 | 4,233.38 | 3,816.99 | 42,222.63 |
| 3,874.86 | 10.62 | 3,522.60 | 774.97 | 4,297.57 | 3,874.86 | 46,097.48 |
| 3,933.60 | 10.78 | 3,576.00 | 786.72 | 4,362.72 | 3,933.60 | 50,031.08 |
| 3,993.24 | 10.94 | 3,630.22 | 798.65 | 4,428.87 | 3,993.24 | 54,024.32 |
| 4,053.78 | 11.11 | 3,685.26 | 810.76 | 4,496.01 | 4,053.78 | 58,078.11 |

Fuente: autoría propia.

Para el cálculo de los volúmenes de residuos orgánicos se consideró densidad compactada de 0.50 tn/m³ y la densidad estabilizada de 0.55 tn/m³, así como el 20% de material de cobertura. De acuerdo a la tabla anterior el volumen de residuos sólidos acumulado en 15 años tendrá 58,078.11 m³.

Tabla 13. *Requerimiento del área necesaria para el relleno sanitario*

| Área tota RRSS municipales (m²/año) | Área total del área administrativa (m²/año) | Área total acumulado (m²) | Área total acumulado (Ha) |
|---|---|---|--|
| 404.34 | 525.64 | 525.64 | 0.05 |
| 410.47 | 533.61 | 1,059.25 | 0.11 |
| 416.69 | 541.70 | 1,600.95 | 0.16 |
| 423.01 | 549.91 | 2,150.87 | 0.22 |
| 429.42 | 558.25 | 2,709.12 | 0.27 |
| 435.93 | 566.71 | 3,275.83 | 0.33 |
| 442.54 | 575.31 | 3,851.14 | 0.39 |
| 449.25 | 584.03 | 4,435.16 | 0.44 |
| 456.06 | 592.88 | 5,028.05 | 0.50 |
| 462.98 | 601.87 | 5,629.92 | 0.56 |

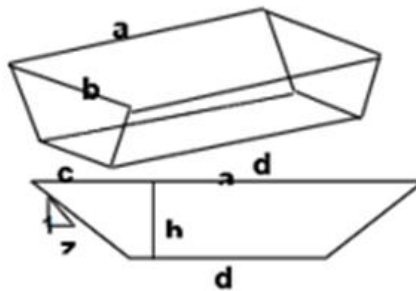
| | | | |
|--------|--------|----------|------|
| 470.00 | 611.00 | 6,240.92 | 0.62 |
| 477.12 | 620.26 | 6,861.18 | 0.69 |
| 484.36 | 629.66 | 7,490.84 | 0.75 |
| 491.70 | 639.21 | 8,130.05 | 0.81 |
| 499.16 | 648.90 | 8,778.95 | 0.88 |
| 506.72 | 658.74 | 9,437.69 | 0.94 |

Fuente: autoría propia.

Según el cuadro anterior, se considera un área de 0.94 hectáreas, que incluye 30% de área administrativa.

Diseño de las trincheras

Se considera 3 trincheras de las siguientes dimensiones:



$$Volumen = \frac{1}{3}h(axb + cxd + \sqrt{(axb)x(cxd)})$$

- a. Largo base mayor
- b. Ancho base mayor
- c. Ancho base menor
- d. Largo base menor
- h. Altura

Tabla 14. *Volumen total de recepción de las trincheras*

| Parámetro | Trinchera 1 | Trinchera 2 | Trinchera 3 | unidad |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| Largo Superior | 100.00 | 100.00 | 100.00 | m |
| Ancho Superior | 27.75 | 27.30 | 27.75 | m |
| Área superior | 2,775.00 | 2,730.00 | 2,775.00 | m2 |
| Altura | 3.00 | 3.00 | 3.00 | m |
| Largo Inferior | 88.00 | 88.00 | 88.00 | m |
| Ancho Inferior | 15.80 | 15.30 | 15.80 | m |
| Área Inferior | 1,390.40 | 1,346.40 | 1,390.40 | m2 |
| Volumen total | 6,248.10 | 6,114.60 | 6,248.10 | m3 |

Fuente: autoría propia.

Según el cuadro anterior el volumen de recepción de las 3 trincheras es de 18,610.80 m3

Diseño de las plataformas

Una vez finalizado el relleno de las trincheras con residuos sólidos, la técnica de llenado se realizará por áreas donde están formadas por las áreas 1 y 2 de las plataformas, considerando el peso de los desechos sólidos es de 80%, y el material de cobertura de 20%.

Tabla 15. *Volumen de áreas de las plataformas*

| Parámetro | Área 1 | Área 2 | unidad |
|------------------|---------------|---------------|---------------|
| Largo Superior | 61.00 | 79.00 | m |
| Ancho Superior | 91.00 | 33.00 | m |
| Área superior | 5,551.00 | 2,607.00 | m2 |
| Altura | 4.00 | 4.00 | m |
| Largo Inferior | 100.00 | 89.00 | m |
| Ancho Inferior | 85.00 | 57.00 | m |
| Área Inferior | 8,500.00 | 5,073.00 | m2 |
| Volumen total | 28,102.00 | 15,360.00 | m3 |

Fuente: autoría propia.

Según el cuadro anterior el volumen de recepción de residuos sólidos de las 2 áreas es de 43,462 m3.

El volumen total de recepción de las trincheras y áreas de las plataformas suma un total de 62,072.80 m³.

Capacidad de celda diaria (m³)

Rs= 4.97 producción de residuos sólidos municipales (ton/día)

Mc= 0.994 material de cobertura de residuos sólidos (20%)

D= 0.50 densidad de residuos sólidos (ton/m³)

$$VCD = \frac{\text{Generacion RRSS} + \text{Material de cobertura}}{\text{Densidad}}$$

$$VCD = \frac{4.97 \text{ t} + (4.97 \times 0.20)}{0.50 \text{ t/m}^3} = 11.93 \text{ m}^3$$

Cálculo de celda diaria (m²)

VCD= 11.93 m³ volumen de celda diaria

Hlt.CU= 0.50 altura de celda diaria (m)

$$ACD = \frac{VCD}{AltCU}$$

$$ACD = 23.86 \text{ m}^2$$

Determinación de la longitud de celda diaria (m)

ACD= 23.86 área de celda diaria en (m²)

Anc.CU= 4 ancho de celda diaria (m)

$$LCD = \frac{ACD}{AncCU}$$

$$LCD = 5.97 \text{ m}$$

Cálculo de mano de obra

RS= 4.97 Producción de residuos sólidos municipales (ton)

MC= 0.994 Porcentaje de material de cubierta (RS x 20%)

RMR= 0.95 Rendimiento desplazamiento de residuos (ton/hombre/día)

RCR= 20.00 Rendimiento compactado de residuos (m²/hombre/día)

RMT= 0.35 Rendimiento movimiento de tierras (m3/hombre/día)

RCC= 20.00 rendimiento de compresión de celdas (m2/hombre/día)

Área superficial

ACD= 23.86 Área de celda diaria (m2)

LCD= 5.97 Longitud de celda diaria (m)

$$A = \frac{ACD - LCD}{LCD}$$

$$A = \frac{23.86 - 5.97}{5.97}$$

$$A = 3.00$$

Cálculo de la mano de obra por actividad (hombre /día)

Movimiento de residuos

$$MR = \frac{RS}{RMR} \times \frac{1}{6}$$

$$MR = \frac{4.97}{0.95} \times \frac{1}{6}$$

$$MR = 0.87$$

Compactación de residuos

$$CR = \frac{A}{RCR} \times \frac{1}{6}$$

$$CR = \frac{3}{20} \times \frac{1}{6}$$

$$CR = 0.03$$

Movimiento de tierras

$$MT = \frac{MC}{RMT} \times \frac{1}{6}$$

$$MT = \frac{0.99}{0.35} \times \frac{1}{6}$$

$$MT = 0.47$$

Compactación de la celda

$$CC = \frac{A}{RCC} \times \frac{1}{6}$$

$$CC = \frac{3}{20} \times \frac{1}{6}$$

$$CC = 0.025$$

Cálculo de la mano de obra total, número total de hombres necesarios (hombre/día)

$$HR = MR + CR + MT + CC$$

$$HR = 0.87 + 0.03 + 0.47 + 0.025$$

$$HR = 1.40$$

$$HR = 2$$

Material de cubierta diario

El material de cubierta para el día a día se encuentra in situ procedente de las excavaciones de las trincheras lo cual es un material de suelo apto en su estado natural para las capas de 0.20 a 0.40 cm.

$$V = VMC / (365 * 15)$$

Tabla 16. *Material para cobertura diaria*

| | | |
|------------------|----------|----------------------------------|
| Ubicación | : | Relleno sanitario |
| Acceso | : | Interior |
| Propietario | : | Municipalidad Distrital de Acora |
| Volumen | : | 2.12 m ³ /día |
| Tipo de material | : | Arena limosa |
| SUCS - AASHTO | : | SM-A-2-4 (0) |

Fuente: autoría propia.

Material para cobertura final

Para la cobertura también se cuenta con material in situ un suelo impermeable donde ayudará en épocas de lluvia evitando la filtración hacia las pozas de monitoreo la ventaja de esta área de relleno es que cuenta con una cantera de material de cobertura, generando una ampliación de área futura para la continuidad del relleno sanitario.

Tabla 17. Material de cubierta final

| Ubicación | : | Relleno sanitario |
|------------------|----------|----------------------------------|
| Acceso | : | Interior |
| Propietario | : | Municipalidad Distrital de Acora |
| Volumen | : | 4,655.00 m3 |
| Tipo de material | : | Arcilla de baja plasticidad |
| SUCS - AASHTO | : | SM-SC A-2-4 (0) |

Fuente: autoría propia.

Material orgánico para cierre final

Para el cierre final clausura del relleno sanitario también cuenta con material in situ de suelo orgánico o tierra para la revegetación que será extraído del desbroce parte superficial donde será acumulado, depositado en una área cercano al relleno sanitario para su posterior utilización del cierre o clausura.

Tabla 18. Material orgánico de cubierta final

| Ubicación | : | Relleno sanitario |
|------------------|----------|----------------------------------|
| Acceso | : | Interior |
| Propietario | : | Municipalidad Distrital de Acora |
| Volumen | : | 4,718.85 m3 |
| Tipo de material | : | Suelo orgánico |

Fuente: autoría propia.

Taludes en corte

Según Jaramillo (2002) para las construcciones en taludes como la nivelación lateral en cortes de talud, se debe tomar como referencia el punto del chaflán y el borde de la berma, para cada tipo de material se debe tener en cuenta el tipo de suelo, por ejemplo para suelos blandos como arcilla, arena mezclada con limo, los cortes de excavación deben ser menores a 5 metros que no requieren de un estudio de estabilidad y así definir el talud más apropiado con banquetas adecuadas (p-96).

En nuestro proyecto de investigación proponemos tener en cuenta para la construcción y/o desarrollo de excavaciones menores a 5 metros de profundidad dando un ángulo de acuerdo al tipo de suelo que se encuentre en el terreno para su respectiva estabilidad.

Tabla 19. Pendientes de cortes recomendadas

| Tipo de Material | Talud recomendable altura de corte hasta 5m | Observaciones |
|---|--|--|
| Arenas limosas y limos compactados | 1/2 | K=10-7 cm/s. disparar 1:1 La parte superior más erosionada. Si se trata de materiales fácilmente erosionables, se debe proyectar una pendiente de 1:1. |
| Arenas limosas, limo poco compactado | 1/4 | K=10-7 cm/s. Contracuneta impermeable descopetar 1,5:1 la parte más erosionada. |
| Arenas limosas y limos muy compactados | 1/4 | K=10-7cm/s. Desenganchar la parte superior suelta. |
| Arcillas poco arenosas, firmes y homogéneas | 1/2 | K=10-8 cm/s. Limpiar la parte erosionada 1:1. Si hay flujo de agua, construya un subdrenaje. |
| Arcillas blandas expansivas | 1 | K=10-8cm/s |

Fuente: Tomado y adoptado de secretaría de obras públicas de Antioquía, Colombia.

Taludes de terraplén entre zanjas

El talud de la zona prevista entre las zanjas contará con una pendiente de 2H: 1V.

Taludes en plataformas

En relación con la formación de taludes con materiales de residuos, se propone un talud con una inclinación de (2H: 1V) para proporcionar una mejor estabilidad y asegurar así la compactación de estos materiales.

Impermeabilización

De acuerdo a (Decreto Legislativo N° 1278) el cual indica que tanto la base como los taludes deben de cumplir con obtener un coeficiente de permeabilidad $k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s y con 40 cm de espesor como mínimo, si no se cumple la impermeabilización se hace uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1.2 mm y uso de geotextil entre la geomembrana.

Teniendo en cuenta (Decreto Legislativo N° 1278) los ensayos de suelo realizados, se tiene suelo permeable, no cumpliendo con el coeficiente de permeabilidad exigido para un relleno sanitario, por lo que se plantea el uso de geomembrana de LLDPE de 2mm y el uso de geotextil entre la geomembrana.

Impermeabilización de trincheras con geomembrana LLDPE

Para esta investigación, se utilizó una geomembrana LLDPE de polietileno de baja densidad de 2.0 mm de espesor para impermeabilizar la base y los taludes de la trinchera por presentar propiedades químicas de la geomembrana HDPE de polietileno de alta densidad, que tiene una gran flexibilidad y resistencia a los agentes químicos que ofrece a las cargas impuestas por el peso de los residuos sólidos.

Soldadura de geomembrana LLDPE de 2.0 mm

El operador de equipos de termofusión y extrusión realizará una prueba de entrada, antes de iniciar por primera vez su trabajo en obra, en esta prueba deberán recrearse las condiciones más adversas para el proyecto y evaluar el resultado mediante los ensayos respectivos.

Soldadura por Fusión

Cidelsa (2021) se realiza con una pequeña máquina (cuña) que produce una doble soldadura aplicando energía generadora que funde con la ayuda de la presión mecánica ejercida por un conjunto de rodillos que no dañarán la geomembrana, se toma como referencia dos puntos paralelos sobre el traslape, generando un espacio vacío intermedio en el centro (canal de prueba) que posteriormente nos permitirá realizar ensayos no destructivos mediante la inyección de aire. En esta investigación se realizó el ensayo de 12 probetas de soldadura por fusión, sujetos a pruebas de corte y desgarro.

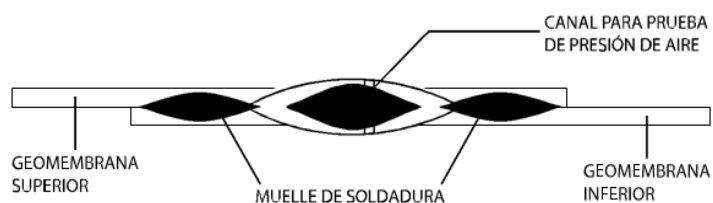


Figura 7. Soldadura por fusión.

Fuente: Amanco (2021)

Resultados obtenidos de soldadura por fusión a una velocidad de 2 pulg./min, sometidos a ensayos de corte y desgarro con una cuña calibrada a una temperatura de 450°C.

Tabla 20. *Resumen de probetas soldadas por fusión*

| Probeta | Máxima | Cumple/Falla | Al desgarro | Cumple/Falla |
|---------|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | Resistencia al corte (kg/pulg.) | | (kg/pulg.) | |
| 1 | 80 | Cumple | 63 | Cumple |
| 2 | 84 | Cumple | 55 | Cumple |
| 3 | 82 | Cumple | 54.5 | Cumple |
| 4 | 82 | Cumple | 55 | Cumple |
| 5 | 86 | Cumple | 59.5 | Cumple |
| 6 | 84 | Cumple | 60.5 | Cumple |
| 7 | 89 | Cumple | 59 | Cumple |
| 8 | 86 | Cumple | 61 | Cumple |
| 9 | 85 | Cumple | 59 | Cumple |
| 10 | 84 | Cumple | 54 | Cumple |
| 11 | 81 | Cumple | 61.5 | Cumple |
| 12 | 82 | Cumple | 66.5 | Cumple |

Fuente: Resultados de soldadura por fusión

Valor mínimo de resistencia al corte 54 kg/pulg y mínimo valor al desgarro 45 kg/pulg para uniones por fusión en geomembrana lisa-texturada de espesor de 2 mm, fuente (GRI-GM19).

Según la tabla 20, la resistencia máxima al corte es de 89 kg/pulg, con un mínimo de 80 kg/pulg. a una velocidad de 2 pulg/min. con una temperatura de 450 °C Por consiguiente, todas las probetas soldadas por fusión cumplieron con la resistencia mínima al corte. Las pruebas de desgarro con un máximo de 66.5 kg/pulg., con mínimo de 54 kg/pulg. a una velocidad de 2 pulg/min con una temperatura de 450°C de igual manera todas las probetas soldadas por fusión cumplieron con resistencia mínima al desgarro.

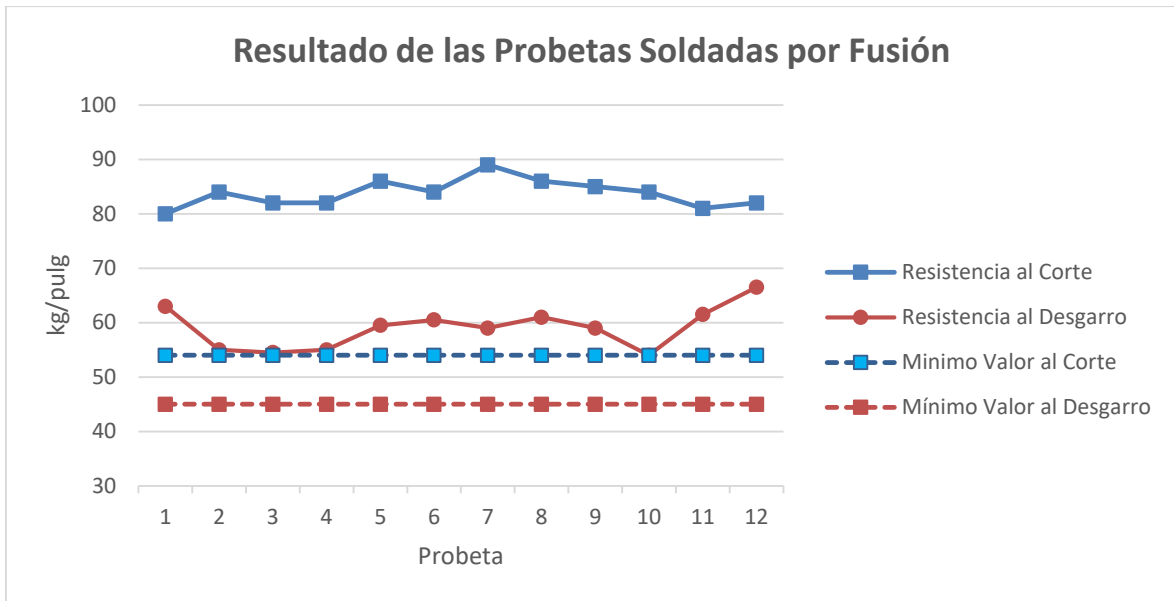


Figura 8. Probetas soldadas por fusión.

Soldadura por Extrusión

Cidelsa (2021) los aparatos de soldadura por extrusión harán un cordón continuo de polietileno de alta densidad de la misma calidad de la geomembrana logrando una fusión óptima, deben estar equipados con medidores que indiquen la temperatura del aparato en la boquilla de extrusión, así como la temperatura del aire caliente para disponer de él. En esta investigación se realizó el ensayo de 12 probetas de soldadura por extrusión, sujetos a pruebas de corte y desgarro.

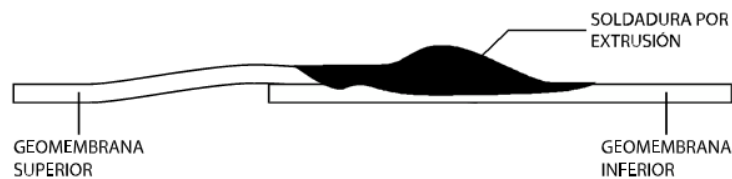


Figura 9. Soldadura por extrusión.

Fuente: Amanco (2021)

Resultados obtenidos de soldadura por extrusión sometidos a temperatura 287°C a pruebas de corte y desgarro.

Tabla 21. Resultados de probetas soldadas por extrusión

| Probeta | Máxima | Cumple/Falla | Al desgarro | Cumple/Falla |
|---------|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | Resistencia al corte (kg/pulg.) | | (kg/pulg.) | |
| 1 | 68 | Cumple | 52 | Cumple |
| 2 | 71 | Cumple | 59 | Cumple |
| 3 | 73 | Cumple | 61 | Cumple |
| 4 | 79 | Cumple | 58 | Cumple |
| 5 | 75 | Cumple | 59 | Cumple |
| 6 | 74 | Cumple | 57 | Cumple |
| 7 | 76 | Cumple | 60 | Cumple |
| 8 | 81 | Cumple | 59 | Cumple |
| 9 | 77 | Cumple | 54 | Cumple |
| 10 | 77 | Cumple | 58 | Cumple |
| 11 | 80 | Cumple | 56 | Cumple |
| 12 | 76 | Cumple | 60 | Cumple |

Fuente: Resultados de soldadura por extrusión.

Valor mínimo de resistencia al corte 54 kg/pulg y el valor mínimo al desgarro 40 kg/pulg para uniones por extrusión en geomembrana lisa, texturada de espesor de 2mm, fuente (GRI-GM19).

Según la tabla 21, la resistencia máxima al corte es de 81 kg/pulg, con un mínimo de 68 kg/pulg, una temperatura de 287°C por consiguiente, todas las probetas soldadas por extrusión cumplieron con la resistencia mínima al corte. Las pruebas de desgarro con un máximo de 61 kg/pulg., con mínimo de 52 kg/pulg. una temperatura de 287 °C de igual manera todas las probetas soldadas por extrusión cumplieron con resistencia mínima al desgarro.

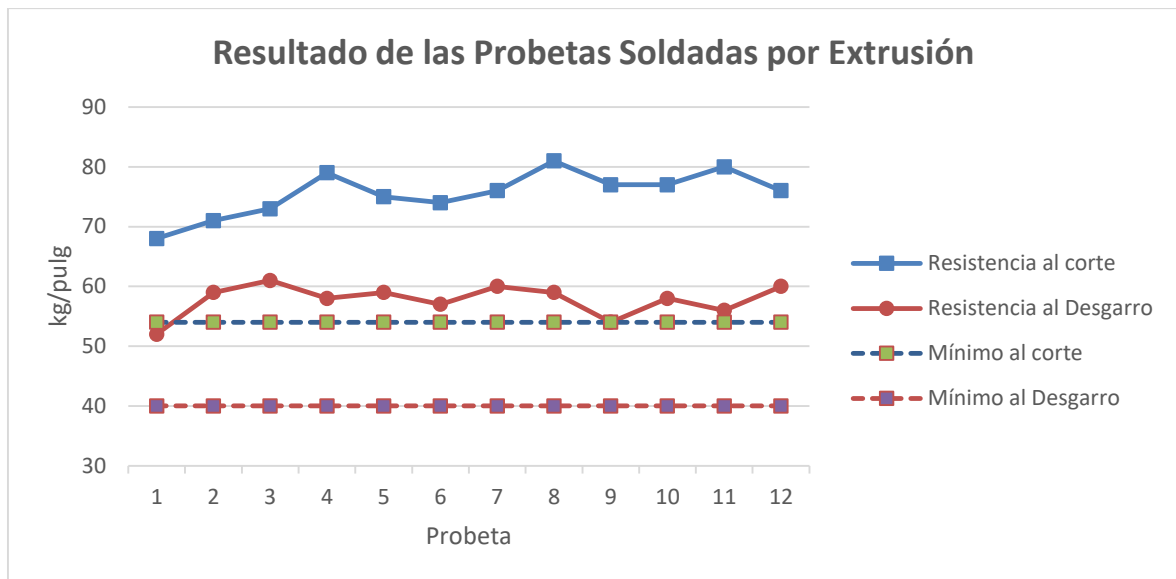


Figura 10. Probetas soldadas por extrusión.

Sistema de drenaje de lixiviados

La colocación del sistema de drenaje de lixiviados será conformado por una tubería principal perforada HDPE tipo CPT corrugada de pared doble de 200 mm de diámetro, se ubicarán a manera de espina de pescado tuberías de HDPE CPT de pared doble perforadas de 100 mm de diámetro. Distribuidas cada 8 m. a fin de cubrir toda el área del relleno sanitario y captar las aguas lixiviadas hacia el ramal principal y derivarla hacia la poza de monitoreo principal de lixiviados.

Cada ramal de tubería será constituido además con grava de drenaje menor a 3” limpia, a manera de cobertura de todo el ramal (en trapecio invertido) y envuelto en geotextil no tejido de 270gr/cm², esto para evitar taponamiento y/o saturación de los ramales colectores con los residuos sólidos que pudiese tener el Relleno Sanitario.

Grava de drenaje

La grava de drenaje se conformará tanto el sistema de subdrenaje como el sistema de lixiviados por gravas limpias menores a 3” con permeabilidad. Además de la granulometría este material debe tener características redondeadas a subangulosas, de preferencia de fuentes aluviales para el cuidado de los geosintéticos.

Tabla 22. Producción de lixiviados

| Tipo de Relleno | Aguas lixiviadas (% pp) | Precipitación | | |
|--|----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | 700 mm/año o | 1500 mm/año o | 3000 mm/año o |
| Relleno Manual | 60 | 11.51 | 24.66 | 49.32 |
| Relleno apisonado con maquinaria liviana | 40 | 7.67 | 16.44 | 32.88 |
| Relleno compactada con maquinaria pesada | 25 | 4.79 | 10.27 | 20.55 |

Fuente: (Minam, 2011).

Tabla 23. Indicadores climáticos de Puno mes Enero a Junio

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|---------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|
| Temperatura promedio (°C) | 9 | 9.1 | 8.9 | 8.1 | 7.1 | 6.7 |
| Temperatura mínima. (°C) | 5.3 | 5.5 | 5 | 3.1 | 0 | -1.2 |
| Temperatura máxima. (°C) | 13.3 | 13.3 | 13.4 | 13.3 | 13.8 | 14 |
| Precipitación (mm) | 236 | 211 | 180 | 91 | 24 | 11 |
| Humedad (%) | 74% | 75% | 75% | 71% | 54% | 42% |
| Días lluviosos (días) | 20 | 18 | 19 | 13 | 5 | 2 |

Fuente: es.climate-data.org/américa-del-sur/Perú/puno/puno-1013/.

Tabla 24. Indicadores climáticos de Puno mes Julio a Diciembre

| Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 6.4 | 7.4 | 8.4 | 9.2 | 10.3 | 9.7 |
| -1.4 | -0.4 | 1.5 | 3.3 | 4.4 | 5.2 |
| 13.9 | 14.6 | 15.1 | 15.2 | 16.1 | 14.6 |
| 11 | 23 | 54 | 90 | 97 | 162 |
| 42% | 43% | 47% | 53% | 50% | 65% |
| 2 | 4 | 9 | 12 | 12 | 17 |

Fuente: es.climate-data.org/américa-del-sur/Perú/puno/puno-1013/.

Tabla 25. Producción de lixiviados en relación de las precipitaciones

| pp (mm/año) | Área del relleno (Ha) | Producción de agua lixiviadas (% de pp) | Producción de agua lixiviadas (m3/año) | Producción de agua lixiviadas (m3/día) |
|----------------|--------------------------|---|--|--|
| 1,190 | 0.94 | 0.6 | 10,107.77 | 27.69 |

Fuente: autoría propia.

Tabla 26. Producción de lixiviados de acuerdo a la generación.

| Factor de generación (m3/ha*día) | área del relleno sanitario (Has) | Producción de lixiviadas (m3/día) | Producción de lixiviados (m3/año) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 24.66 | 0.94 | 23.27 | 8,493.77 |

Fuente: autoría propia.

Tabla 27. Producción total de lixiviados

| Porcentaje de la precipitación (pp) | Factor de generación | Producción total lixiviados (m3/día) |
|-------------------------------------|----------------------|---|
| 27.69 | 23.27 | 50.96 |

Fuente: autoría propia.

Tabla 28. Volumen de la poza

| Producción de lixiviados (m3/día) | Cantidad de poza de lixiviados | Volumen de la trinchera (m3/día) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 50.96 | 3 | 16.99 |

Fuente: autoría propia.

Tabla 29. Caudal de lixiviados.

| | | | |
|---|----------|-------------------|--------------|
| Precipitaciones medias anuales | P | 99.17 | mm/año |
| Superficie del vertedero | A | 9,437.69 | m2 |
| N° de segundos en un año | T | 31536000 | seg/año |
| Coeficiente dependiente del grado de compactación de los residuos | K | 0.35 | |
| Caudal medio de Lixiviados | Q | 0.01038742 | L/seg |

Fuente: autoría propia.

Balance hídrico

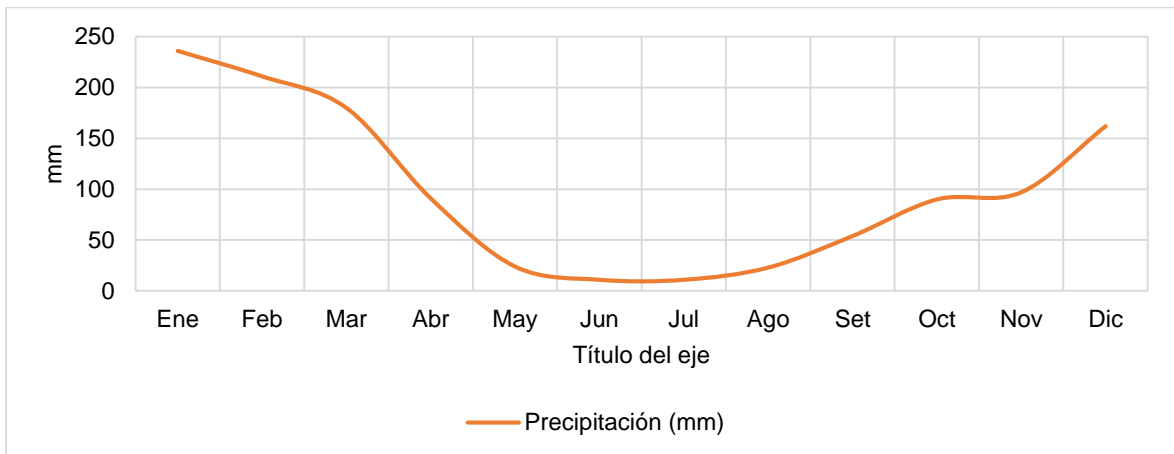


Figura 11. Registro de precipitación año 2020.

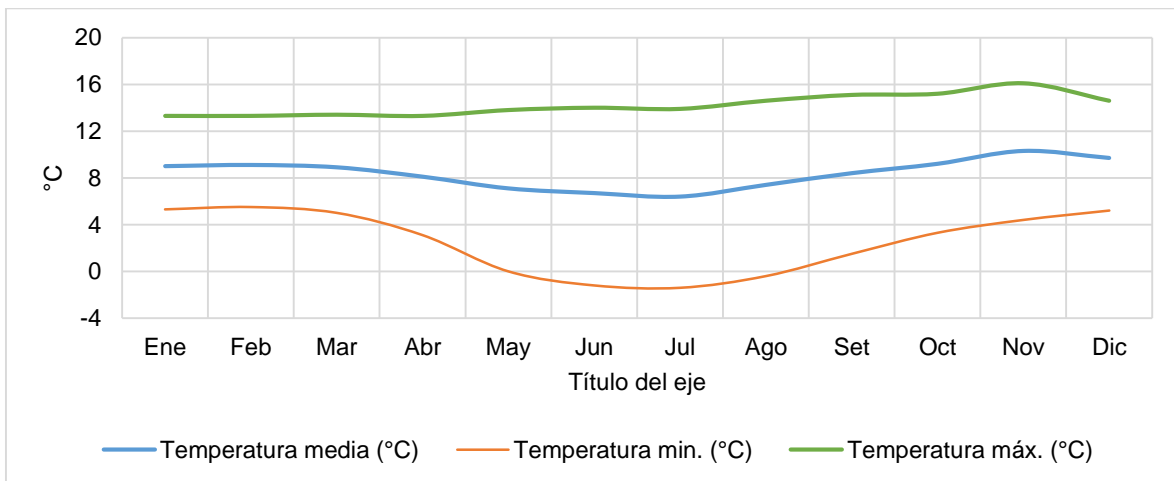


Figura 12. Registro de temperaturas durante el año 2020.

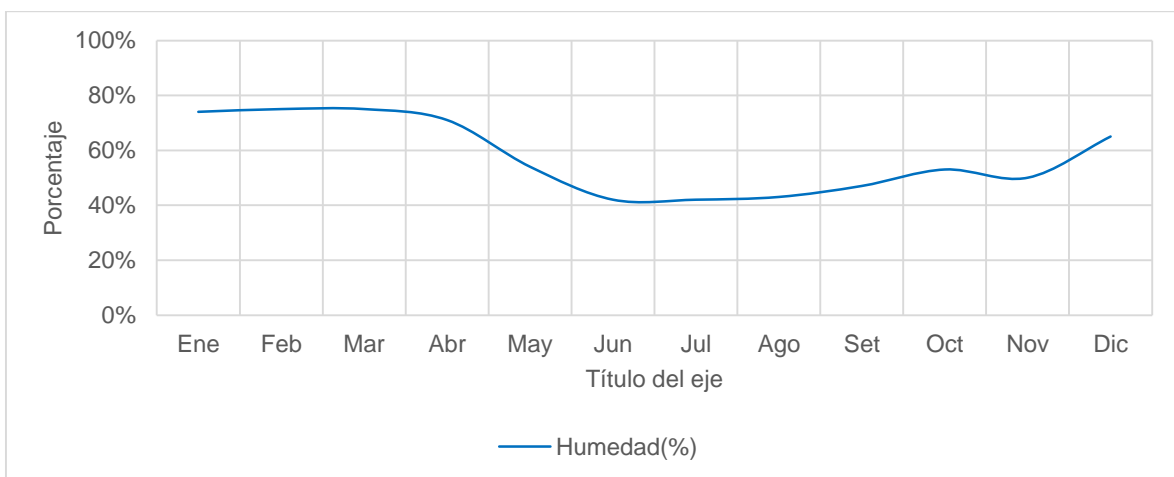


Figura 13. Registro porcentaje de humedad 2020.

Tabla 30. Promedio de precipitaciones

| | | | |
|--|---|--------|----|
| Precipitación media mensual | : | 99.17 | Mm |
| Precipitación media mensual meses de verano | : | 197.25 | Mm |
| Precipitación promedio mensual meses de invierno | : | 50.125 | Mm |

Fuente: autoría propia.

Se consideran meses de verano los que tienen una temperatura media superior a 12° C y de invierno los que tienen temperaturas inferiores a 4° C. La escorrentía se fija aproximadamente, como fracción de la precipitación, en función del tipo de suelo, del grado de compactación y de la pendiente media del terreno.

Tabla 31. Coeficiente de escorrentía

| Cobertura Del Suelo | Tipo De Suelo | Pendiente | | | | |
|---------------------------|---------------|-----------|---------|--------|-------|-------|
| | | > 50 | 20 - 50 | 5 - 20 | 1 - 5 | 0 - 1 |
| Sin vegetación | Impermeable | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.60 |
| | Semipermeable | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
| | Permeable | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| Cultivos | Impermeable | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
| | Semipermeable | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | Permeable | 0.40 | 0.35 | 0.40 | 0.25 | 0.20 |
| Pastos, vegetación ligera | Impermeable | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |
| | Semipermeable | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| | Permeable | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 |
| Hierba | Impermeable | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | Semipermeable | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| | Permeable | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 |
| Bosque, vegetación densa | Impermeable | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| | Semipermeable | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| | Permeable | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.05 |

Fuente, Coeficientes de escorrentía, según Benítez et al. (1980)

Tabla 32. Cantidad de precipitaciones

| | Pendiente | Precipitación (mm) | Escorrentía (mm) | Cantidad de precipitación (mm/mes) |
|-------------------|-----------|--------------------|------------------|------------------------------------|
| Meses de verano | 0.45 | 197.25 | 88.76 | 81.37 |
| Meses de invierno | 0.45 | 50.13 | 22.56 | 22.06 |

Fuente: autoría propia.

Dimensionamiento de las Pozas de monitoreo.

Las capacidades de los pozos de monitoreo de lixiviados y del subdrenaje se determinan para proporcionar la vida útil del vertedero, se dispuso que se tendrá dos pozos de monitoreo para verificar la contaminación del agua en los dos pozos de monitoreo debe ser de la misma calidad; si no es la misma, significa que hay una fuga de lixiviados que está contaminando el agua, Para lo cual se obtuvo las siguientes dimensiones:

Tabla 33. Volumen de poza de monitoreo

| Poza de monitoreo | | | |
|------------------------------|---|-----------------|---------------------------|
| Tipo de Pozas | Producción de aguas lixiviadas (m3/día) | Numero de Pozas | Volumen de las pozas (m3) |
| Poza para aguas lixiviadas | 50.96 | 1.00 | 1,218.00 |
| Poza para aguas subterráneas | 531.00 | 1.00 | 531.00 |

Fuente: autoría propia.

El pozo de control se revestirá con geomembrana de HDPE de alta densidad con una profundidad de 2.50 m.

Sistema de colección para gases

Los estudios del Banco Mundial (2016) muestran que las tasas de extracción de biogás en un vertedero oscilan entre 2 y 5 m3 de biogás por tonelada enterrada al año, Este gas se produce dentro del relleno sanitario por las reacciones que se producen en los residuos que puede contaminar la vegetación, por lo que es necesario facilitar la salida de los gases del vertedero de forma controlada mediante el uso de chimeneas, y se obtuvo lo siguiente:

- La separación aproximada será de 30 m entre ellos.
- La sección de gas tiene forma cilíndrica con una anchura de 0.80 m.
- Longitud de 0.80 m.
- Altura de 11 m.
- La colocación de grava como relleno es de 4" a 6" de diámetro.
- Se debe instalar un quemador en el extremo vertical superior para controlar la emanación de gas.

Obras complementarias

Las obras adicionales recomendadas son las siguientes: Canal de coronación, cerco perimétrico y puerta de acceso, área administrativa, letrero de identificación y vías de acceso.

Canal de coronación

La ubicación del relleno sanitario (ladera del cerro Comitiri Apacheta), las aguas superficiales producto de las precipitaciones en épocas de lluvia que se acumulen o puedan no filtrarse al subsuelo discurrirán por la ladera en dirección agua abajo, pudiendo afectar el área de emplazamiento del relleno sanitario, por ende, se debe prever el tratamiento de estas aguas superficiales los cuales no deberían ingresar al relleno sanitario y afectar la infraestructura pues podrían colapsar las pozas.

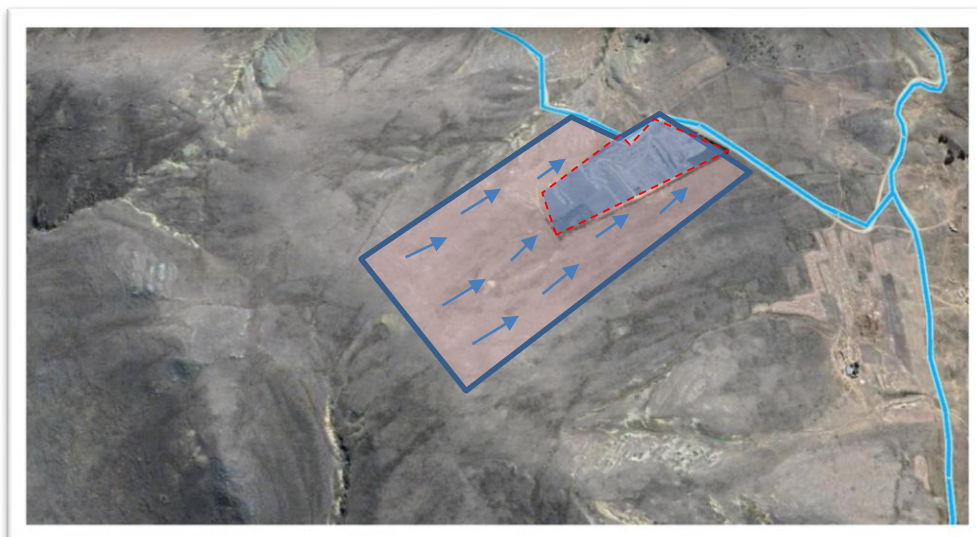


Figura 14. Croquis de distribución de aguas superficiales Comitiri Apacheta.

Según la información del Senamhi para la estación Rincón de la Cruz ubicada en el distrito de Acora los máximos niveles de lluvia se dan en los meses de octubre y noviembre con precipitaciones hasta de 27.5mm al día.

Cerco perimétrico y puerta de acceso

Para la delimitación se ha considerado una valla perimetral de 1.80 m de altura con rollizo de eucalipto de la zona con alambres de púa de 6 hileras con una distancia entre púas de 0.30 m.

La puerta de acceso será de 2.0 m de altura y 5.0 m de longitud con tubos de hierro de 3".

Área administrativa

Se utilizará para controlar la entrada de los vehículos de recolectores de residuos al relleno sanitario, estará situado cerca del acceso principal y contará con las siguientes salas.

- Sala de reuniones con una dimensión de 4.50m x 3.50m
- Administración de la infraestructura 4.0m x 4.0
- Recepción 3.0m x 4.0m
- Servicios higiénicos 3.0m x 2.0m

Letrero de identificación

Será de pared de ladrillo King Kong con mortero 1:5 A:C, con una altura de 2.50 m y una longitud de 3.0m. Se ubicará a la entrada del relleno sanitario para su debida identificación.

Vías de acceso

Estos caminos son muy importantes puesto que facilitará la entrega de los desperdicios orgánicos al relleno sanitario y consistirán en un camino de trocha.

Impacto ambiental

Área de impacto directo

Esta zona incluye al área donde se producirán los cambios medioambientales de manera directa durante la ejecución del proyecto, donde se producirá la mayor afluencia de público usuario, tráfico de vehículos y maquinaria, zona de

almacenamiento de materiales de construcción, accesos y el mayor grado de impacto por emisiones de polvo, entre otros aspectos.

Aumento de las partículas en el espacio, Durante la etapa de construcción, la expulsión de gases del proceso de combustión de maquinaria pesada en diferentes procesos constructivos, como el movimiento de maquinaria para el traslado de material de cantera, excavación de zanjas, eliminación final de desperdicios, apisonado y compactación para cada celda, entre otras actividades. Cabe destacar que debido al pequeño tamaño de los equipos motorizados a utilizar, el impacto que se generará es de una intensidad reducida y se centra en el ámbito de la zona de influencia.

Ruidos durante el funcionamiento de la maquinaria

Ocasionados por el funcionamiento de la maquinaria provocarán ruidos molestos que pueden superar los niveles permitidos de 85 decibeles, perturbando el entorno social y medioambiental si no se respetan los horarios de funcionamiento de la maquinaria.

Ámbito de intervención indirecto

Son zonas impactadas por la ejecución del proyecto, áreas que experimentarán efectos buenos o malos debido a ciertas dinámicas sociales, económicas, políticas y culturales que contribuyen o son causadas por el uso de la carretera después de que el proyecto sea completado.

Etapas de cierre

Los mayores impactos recaerán en la actividad de revegetación, que se deberá a la recuperación de los suelos del sitio de disposición final y a la generación de una morfología que tienda a la natural y armonice con el entorno, mejorando así las condiciones y calidad paisajística del sitio de intervención. La revegetación devolverá al recurso suelo su capacidad de reutilización, lo que tendrá un impacto muy favorable en el aire, el suelo, el paisaje, la salud pública, la salud laboral y la economía local.

Resultados de laboratorios, Se anexa a la presente investigación todos los ensayos, pruebas realizadas, las imágenes correspondientes a la toma de muestras y demás.

V. DISCUSIÓN

5.1. A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis general de diseño de un relleno sanitario para una población proyectada de 4,301 habitantes con un periodo de 15 años, con residuos acumulados de 29,039.05 toneladas, de acuerdo al tamaño de la población y la generación de residuos sólidos el relleno sanitario será tipo manual, por el método de construcción combinado de acuerdo a la topografía del terreno.

Estos resultados se relacionan con lo que sostiene Román (2018), Tejada (2018) y Perez (2020), quienes señalan que el diseño de un relleno sanitario tiene mucho que ver con la consideración poblacional y la generación per cápita de residuos sólidos, para definir el tipo de diseño y el método constructivo de acuerdo a la topografía del terreno, nivel freático, cumpliendo con los criterios técnicos del Ministerio del Ambiente con el fin de reducir la contaminación ambiental por la inadecuada disposición de residuos. Esto coincide con las conclusiones de este estudio.

5.2. En lo que respecta a la generación de residuos para la población proyectada para 15 años en base a la tasa de crecimiento poblacional de 0.51% según el INEI (2017) y el número de habitantes de la población urbana de Acora ascenderá a 4,301, con una producción per cápita de 0.56 kg/hab./día, con residuos acumulados de 29,039.05 toneladas con un volumen de 58,078.11 m³.

Estos resultados se relacionan con lo que sostiene Román (2018), quien señala como resultado para una proyección de 10 años, la tasa de crecimiento poblacional de 0,63% el número de habitantes de 14,431, con una producción per cápita del 0,74 kg/hab./día con residuos acumulados de 285,185.73 toneladas ocupando un volumen de 62,740.83 m³.

Estos resultados están relacionados con la determinación de la vida útil de un relleno sanitario.

5.3. El resultado obtenido de la producción de residuos proyectados para 15 años asciende a un volumen de 58,078.11 m³ que requiere una capacidad de área de 0.94 hectárea, en el que se diseñó 3 trincheras para recibir 18,610.80 m³ de

residuos y 2 áreas por encima de las trincheras para recibir 43,462.00 m³ de residuos sólidos.

En este sentido Román (2018) proyecta la producción de residuos a lo largo de 10 años que asciende a un volumen de 62,740.83 m³ que requiere una capacidad de superficie de 4.02 hectáreas, en el que diseñó 5 plataformas con recepción de 39,323.64 m³ de residuos y 14 zanjas con recepción de 39,535.71 m³ de residuos. Resultados relacionados con el servicio adecuado para la disposición final de residuos sólidos.

5.4. La temperatura y la velocidad de la soldadura por extrusión y por fusión en 12 probetas ensayadas para el corte y el desgarro aplicados a la geomembrana de LLDPE con un espesor de 2 mm; la temperatura de la soldadura por extrusión fue de 287 °C consiguiendo una resistencia mínima al corte de 68 kg/pulg y una resistencia mínima al desgarro de 52 kg/pulg; la temperatura de la soldadura por fusión fue de 450 °C a una velocidad de 2 pulg/min con una resistencia mínima al corte de 80 kg/pulg y una resistencia mínima al desgarro de 54 kg/pulg. Las probetas soldadas por fusión y extrusión cumplieron con resistencia mínima al corte y desgarro estos resultados están dentro de los parámetros de soldadura de geomembrana LLDPE.

La geomembrana LLDPE utilizada en nuestra investigación es de mayor elongamiento.

Estos resultados se relacionan con lo que sostiene Llanos y Llanos (2019) quienes señalan como resultado la temperatura y la velocidad de la soldadura por extrusión y por fusión en 200 probetas ensayadas a una velocidad de 2 pulg/min para el corte y el desgarro aplicados a la geomembrana de HDPE con un espesor de 2 mm, la temperatura de la soldadura por extrusión fue de 260 °C consiguiendo una resistencia mínima al corte de 165 lb/pulg y una resistencia mínima al desgarro de 159 lb/pug; la velocidad por fusión fue de 8 m/min con una resistencia mínima al corte de 172 lb/pulg y una resistencia mínima al desgarro de 127 lb/pulg. las probetas soldadas por fusión y extrusión se encuentran dentro de los parámetros de soldadura de geomembrana HDPE que es de menor elongamiento.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Esta investigación logra su objetivo principal de diseñar un relleno sanitario implementando geomembrana para una población proyectada de 4,301 habitantes con un periodo de 15 años, con residuos acumulados de 29,039.05 toneladas, por lo que se propone un relleno sanitario tipo manual de acuerdo al tamaño de la población y la generación de residuos sólidos, por el método de construcción combinado de acuerdo a la topografía del terreno.

6.2. Para la población de 3,984 habitantes en el año 2021 proyectada para 15 años en base a la tasa de crecimiento poblacional de 0.51% según el INEI (2017) y el número de habitantes de la población urbana de Acora ascenderá a 4,301 habitantes con una producción per cápita de 0.56 kg/hab./día, con residuos acumulados de 29,039.05 toneladas con un volumen de 58,078.11 m³.

6.3. La producción total en 15 años de residuos asciende a un volumen de 58,078.11 m³ que requiere una capacidad de área 0.94 hectáreas y se tiene un área de 3.63 hectáreas asignado por la Municipalidad de Acora, en el que se diseñó 3 trincheras para recibir 18,610.80 m³ de residuos y 2 áreas por encima de las trincheras para recibir 43,462.00 m³ de residuos sólidos sumado un total de 62,072.80 m³.

6.4. Se han verificado los posibles materiales para la impermeabilización, ya que el material de la zona en los resultados del laboratorio de suelos no tiene la plasticidad necesaria para impermeabilizar el área del relleno sanitario, por lo que se propone la impermeabilización con geomembrana a la cual se le realizaron pruebas de geosintéticos (geomembrana de LLDPE de 2 mm) para el cumplimiento y/o aseguramiento de la impermeabilidad. La temperatura y la velocidad de la soldadura por extrusión y por fusión en 12 probetas ensayadas para el corte y el desgarró aplicados a la geomembrana de LLDPE con un espesor de 2 mm, la temperatura de la soldadura por extrusión fue de 287 °C consiguiendo una resistencia mínima al corte de 68 kg/pulg y una resistencia mínima al desgarró de 52 kg/pulg; la temperatura de la soldadura por fusión fue de 450 °C a una velocidad de 2 pulg/min con una resistencia mínima al corte de 80 kg/pulg y una resistencia mínima al desgarró de 54 kg/pulg.

Las probetas soldadas por fusión y extrusión cumplieron con resistencia mínima al corte y desgarro estos resultados están dentro de los parámetros de soldadura de geomembrana LLDPE.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Se recomienda que, si se lleva la ejecución del relleno sanitario, se realice por una empresa especializada en el uso de tecnologías geosintéticos para asegurar los criterios de ingeniería y ambientales propuestos en esta tesis.

7.2. Se recomienda concientizar a la población a través del municipio u otras entidades para generar campañas de reciclaje y eliminación de residuos sólidos con el fin de mejorar la estadía y calidad de vida de la población de Acora.

7.3. Si el relleno sanitario propuesto se pone en funcionamiento, deberá generar un procedimiento y/o manual de eliminación, respetando la disposición de llenado del depósito por zonas, cuidando las estructuras instaladas.

7.4. Se recomienda el uso de geomembranas como sistemas de impermeabilización para garantizar que los líquidos lixiviados no se filtren al subsuelo, ya que los sistemas tradicionales que utilizan suelos arcillosos son permeables y pueden colapsar cuando se saturan de humedad.

7.5. Se recomienda que los lixiviados generados sean especialmente tratados por una empresa prestadora de servicios (EPS), recirculados y/o el diseño y construcción de una pequeña planta de tratamiento a criterio y/o costo del usuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amanco. 2021. Geomembranas HDPE-LLDPE. [En línea] 2021. <https://amancowavingeosinteticos.com/geomembrana-hdpe/>.

Baena, Guillermina. 2017. *Metodología de la investigación*. tercera. s.l. : grupo editorial patria, 2017. pág. 157. 978-607-744-748-1.

Banco Mundial. 2016. Basura cero: los resultados en el epicentro del desarrollo sostenible. [En línea] 03 de 03 de 2016. <https://bit.ly/3qOBN0e>.

Cabezas, Christopher y Casierra, Martha. 2020. *Propuesta de diseño de relleno sanitario en el Cantón Bucay, provincia de Guayas. Tesis para el título de ingeniero civil*. Guayaquil : Universidad de Guayaquil, facultad de ciencias matemáticas y física. Pp. 102, 2020. <https://bit.ly/2YiC7IK>.

Cidelsa. 2021. Geosintéticos. [En línea] 2021. <https://www.cidelsa.com/es/prod2/geomembranas/>.

Collazos, Héctor. 2013. *Diseño y operación de rellenos sanitarios*. cuarta. Bogotá : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2013. pág. 142. 978-958-8726-12-0.

Decreto Legislativo N° 1278. 2016. *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima : El Peruano, 2016.

Diaz, Lizeth y Vallejo, Andrea. 2017. *Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica-Cesar. Tesis para título profesional de ingeniero civil*. Bogotá D.C. : Universidad Católica de Colombia. Pp. 83, 2017. <https://bit.ly/36fkiP4>.

FAO. 2016. Plataforma de territorios inteligentes. [En línea] 03 de 03 de 2016. <https://bit.ly/365xQww>.

Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. 6ta edición. 2014. *Metodología de la investigación*. México D. F. : McGraw-Hill, 2014. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.

INEI. 2017. Censo poblacional 2017: Población censada por área urbana y rural, según provincia, distrito y edades - Puno. [En línea] 2017. www.inei.gob.pe.

- Ingemmet. 1991. *Geología del cuadrángulo de Pacapausa (30P)*. 1991.
- Jaramillo, Jorge. 2002. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Neyva : s.n., 2002. pág. 303.
- Kerry, R. y Shoaib, M. 2017. *Long-term performance of high-density polyethylene (HDPE) geomembrane seams in municipal solid waste (MSW) leachate*. Canada : Canadian Geotechnical Journal, 54 (12), 2017. Vol. 54. <https://doi.org/10.1139/cgj-2017-0049>.
- Koerner, George y Koerner, Robert. 2017. *La durabilidad de las cubiertas de geomembranas expuestas*. Florida : s.n., 2017. <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784480434.014>.
- Llanos, Edgar y Llanos, Nelson. 2019. *Resistencia al corte y desgarró en geomembrana HDPE. Tesis para el título profesional de ingeniero civil*. Cajamarca : Universidad Privada del Norte. Pp. 109, 2019. Recuperado de <https://bit.ly/39kcai1>.
- Marques, Thomas y Sampaio, Ruben Jesus. 2021. *Gestão dos resíduos sólidos: o caso do consórcio de desenvolvimento sustentável do alto sertão na Bahia*. Revista Brasileña de Gestión Urbana, 13 : Pp. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20180123> .
- Minam. 2011. *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. Lima : s.n., 2011.
- Minam 2011. *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. Lima : s.n., 2011, pág. 137.
- Minam 2019. *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. [En línea] Noviembre de 2019. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/523790/Gu%C3%ADa_para_la_caracterizaci%C3%B3n_rsm-29012020__1_.pdf.
- Ministerio del Ambiente - Perú. 2020. *Listado de rellenos sanitarios*. [En línea] 23 de 12 de 2020. <https://bit.ly/3cid3Kb>.
- Muñoz, Carlos. 2015. *Metodología de la investigación*. México D.F. : Progreso S.A. de C.V, 2015. pág. 307. 9786074265422.

Ñaupas, Humberto, y otros. 2018. *Metodología de la investigación: cualitativa, cuantitativa y redacción de tesis. 5ta edición*. Bogotá D.C. : Ediciones de la U, 2018. <https://bit.ly/3cfcnVU>.

OEFA. 2014. *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial: Informe 2013-2014. Índice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional a nivel nacional*. Lima : Pp. 100 [consultado el 26 de enero del 2021], 2014. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926.

Perez, Jesús. 2020. *Diseño de relleno sanitario manual para disminuir la contaminación por disposición inadecuada de residuos sólidos del distrito de Cachicadán. Tesis de título de ingeniero ambiental*. La Libertad : Universidad Nacional de Trujillo, facultad de ingeniería química, 2020. <https://bit.ly/39jjD0K>.

Perú21. 2017. Perú produce 3 mil toneladas de basura diaria y solo recicla el 15%. [En línea] 09 de 09 de 2017. <https://bit.ly/3sQec19>.

Quintero, Alejandro, Valencia, Yamile y Lara, Luis. 2017. *Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería de Minas*. Medellín : Revista DYNA, 84 (203), pp. 283-290. ISSN: 0012-7353, 2017. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n203.63875>.

Quispe, Rubén. 2018. *Evaluación del diseño de infraestructura de relleno sanitario para la localidad de Ocuvi, distrito de Ocuvi, provincia de Lampa, Puno. Tesis de título profesional de ingeniero agrícola*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, facultad de ingeniería agrícola. Pp. 110, 2018. <https://bit.ly/36gNhBZ>.

Rivas, Arturo. 2017. *Elaboración de tesis: estructura y metodología*. México D. F. : Trillas, 2017. <https://bit.ly/2M4eelq>.

Román, Walter. 2018. *Diseño de un relleno sanitario por el método combinado para la disposición final de los residuos sólidos en el distrito de San José de Sisa, provincia del Dorado y Región San Martín. Tesis de título de ingeniero civil*. Tarapoto : Universidad César Vallejo. Pp. 144, 2018. <https://bit.ly/3qTLryV>.

Sánchez-Arias, M.; Riojas-Rodríguez, H.; Catalán-Vásquez, M.; Terrazas-Meraz, I.; Rosas, A.C.; Espinosa-García, R.; Santos-Luna, C.; Siebe, S. 2019. *Social-environmental assessment of a landfill using a mixed study design: A case study from*

México [Evaluación socioambiental de un relleno sanitario con un diseño de estudio mixto: un estudio de caso de México]. México : Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology [Revista Internacional de Gestión Integrada de Residuos, Ciencia y Tecnología]. Pp. 18, 2019. Vols. 85, pp. 42-59. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.012>.

Tejada, Alan. 2018. *Diseño de relleno sanitario para el distrito de San Jose, provincia de Pacasmayo-La Libertad*. Trujillo : Universidad César Vallejo, 2018. pág. 200.

Torri, Silvana Irene. 2017. *Qué es un relleno sanitario*. Buenos Aires : s.n., 2017.

Touze, Natalie, Xie, Haijian y Stoltz, Guillaume. 2020. *Geotextiles and Geomembranes [Geotextiles y geomembrans]*. s.l. : Official Journal of the International Society of Geosynthetics [Revista Oficial de la Sociedad Internacional de Geosintéticos], 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2020.10.016>.

U.S. Army Corps of Engineers Washington, DC 20314-100. 1997. Engineering and Design TUNNELS AND SHAFTS IN ROCK. [En línea] 30 de Mayo de 1997. https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-2901.pdf?ver=vpqfUT10oc-kO-YTkxYHzw%3d%3d.

VG Resíduos. 2019. Sete fatores que confirmam que sua gestão de resíduos é eficiente. [En línea] 05 de 11 de 2019. [Citado el: 27 de 01 de 2021.] <https://bit.ly/3ch7njd>.

Weyshi, Li, y otros. 2021. *Antioxidant depletion patterns of high-density polyethylene geomembranes in landfills under different exposure conditions*. Rev. Science Direct, 121. : Pp. 365-372, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.025>.

Wieland, M., Ren, Q. y Tan, J. 2004. *New developments in dam engineering*. New York : A.A. Balkema Publishers. Pp. 1219, 2004. <https://www.routledge.com/New-Developments-in-Dam-Engineering-Proceedings-of-the-4th-International/Wieland-Ren-Tan/p/book/9780415362405>.

Xiao-Chen, Sun, y otros. 2019. *Evolution of geomembrane degradation and defects in a landfill: impacts on long-term leachate leakage and groundwater quality*. Journal

of Cleaner Production, 224 : Pp. 335-345, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.200>.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

| | VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA |
|---------------|-----------------------------|--|---|--|---|-----------|
| INDEPENDIENTE | Diseño de relleno sanitario | Collazos (2013) sostiene al relleno sanitario como un sitio diseñado para la disposición final controlada de residuos sólidos en un área mínima con control de gases lixiviados y cobertura final sin causar daños a la salud pública, minimizando los impactos ambientales (p. 90). | La variable diseño de relleno sanitario se operacionaliza por medio de sus dimensiones que interpretan la D1: estudios básicos; esta dimensión se desglosa en cuatro indicadores, D2: dimensionamiento del relleno sanitario; se desglosa en cinco indicadores. | D1: Estudios básicos | I1: Estudio demográfico I2: Caracterización de residuos I3: Estudio topográfico I4: Estudio mecánica de suelos. | Intervalo |
| | | | | D2: Dimensionamiento del relleno sanitario | I1: Cantidad de residuos a disponer. I2: Capacidad de vida útil del relleno sanitario. I3: Sistema de dren de lixiviados I4: Sistema de colección para gases. I5: Sistema de aguas subterráneas | Intervalo |
| INDEPENDIENTE | Implementand o Geomembrana | Amanco (2021) son geosintéticos en forma laminado flexible de alta densidad HDPE, baja densidad LLDPE tienen propiedades de alta resistencia utilizados como barrera impermeable para fluidos, agentes químicos y exposición a los rayos UV. | La variable implementando geomembrana se operacionaliza por medio de su dimensión que interpreta la D1: sistema de impermeabilización; esta dimensión se desglosa en dos indicadores. | D1: Sistema de impermeabilización | I1: Impermeabilización con suelo de baja permeabilidad I2: Geomembrana. | Intervalo |
| DEPENDIENTE | Residuos sólidos | Según Oefa (2014) se trata de materiales o elementos sólidos o semisólidos resultantes del consumo o uso por parte de su generador, que cumplieron su misión y generalmente no tiene valor económico para la gente común (p. 9). | La variable residuos sólidos se operacionaliza por medio de su dimensión que interpreta la D1: manejo de residuos sólidos se desglosa en tres indicadores. | D1: Manejo de residuos sólidos | I1: Variedad de residuos sólidos. I2: Selección de residuos. I3: Responsabilidad del manejo de los residuos sólidos | Ordinal |

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: "Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020"

| | PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|--|---|--|--|---|--|---|--|
| GENERAL | ¿En qué medida el diseño de un relleno sanitario implementando geomembrana mejoraría la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020? | Diseñar un relleno sanitario implementando geomembrana para mejorar la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020. | El diseño de un relleno sanitario implementando geomembrana mejora la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020. | Variable Independiente 1: Diseño de relleno sanitario | D1: Estudios básicos | I1: Estudio demográfico. I2: Caracterización de residuos. I3: Estudio topográfico. I4: Estudio mecánica de suelos. | Método de investigación científico Enfoque de investigación Cuantitativo Tipo de investigación Aplicativo. Nivel de investigación Descriptivo Diseño de investigación Pre-experimental. |
| | ESPECÍFICOS | ¿Cómo determinar la cantidad de residuos sólidos durante la vida útil de un relleno sanitario en Acora-Puno 2020? | Determinar la cantidad de residuos sólidos durante la vida útil de un relleno sanitario en Acora-Puno 2020. | | La cantidad de residuos sólidos determina la vida útil de un relleno sanitario en Acora-Puno 2020. | D2: Dimensionamiento del relleno sanitario | |
| ¿Cómo determinar la dimensión de un relleno sanitario con servicio adecuado para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020? | | Determinar la dimensión de un relleno sanitario con servicio adecuado para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020. | La dimensión de un relleno sanitario determina el servicio adecuado para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020. | Variable independiente 2: Implementando geomembrana | D1: Sistema de impermeabilización | I1: Impermeabilización con suelo de baja permeabilidad. I2: Geomembrana. | |
| ¿Cómo establecer la implementación de la geomembrana como sistema de impermeabilización en el diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020? | | Establecer la implementación de la geomembrana como sistema de impermeabilización en el diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020. | La implementación de la geomembrana como sistema de impermeabilización mejora en el diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020. | Variable Dependiente: Residuos sólidos | D1: Manejo de residuos sólidos. | I1: Variedad de residuos sólidos. I2: Selección de residuos. I3: Responsabilidad del manejo de los residuos sólidos. | |

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17121 - 2020

Proforma : 5511A

Fecha de emisión : 2020-12-19

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : COANSA DEL PERU INGENIEROS S.A.C.

Dirección : Lima Moquegua - Asociacion El Sol Eterno F7 Chen Chen

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CUÑA

Marca : SINCLAIR
Modelo : No indica
N° de Serie : SW-0149-141
Intervalo de indicación : 20 °C a 455 °C
Resolución : 1 °C
Sensor : No indica
Procedencia : No indica
Identificación del equipo : C-001
Fecha de Calibración : 2020-12-15
Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS
Identificación del sensor : No indica

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de COANSA DEL PERU INGENIEROS S.A.C.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa, tomando como referencia el PC-017 "Procedimiento para la calibración de Termómetros Dígitales". Segunda Edición - Diciembre 2012. SNM-INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

| MAGNITUD | INICIAL | FINAL |
|------------------|---------|---------|
| TEMPERATURA | 22,5 °C | 26,0 °C |
| HUMEDAD RELATIVA | 34,0 % | 35,0 % |

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.
El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico.
CFP: 0316

TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de calibración |
|---|--|----------------------------|
| Indicador Digital de platino incertidumbre 8,3 mK a 25 mK DM-INACAL | Termómetro Digital -200 °C a 962 °C | LT-136-2020 LT-137-2020 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

| INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C) | TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C) | CORRECCIÓN (°C) | INCERTIDUMBRE (°C) |
|--|---|----------------------|-------------------------|
| 250,0 | 254,6 | 4,6 | 1,4 |
| 350,0 | 354,6 | 4,6 | 0,7 |
| 450,0 | 453,3 | 3,3 | 0,7 |

Temperatura Convencionalmente Verdadera = Indicación del Termómetro + Corrección

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17116 - 2020

PROFORMA : 5511A

Fecha de emisión: 2020 - 12 - 19

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : COANSA DEL PERU INGENIEROS S.A.C.

Dirección : Lima Moquegua - Asociacion El Sol Eterno F7 Chen Chen

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TENSÍOMETRO

Marca : SINCLAIR
Modelo : NO INDICA
N° de Serie : NO INDICA
Alcance de Indicación : 200 kg
División de Escala : 0,1 kg
Procedencia : NO INDICA
Identificación : TEN-001
Fecha de Calibración : 2020-12-14
Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de COANSA DEL PERU INGENIEROS S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|-------------|-------------|
| Temperatura | 19,9 °C | 20,7 °C |
| Humedad Relativa | 58,5 % | 60,8 % |
| Presión | 1 002,2 hPa | 1 002,1 hPa |

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado : TC - 17116 - 2020
Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|--|--|----------------------------|
| Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M1 | Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2 | TC-5073-2020 |
| Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M1 | Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2 | TC-5074-2020 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

| RESULTADOS | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|
| INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN (Kg) | VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO (Kg) | CORRECCIÓN (Kg) | INCERTIDUMBRE (Kg) |
| 8 | 10,00 | -2,00 | 0,58 |
| 18 | 20,00 | -2,00 | 0,58 |
| 57 | 60,00 | -3,00 | 0,58 |
| 77 | 80,00 | -3,00 | 0,58 |
| 94 | 100,00 | -6,00 | 0,58 |
| 118 | 120,00 | -2,00 | 0,58 |
| 138 | 140,00 | -2,00 | 0,58 |
| 158 | 160,00 | -2,00 | 0,58 |
| 177 | 180,00 | -3,00 | 0,58 |
| 198 | 200,00 | -2,00 | 0,58 |

Valor Convencionalmente Verdadero = Indicación del Equipo a calibrar + Corrección

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con número de CERTIFICADO.

DECLARACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA U

La incertidumbre expandida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17126 - 2020

Proforma : 5511A

Fecha de emisión : 2020-12-19

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : COANSA DEL PERU INGENIEROS S.A.C.

Dirección : Lima Moquegua - Asociacion El Sol Eterno F7 Chen Chen

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : EXTRUSORA

Marca : POLYWELD
Modelo : TX-77073
N° de Serie : 13233
Intervalo de indicación : 20 °C a 350 °C
Resolución : 1 °C
Sensor : No indica
Procedencia : No indica
Identificación del equipo : EXT-001
Fecha de Calibración : 2020-12-15
Ubicación : LABORATORIO DE SUELO
Identificación del sensor : No indica

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de COANSA DEL PERU INGENIEROS S.A.C.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa, tomando como referencia el PC-017 "Procedimiento para la calibración de Termómetros Dígitales". Segunda Edición - Diciembre 2012. SNM-INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

| MAGNITUD | INICIAL | FINAL |
|------------------|---------|---------|
| TEMPERATURA | 23,5 °C | 24,5 °C |
| HUMEDAD RELATIVA | 34,0 % | 35,0 % |

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar

Gerente Técnico.

CFP: 0316



TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de calibración |
|---|--|----------------------------|
| Indicador Digital de platino incertidumbre 8,3 mK a 25 mK DM-INACAL | Termómetro Digital -200 °C a 962 °C | LT-136-2020 |
| | | LT-137-2020 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

| INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C) | TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C) | CORRECCIÓN (°C) | INCERTIDUMBRE (°C) |
|--|---|----------------------|-------------------------|
| 150,0 | 152,5 | 2,5 | 0,7 |
| 250,0 | 256,0 | 6,0 | 0,6 |

Temperatura Convencionalmente Verdadera = Indicación del Termómetro + Corrección

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021. |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| CALICATA | : C- 01 |
| N.F | : NP |
| PROFUNDIDAD: | 0.00 m a - 3.20 m |

| CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|---------|--|------------|------------|-------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|------|-----------|
| PROF. (m) | CLASIFICACIÓN | | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | % | | | HUMEDAD NATURAL | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO | ÍNDICE DE PLASTICIDAD | SUCS | AASTHO |
| | SIMB. | GRÁFICO | | % DE GRAVA | % DE ARENA | % QUE PASA LA MALLA 200 | | | | | | |
| -0.2 | MO | | Material Orgánico | | | | | | | | | |
| -0.4 | | | | | | | | | | | | |
| -0.60 | SM | | Arena limosa con presencia de partículas desde 3/8" hasta 1" en un 70%, con presencia de material fino de color amarillento al 30% | 16.89 | 53.54 | 29.57 | 9.84 | 19.14 | 15.34 | 3.81 | SM | A-2-4 (0) |
| -0.80 | | | | | | | | | | | | |
| -1.00 | | | | | | | | | | | | |
| -1.20 | | | | | | | | | | | | |
| -1.40 | | | | | | | | | | | | |
| -1.60 | | | | | | | | | | | | |
| -1.80 | | | | | | | | | | | | |
| -2.00 | | | | | | | | | | | | |
| -2.20 | | | | | | | | | | | | |
| -2.40 | | | | | | | | | | | | |
| -2.60 | | | | | | | | | | | | |
| -2.80 | | | | | | | | | | | | |
| -3.00 | | | | | | | | | | | | |
| -3.20 | | | | | | | | | | | | |

Obs: El muestreo y datos de la muestra han sido proporcionados por el responsable del estudio

Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos

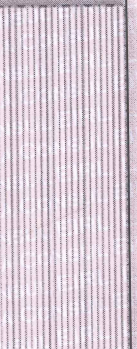
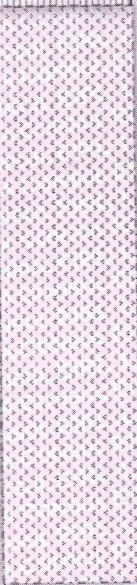
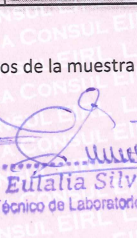
Ing. Mariano R. Garcia Loayza
CIP. 26223

PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

| | |
|-------------------|---|
| PROYECTO | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO : 2020 |
| SOLICITADO | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021. |

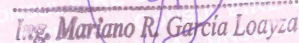
| | |
|-----------------------------|-------------------|
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| CALICATA | : C- 02 |
| N.F | : NP |
| PROFUNDIDAD: | 0.00 m a - 3.20 m |

CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS

| PROF. (m) | CLASIFICACIÓN | | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | % | | | HUMEDAD NATURAL | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO | ÍNDICE DE PLASTICIDAD | SUCS | AASTHO |
|--|---------------|---|---|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|---------|-----------|
| | SIMB. | GRÁFICO | | % DE GRAVA | % DE ARENA | % QUE PASA LA MALLA 200 | | | | | | |
| -0.2 -0.4 -0.6 -0.8 -1.0 -1.2 | ML |  | Material compuesto por limos y arcillas de color amarillento | | | | | | | | | |
| -1.4 -1.6 -1.8 -2.0 -2.2 -2.4 -2.6 -2.8 -3.0 -3.2 | SM-SC |  | Arena limosa con una cantidad considerable de arcilla con presencia de partículas desde 1/4" hasta 3/4" en un 15%, con presencia de material fino de color amarillento al 30% | 15.68 | 51.37 | 32.95 | 10.85 | 18.49 | 12.79 | 5.70 | SM - SC | A-2-4 (0) |
| | SM-SC |  | Arena limosa con una cantidad considerable de arcilla con presencia de partículas desde 1/4" hasta 1" en un 15%, con presencia de material fino de color amarillento al 30% | 15.26 | 52.18 | 32.56 | 12.48 | 18.21 | 13.52 | 4.69 | SM - SC | A-2-4 (0) |





Obs: El muestreo y datos de la muestra han sido proporcionados por el responsable del estudio


Eufalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos


Ing. Mariano R. Garcia Loayza
CIP: 26223

PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021. |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| CALICATA | : C-03 |
| N.F | : NP |
| PROFUNDIDAD: | 0.00 m a 3.50 m |

| CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|---|--|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|-------|-----------|
| PROF. (m) | CLASIFICACIÓN | | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | % | | | HUMEDAD NATURAL | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO | ÍNDICE DE PLASTICIDAD | SUCS | ASTRO |
| | SIMB. | GRÁFICO | | % DE GRAVA | % DE ARENA | % QUE PASA LA MALLA 200 | | | | | | |
| -0.10 | MO |  | Material orgánico | | | | | | | | | |
| -0.20 | | | | | | | | | | | | |
| -0.30 | | | | | | | | | | | | |
| -0.40 | | | | | | | | | | | | |
| -0.50 | GM |  | Grava limosa con presencia de partículas desde 3/4" hasta 1 1/2" en un 30%, con presencia de material fino de color amarillento al 20% | 39.05 | 38.47 | 22.48 | 18.36 | NP | NP | NP | GM | A-1-b (0) |
| -0.60 | | | | | | | | | | | | |
| -0.70 | | | | | | | | | | | | |
| -0.80 | | | | | | | | | | | | |
| -0.90 | | | | | | | | | | | | |
| -1.00 | | | | | | | | | | | | |
| -1.10 | | | | | | | | | | | | |
| -1.20 | | | | | | | | | | | | |
| -1.30 | | | | | | | | | | | | |
| -1.40 | | | | | | | | | | | | |
| -1.50 | GM-GC |  | Grava limosa con presencia de partículas desde 3/4" hasta 1 1/2" en un 50%, con presencia de material fino de color amarillento al 15% | 49.85 | 35.00 | 15.14 | 13.35 | 19.70 | 15.03 | 4.67 | GM-GC | A-1-b (0) |
| -1.60 | | | | | | | | | | | | |
| -1.80 | | | | | | | | | | | | |
| -2.00 | | | | | | | | | | | | |
| -2.20 | GP |  | Grava mal graduada con presencia de partículas desde 3/4" hasta 2 1/2" en un 70% | 67.49 | 31.84 | 0.66 | 14.56 | 19.78 | 15.14 | 4.64 | GP | A-1-a (0) |
| -2.40 | | | | | | | | | | | | |
| -2.60 | | | | | | | | | | | | |
| -2.80 | | | | | | | | | | | | |
| -3.00 | | | | | | | | | | | | |
| -3.20 | | | | | | | | | | | | |
| -3.40 | | | | | | | | | | | | |
| -3.60 | | | | | | | | | | | | |

Obs: El muestreo y datos de la muestra han sido proporcionados por el responsable del estudio
La exploración solo alcanza una profundidad de - 1.80 m debido a la presencia de material rocoso.

Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos

Mariano R. García Loayza
CIP. 26223

PROYECTO

DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020

SOLICITANTE

RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA -
WALTER HUGO HUARACHI NINA

UBICACION

Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

FECHA

29 de enero del 2021

REFERENCIA

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141 , ASTM D 1557)**

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

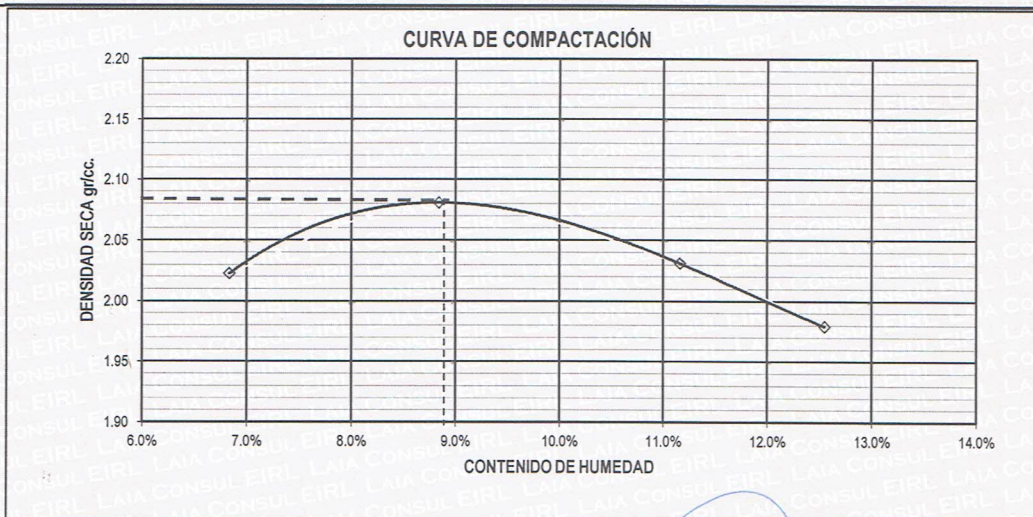
CANTERA :

PROFUNDIDAD :

| MOLDE No No DE CAPAS | | M-1 VOLUMEN DEL MOLDE | | | | | | | | | | 2123 cc | |
|------------------------------|-------|-----------------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | 5 GOLPES POR CAPA | | | | | | | | | | 56 | |
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 11370 | | 11590 | | | | 11576 | | | | 11511 | |
| Peso del Molde | gr. | 6782 | | 6782 | | | | 6782 | | | | 6782 | |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4588 | | 4808 | | | | 4794 | | | | 4729 | |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc | 2.16 | | 2.26 | | | | 2.26 | | | | 2.23 | |
| N° Tara | | C-36 | C-18 | C-27 | C-22 | A-01 | C-40 | C-21 | C-16 | C-39 | A-02 | C-17 | C-200 |
| Peso de la Tara | gr. | 25.11 | 26.45 | 26.55 | 27.47 | 27.47 | 26.67 | 27.97 | 25.88 | 24.37 | 26.37 | 25.77 | 25.59 |
| Peso del Suelo Húmedo + Tara | gr. | 94.17 | 107.11 | 76.39 | 110.95 | 112.90 | 89.69 | 116.14 | 138.87 | 103.93 | 113.89 | 95.30 | 142.62 |
| Peso del Suelo Seco + Tara | gr. | 89.80 | 101.90 | 73.20 | 104.30 | 105.80 | 84.60 | 107.20 | 127.70 | 95.90 | 104.10 | 87.50 | 129.70 |
| Peso del Agua | gr. | 4.37 | 5.21 | 3.19 | 6.65 | 7.10 | 5.09 | 8.94 | 11.17 | 8.03 | 9.79 | 7.80 | 12.92 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 64.69 | 75.45 | 46.65 | 76.83 | 78.33 | 57.93 | 79.23 | 101.82 | 71.53 | 77.73 | 61.73 | 104.11 |
| Contenido de humedad | % | 6.76 | 6.91 | 6.84 | 8.66 | 9.06 | 8.79 | 11.28 | 10.97 | 11.23 | 12.59 | 12.64 | 12.41 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 6.83 | | | 8.84 | | | 11.16 | | | 12.55 | | |
| DENSIDAD SECA DEL SUELO | gr/cc | 2.023 | | | 2.081 | | | 2.031 | | | 1.979 | | |

| | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------|
| METODO : C | MAXIMA DENSIDAD SECA : | 2.050 |
| | HUMEDAD OPTIMA : | 8.8 % |

NOTA:



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante

Lilian K. Maman Aquino
Dr. Ing. Civil Lilian K. Maman Aquino
TECNICO DE LABORATORIO
DNI. 70236775

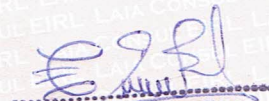
Mariano R. Garcia Loayza
Ing. Mariano R. Garcia Loayza
CIP. 26223

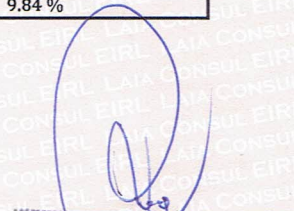
**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN CALICATA | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| ESTRATO | C - 1 |
| NIVEL F. | E-02 |
| PROFUNDIDAD | -- -0.50 m a -1.80m |

| Nro De Tara | E-22 | E-08 | A-27 |
|---------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Tara | 20.82 | 20.23 | 21.92 |
| Peso de Tara + M. Humeda | 91.76 | 97.00 | 83.82 |
| Peso de Tara + M. Seca | 85.60 | 90.01 | 78.20 |
| Peso de Agua | 6.16 | 6.99 | 5.62 |
| Peso Muestra Seca | 64.78 | 69.78 | 56.28 |
| Contenido de humedad W% | 9.51 | 10.02 | 9.99 |
| Promedio cont. Humedad W% | 9.84 % | | |

OBSERVACIONES:


Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos


Ing. Mariano R. García Loayza
CIP 28223

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**

PROYECTO : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020

RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA

SOLICITADO :

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

FECHA : 29 de enero del 2021

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

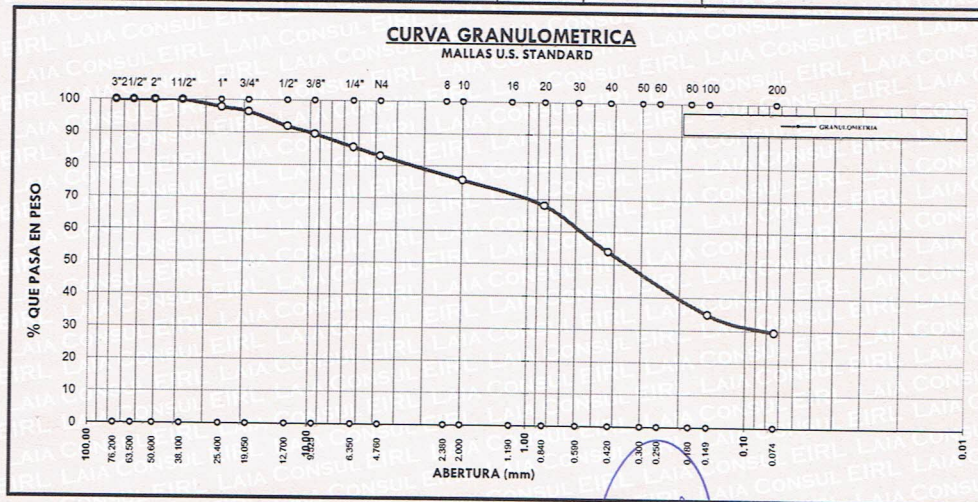
CALICATA : C - 1

ESTRATO : E-02

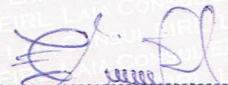
NIVEL F. : --


PROFUNDIDAD : -0.50 m a -1.80m

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | | Peso Inicial : 1632.7 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 2" | 50.800 | | | | | | Limite Liquido : 19.14% |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Limite Plastico : 15.34% |
| 1" | 25.400 | 35.10 | 2.15 | 2.15 | 97.85 | | Indice Plastico : 3.81% |
| 3/4" | 19.050 | 23.50 | 1.44 | 3.59 | 96.41 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 1/2" | 12.700 | 71.70 | 4.39 | 7.98 | 92.02 | | AASHTO : A-2-4 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 38.20 | 2.34 | 10.32 | 89.68 | | SUCS : SM |
| 1/4" | 6.350 | 64.80 | 3.97 | 14.29 | 85.71 | | % de Grava : 16.89 % |
| Nº 4 | 4.760 | 42.50 | 2.60 | 16.89 | 83.11 | | % de Arena : 53.54 % |
| Nº 6 | 3.360 | | | | | | % Pasa Nº 200 : 29.57 % |
| Nº 8 | 2.380 | 98.60 | 6.04 | 22.93 | 77.07 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 20.30 | 1.24 | 24.17 | 75.83 | | |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 125.20 | 7.67 | 31.84 | 68.16 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 232.30 | 14.23 | 46.07 | 53.93 | | |
| Nº 50 | 0.297 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | 274.90 | 16.84 | 62.91 | 37.09 | | |
| Nº 100 | 0.149 | 36.50 | 2.24 | 65.14 | 34.86 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 86.30 | 5.29 | 70.43 | 29.57 | | |
| -200 | | 482.8 | 29.57 | 100.00 | 0.00 | | |



OBSERVACIONES:


Eutalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos


Ing. Mariano R. Garcia Loayza
CIP . 26223

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| | RUTH ROXANA HUACOTTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| SOLICITADO | : |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : C - 1 |
| ESTRATO | : E-02 |
| NIVEL F. | : -- |
| PROFUNDIDAD | : -0.50 m a -1.80m |

LIMITE LIQUIDO

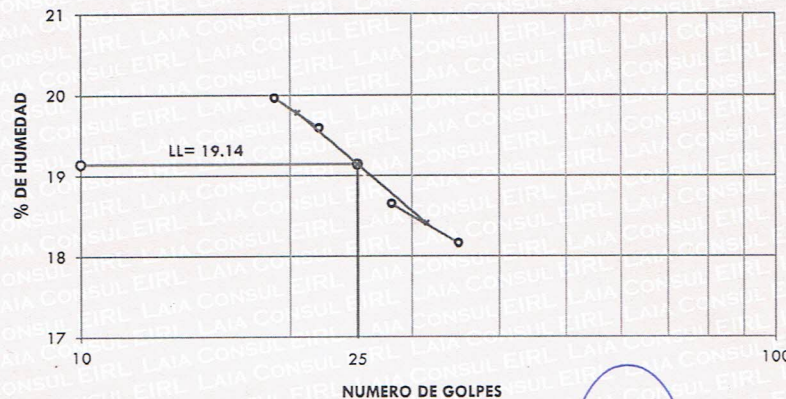
| # Tara | | A-58 | A-28 | A-27 | A-33 |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Peso de la Tara | gr. | 21.64 | 21.83 | 21.97 | 22.08 |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 54.56 | 52.11 | 42.48 | 41.37 |
| T. + Suelo Seco | gr. | 49.50 | 47.35 | 39.12 | 38.16 |
| Peso del Agua | gr. | 5.06 | 4.76 | 3.36 | 3.21 |
| Suelo Seco | gr. | 27.86 | 25.52 | 17.15 | 16.08 |
| % de Humedad | | 18.16 | 18.65 | 19.59 | 19.96 |
| Nro. De Golpes | | 35 | 28 | 22 | 19 |

LIMITE PLASTICO

| # Tara | | E-09 | A-12 | E-08 | |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|--|
| Peso de la Tara | gr. | 24.81 | 18.31 | 20.36 | |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 27.76 | 23.87 | 24.20 | |
| T. + Suelo Seco | gr. | 27.37 | 23.14 | 23.68 | |
| Peso del Agua | gr. | 0.39 | 0.73 | 0.52 | |
| Suelo Seco | gr. | 2.56 | 4.83 | 3.32 | |
| % de Humedad | | 15.2 | 15.1 | 15.7 | |

LIMITE LIQUIDO L.L. = 19.14 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 15.34 %
INDICE DE PLASTICIDAD L.P. = 3.81 %

GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:

Eulalia Silva Fur
 Eulalia Silva Fur
 Técnico de Laboratorio de Suelos

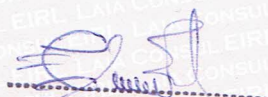
Mariano R. Garcia Loayza
 Ing. Mariano R. Garcia Loayza
 CIP 26223

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| PROYECTO | : | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : | 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | | |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : | C - 2 |
| ESTRATO | : | E-02 |
| NIVEL F. | : | -- |
| PROFUNDIDAD | : | -1.20 m a -2.00m |

| Nro De Tara | A-37 | A-20 | A-50 |
|---------------------------|---------|--------|-------|
| Peso de Tara | 21.01 | 22.96 | 21.35 |
| Peso de Tara + M. Humeda | 112.80 | 110.59 | 92.89 |
| Peso de Tara + M. Seca | 103.79 | 102.18 | 85.77 |
| Peso de Agua | 9.01 | 8.41 | 7.12 |
| Peso Muestra Seca | 82.78 | 79.22 | 64.42 |
| Contenido de humedad W% | 10.88 | 10.62 | 11.05 |
| Promedio cont. Humedad W% | 10.85 % | | |

OBSERVACIONES:



Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos

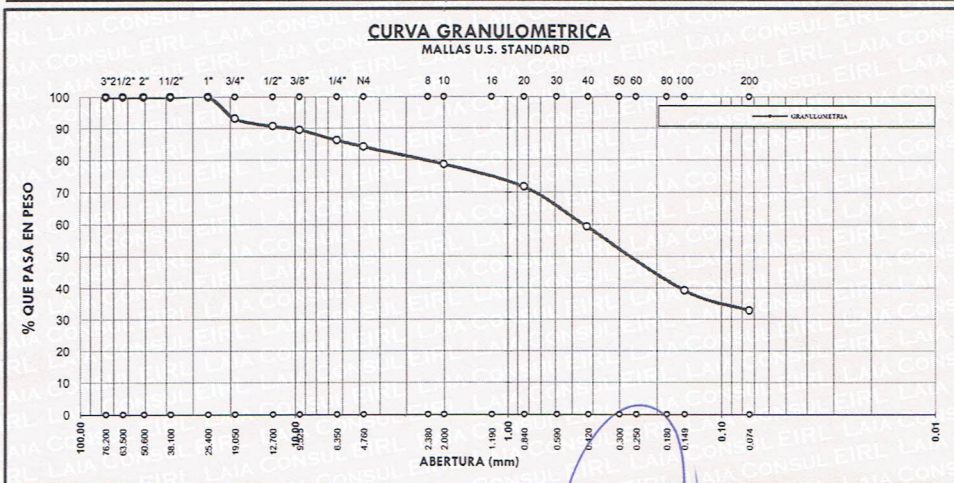


Ing. Maxiano R. García Loayza
CIP. 26223

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**

| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| SOLICITADO | : |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : C - 2 |
| ESTRATO | : E-02 |
| NIVEL F. | : - |
| PROFUNDIDAD | : -1.20 m a -2.00m |

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | | Peso Inicial : 886.7 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 2" | 50.800 | | | | | | Limite Liquido : 18.49% |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Limite Plastico : 12.79% |
| 1" | 25.400 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Indice Plastico : 5.70% |
| 3/4" | 19.050 | 60.30 | 6.80 | 6.80 | 93.20 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 1/2" | 12.700 | 21.20 | 2.39 | 9.19 | 90.81 | | AASHTO : A-2-4 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 10.30 | 1.16 | 10.35 | 89.65 | | SUCS : SM-SC |
| 1/4" | 6.350 | 29.20 | | | | | % de Grava : 15.68 % |
| Nº 4 | 4.760 | 18.00 | 2.03 | 15.68 | 84.32 | | % de Arena : 51.37 % |
| Nº 6 | 3.360 | | | | | | % Pasa Nº 200 : 32.95 % |
| Nº 8 | 2.380 | 40.70 | 4.59 | 20.27 | 79.73 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 8.50 | 0.96 | 21.22 | 78.78 | | |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 62.20 | 7.01 | 28.24 | 71.76 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 110.80 | 12.50 | 40.74 | 59.26 | | |
| Nº 50 | 0.297 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | 149.60 | 16.87 | 57.61 | 42.39 | | |
| Nº 100 | 0.149 | 27.30 | 3.08 | 60.69 | 39.31 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 56.40 | 6.36 | 67.05 | 32.95 | | |
| -200 | | 292.2 | 32.95 | 100.00 | 0.00 | | |
| | | | | | | | Observaciones : |



OBSERVACIONES:

Eulalia Silva Fur
Eulalia Silva Fur
Técnica de Laboratorio de Suelos

L.g. Mariano R. García Loayza
L.g. Mariano R. García Loayza
CIP. 26223

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

PROYECTO : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020

SOLICITADO : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

FECHA : 29 de enero del 2021

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

CALICATA : C - 2

ESTRATO : E-02

NIVEL F. : --

PROFUNDIDAD : -1.20 m a -2.00m

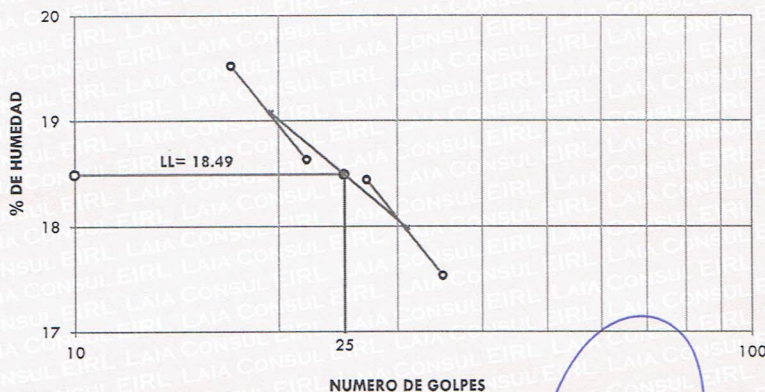
LIMITE LIQUIDO

| # Tara | | A-36 | E-02 | T-06 | A-52 |
|---------------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Peso de la Tara | gr. | 24.69 | 22.10 | 21.24 | 21.47 |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 53.05 | 52.55 | 50.79 | 48.66 |
| T. + Suelo Seco | gr. | 48.82 | 47.81 | 46.15 | 44.22 |
| Peso del Agua | gr. | 4.23 | 4.74 | 4.64 | 4.44 |
| Suelo Seco | gr. | 24.13 | 25.71 | 24.91 | 22.75 |
| % de Humedad | | 17.53 | 18.44 | 18.63 | 19.52 |
| Nro. De Golpes | | 35 | 27 | 22 | 17 |

LIMITE PLASTICO

| # Tara | | A-16 | E-23 | A-61 |
|---------------------|-----|-------------|-------------|-------------|
| Peso de la Tara | gr. | 17.48 | 22.07 | 21.93 |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 20.83 | 26.64 | 26.85 |
| T. + Suelo Seco | gr. | 20.46 | 26.11 | 26.29 |
| Peso del Agua | gr. | 0.37 | 0.53 | 0.56 |
| Suelo Seco | gr. | 2.98 | 4.04 | 4.36 |
| % de Humedad | | 12.4 | 13.1 | 12.8 |

LIMITE LIQUIDO L.L. = 18.49 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 12.79 %
INDICE DE PLASTICIDAD L.P. = 5.70 %

GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO

OBSERVACIONES:

Eulalia Silva Fur
Eulalia Silva Fur
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Mariano R. Garcia Loayza
Ing. Mariano R. Garcia Loayza
 CIP. 26223

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| PROYECTO | : | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : | 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | | |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : | C - 2 |
| ESTRATO | : | E-03 |
| NIVEL F. | : | -- |
| PROFUNDIDAD | : | -2.00 m a -3.20m |

| Nro De Tara | E-21 | A-68 | A-46 |
|---------------------------|---------|--------|-------|
| Peso de Tara | 21.72 | 21.66 | 22.51 |
| Peso de Tara + M. Humeda | 105.95 | 106.13 | 97.10 |
| Peso de Tara + M. Seca | 96.75 | 96.61 | 88.82 |
| Peso de Agua | 9.20 | 9.52 | 8.28 |
| Peso Muestra Seca | 75.03 | 74.95 | 66.31 |
| Contenido de humedad W% | 12.26 | 12.70 | 12.49 |
| Promedio cont. Humedad W% | 12.48 % | | |

OBSERVACIONES:



Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos



I.g. Mariano R. García Loayza
CIP. 26223

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**

PROYECTO : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020

SOLICITADO : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

FECHA : 29 de enero del 2021

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

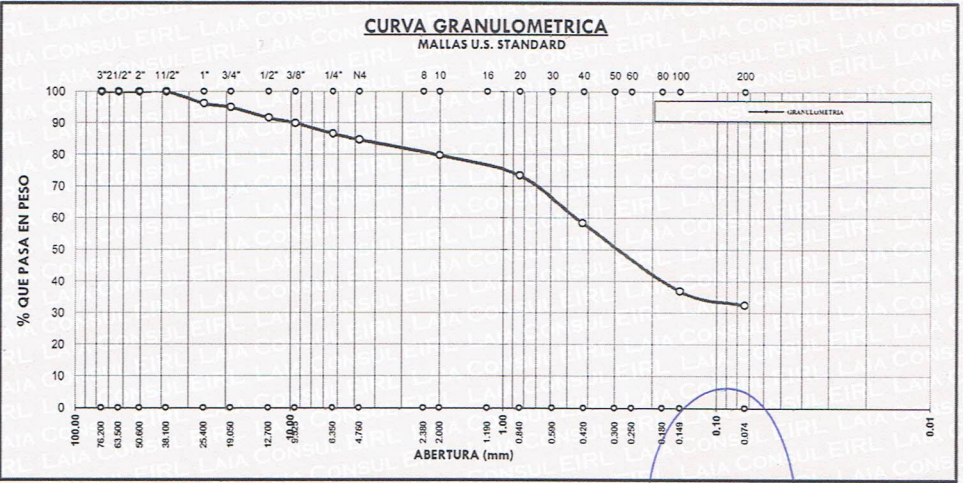
CALICATA : C - 2

ESTRATO : E-03

NIVEL F. : --

PROFUNDIDAD : -2.00 m a -3.20m

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | | Peso Inicial : 1831.6 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 2" | 50.800 | | | | | | Limite Liquido : 18.21% |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Limite Plastico : 13.52% |
| 1" | 25.400 | 68.20 | 3.72 | 3.72 | 96.28 | | Indice Plastico : 4.69% |
| 3/4" | 19.050 | 22.50 | 1.23 | 4.95 | 95.05 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 1/2" | 12.700 | 61.30 | 3.35 | 8.30 | 91.70 | | AASHTO : A-2-4 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 30.90 | 1.69 | 9.99 | 90.01 | | SUCS : SM-SC |
| 1/4" | 6.350 | 60.90 | | | | | % de Grava : 15.26 % |
| Nº 4 | 4.760 | 35.70 | 1.95 | 15.26 | 84.74 | | % de Arena : 52.18 % |
| Nº 6 | 3.360 | | | | | | % Pasa Nº 200 : 32.56 % |
| Nº 8 | 2.380 | 74.80 | 4.08 | 19.34 | 80.66 | | Observaciones : |
| Nº 10 | 2.000 | 15.60 | 0.85 | 20.20 | 79.80 | | |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 117.30 | 6.40 | 26.60 | 73.40 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 275.90 | 15.06 | 41.66 | 58.34 | | |
| Nº 50 | 0.297 | | | | | | |
| Nº 60 | 0.177 | 330.20 | 18.03 | 59.69 | 40.31 | | |
| Nº 100 | 0.149 | 60.40 | 3.30 | 62.99 | 37.01 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 81.50 | 4.45 | 67.44 | 32.56 | | |
| -200 | | 596.4 | 32.56 | 100.00 | 0.00 | | |



OBSERVACIONES:

Eulalia Silva Fur
Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos

Mariano R. García Loayza
Mariano R. García Loayza
CIP . 26223

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| SOLICITADO | : |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : C - 2 |
| ESTRATO | : E-03 |
| NIVEL F. | : -- |
| PROFUNDIDAD | : -2.00 m a -3.20m |

LIMITE LIQUIDO

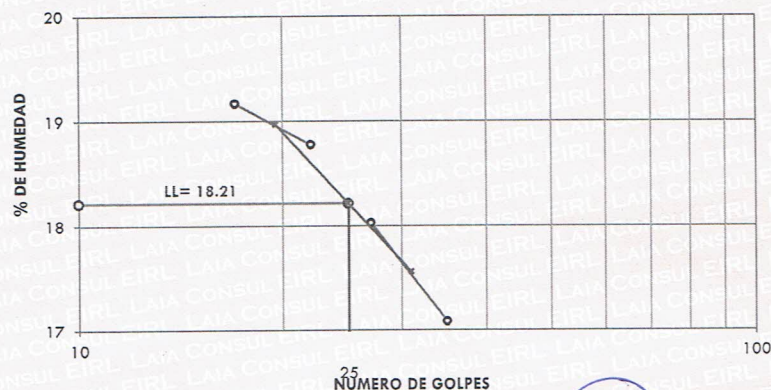
| # Tara | A-31 | A-07 | A-42 | A-43 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso de la Tara gr. | 24.56 | 17.51 | 21.39 | 24.82 |
| T. + Suelo Húmedo gr. | 56.71 | 48.22 | 54.79 | 54.23 |
| T. + Suelo Seco gr. | 52.02 | 43.53 | 49.51 | 49.50 |
| Peso del Agua gr. | 4.69 | 4.69 | 5.28 | 4.73 |
| Suelo Seco gr. | 27.46 | 26.02 | 28.12 | 24.68 |
| % de Humedad | 17.08 | 18.02 | 18.78 | 19.17 |
| Nro. De Golpes | 35 | 27 | 22 | 17 |

LIMITE PLASTICO


| # Tara | E-20 | E-13 | T-15 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| Peso de la Tara gr. | 22.19 | 21.23 | 21.23 |
| T. + Suelo Húmedo gr. | 25.91 | 25.40 | 25.34 |
| T. + Suelo Seco gr. | 25.47 | 24.90 | 24.85 |
| Peso del Agua gr. | 0.44 | 0.50 | 0.49 |
| Suelo Seco gr. | 3.28 | 3.67 | 3.62 |
| % de Humedad | 13.4 | 13.6 | 13.5 |

LIMITE LIQUIDO LL. = 18.21 %
 LIMITE PLASTICO LP. = 13.52 %
 INDICE DE PLASTICIDAD LP. = 4.69 %

GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:


 Eulalia Silva Fur
 Técnico de Laboratorio de Suelos


 Ing. Mariano R. García Loayza
 CIR. 26223

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| PROYECTO | : | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : | 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | | |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : | C - 3 |
| ESTRATO | : | E-02 |
| NIVEL F. | : | -- |
| PROFUNDIDAD | : | -0.50 m a -1.7m |

| Nro De Tara | E-29 | T-17 | E-04 |
|---------------------------|---------|-------|-------|
| Peso de Tara | 24.55 | 21.78 | 24.73 |
| Peso de Tara + M. Humeda | 95.52 | 76.28 | 92.83 |
| Peso de Tara + M. Seca | 84.57 | 67.65 | 82.43 |
| Peso de Agua | 10.95 | 8.63 | 10.40 |
| Peso Muestra Seca | 60.02 | 45.87 | 57.70 |
| Contenido de humedad W% | 18.24 | 18.81 | 18.02 |
| Promedio cont. Humedad W% | 18.36 % | | |

OBSERVACIONES:



Eufatia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos

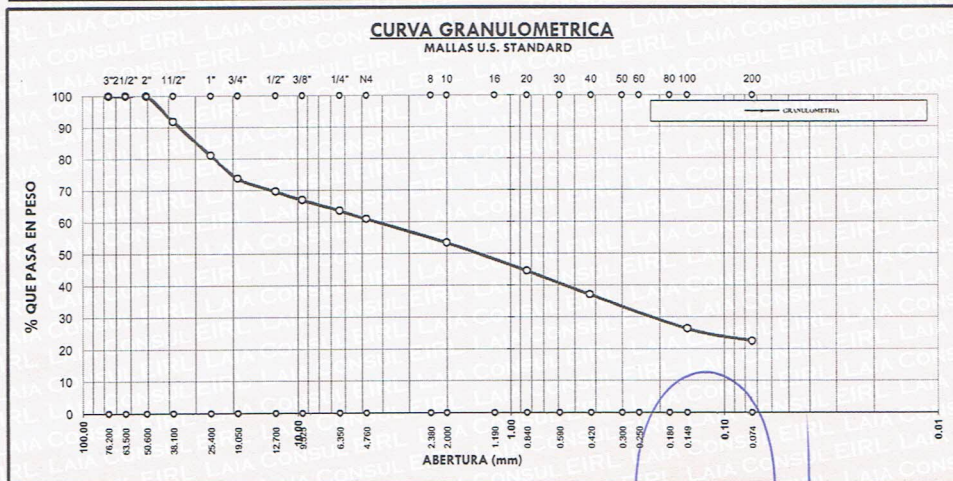


Mariano R. Garcia Loayza
CIP . 26223


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**


| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : RUTH ROXANA HUACOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : C - 3 |
| ESTRATO | : E-02 |
| NIVEL F. | : -- |
| PROFUNDIDAD | : -0.50 m a -1.7m |

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | | Peso Inicial : 1189.1 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 2" | 50.800 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Limite Liquido : -- |
| 1 1/2" | 38.100 | 95.60 | 8.04 | 8.04 | 91.96 | | Limite Plastico : -- |
| 1" | 25.400 | 128.60 | 10.81 | 18.85 | 81.15 | | Indice Plastico : -- |
| 3/4" | 19.050 | 87.30 | 7.34 | 26.20 | 73.80 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 1/2" | 12.700 | 48.70 | 4.10 | 30.29 | 69.71 | | AASHTO : A-1-b (0) |
| 3/8" | 9.525 | 33.10 | 2.78 | 33.08 | 66.92 | | SUCS : GM |
| 1/4" | 6.350 | 40.10 | 3.37 | 36.45 | 63.55 | | % de Grava : 39.05 % |
| Nº 4 | 4.760 | 30.90 | 2.60 | 39.05 | 60.95 | | % de Arena : 38.47 % |
| Nº 6 | 3.360 | | | | | | % Pasa Nº 200 : 22.48 % |
| Nº 8 | 2.380 | 71.50 | 6.01 | 45.06 | 54.94 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 18.10 | 1.52 | 46.58 | 53.42 | | |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 105.50 | 8.87 | 55.45 | 44.55 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 88.90 | 7.48 | 62.93 | 37.07 | | |
| Nº 50 | 0.297 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | 106.60 | 8.96 | 71.89 | 28.11 | | |
| Nº 100 | 0.149 | 21.00 | 1.77 | 73.66 | 26.34 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 45.90 | 3.86 | 77.52 | 22.48 | | |
| -200 | | 267.3 | 22.48 | 100.00 | 0.00 | | |
| | | | | | | | Observaciones : |



OBSERVACIONES:


Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos


Ing. Mariano R. Garcia Loayza
CIP. 26223

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

PROYECTO : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020

SOLICITADO : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

FECHA : 29 de enero del 2021

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno

CALICATA : C - 3

ESTRATO : E-02

NIVEL F. : --

PROFUNDIDAD : -0.50 m a -1.7m

LIMITE LIQUIDO

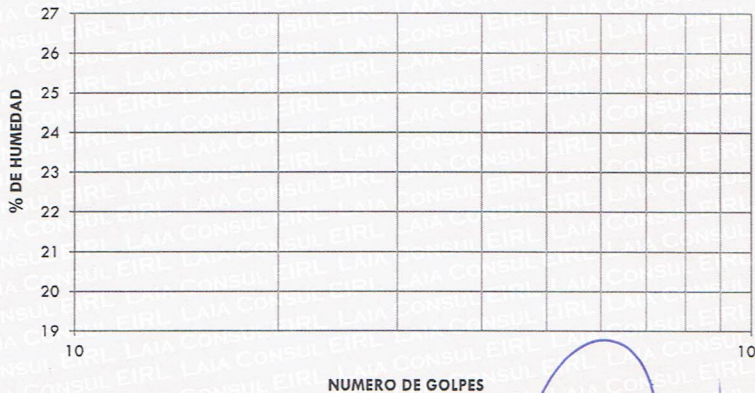
| # Tara | | | | |
|-------------------|-----|--|-----------|--|
| Peso de la Tara | gr. | | | |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | | NP | |
| T. + Suelo Seco | gr. | | | |
| Peso del Agua | gr. | | | |
| Suelo Seco | gr. | | | |
| % de Humedad | | | | |
| Nro. De Golpes | | | | |

LIMITE PLASTICO

| # Tara | | | | |
|-------------------|-----|--|-----------|--|
| Peso de la Tara | gr. | | | |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | | NP | |
| T. + Suelo Seco | gr. | | | |
| Peso del Agua | gr. | | | |
| Suelo Seco | gr. | | | |
| % de Humedad | | | | |

LIMITE LIQUIDO L.L. = 0.00 %
 LIMITE PLASTICO L.P. = 0.00 %
 INDICE DE PLASTICIDAD L.P. = 0.00 %

GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:


Eulalia Silva Fur
 Técnico de Laboratorio de Suelos


Mariano R. Garcia Loayza
 CIP. 26223


**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| PROYECTO | : | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : | 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | | |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : | C - 3 |
| ESTRATO | : | E-03 |
| NIVEL F. | : | -- |
| PROFUNDIDAD | : | -1.70 m a -2.50m |

| Nro De Tara | A-64 | T-07 | E-06 |
|---------------------------|---------|-------|-------|
| Peso de Tara | 23.07 | 20.94 | 18.83 |
| Peso de Tara + M. Humeda | 90.43 | 94.18 | 84.33 |
| Peso de Tara + M. Seca | 82.77 | 85.34 | 76.54 |
| Peso de Agua | 7.66 | 8.84 | 7.79 |
| Peso Muestra Seca | 59.70 | 64.40 | 57.71 |
| Contenido de humedad W% | 12.83 | 13.73 | 13.50 |
| Promedio cont. Humedad W% | 13.35 % | | |

OBSERVACIONES:

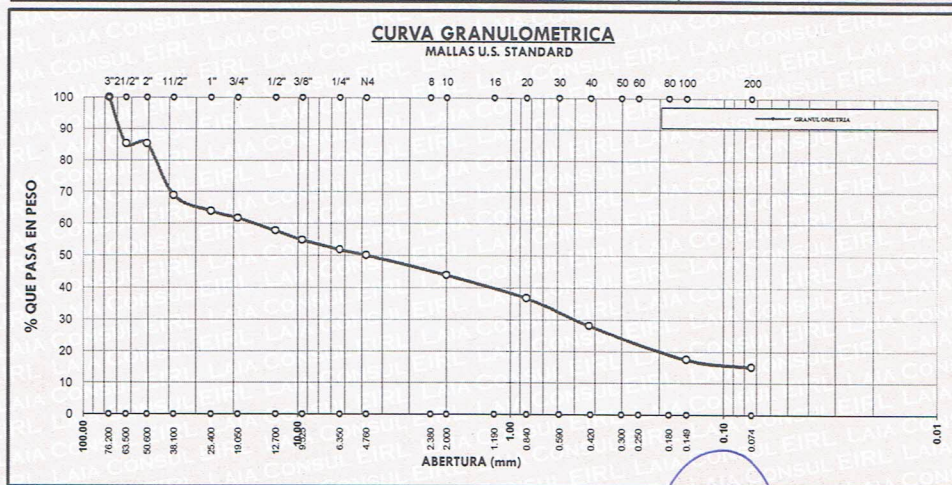

Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos



Ing. Mariano R. García Loayza
CIP . 26223

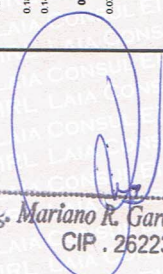
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**

| | |
|-----------------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| SOLICITADO | : |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021 |
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : C - 3 |
| ESTRATO | : E-03 |
| NIVEL F. | : .. |
| PROFUNDIDAD | : -1.70 m a -2.50m |

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | 0.00 | 100.00 | | Peso Inicial : 2276.3 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | 335.20 | 14.73 | 14.73 | 85.27 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 2" | 50.800 | | 0.00 | 14.73 | 85.27 | | Limite Liquido : 19.70% |
| 1 1/2" | 38.100 | 372.80 | 16.38 | 31.10 | 68.90 | | Limite Plastico : 15.03% |
| 1" | 25.400 | 111.90 | 4.92 | 36.02 | 63.98 | | Indice Plastico : 4.67% |
| 3/4" | 19.050 | 50.30 | 2.21 | 38.23 | 61.77 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 1/2" | 12.700 | 90.30 | 3.97 | 42.20 | 57.80 | | AASHTO : A-1-b (0) |
| 3/8" | 9.525 | 65.80 | 2.89 | 45.09 | 54.91 | | SUCS : GM-GC |
| 1/4" | 6.350 | 69.30 | | | | | % de Grava : 49.85 % |
| Nº 4 | 4.760 | 39.20 | 1.72 | 49.85 | 50.15 | | % de Arena : 35.00 % |
| Nº 6 | 3.360 | | | | | | % Pasa Nº 200 : 15.14 % |
| Nº 8 | 2.380 | 114.20 | 5.02 | 54.87 | 45.13 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 26.70 | 1.17 | 56.04 | 43.96 | | |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 162.60 | 7.14 | 63.19 | 36.81 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 197.30 | 8.67 | 71.85 | 28.15 | | |
| Nº 50 | 0.297 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | 208.50 | 9.16 | 81.01 | 18.99 | | |
| Nº 100 | 0.149 | 33.20 | 1.46 | 82.47 | 17.53 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 54.30 | 2.39 | 84.86 | 15.14 | | |
| -200 | | 344.7 | 15.14 | 100.00 | 0.00 | | Observaciones : |


OBSERVACIONES:


Eulalia Silva Fur
 Técnico de Laboratorio de Suelos


Mariano R. García Loayza
 CIP. 26223

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

PROYECTO : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020
RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA

SOLICITADO :
UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno
FECHA : 29 de enero del 2021

DATOS DE LA MUESTRA:
UBICACIÓN : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno
CALICATA : C - 3
ESTRATO : E-03
NIVEL F. : --
PROFUNDIDAD : -1.70 m a -2.50m

LIMITE LIQUIDO

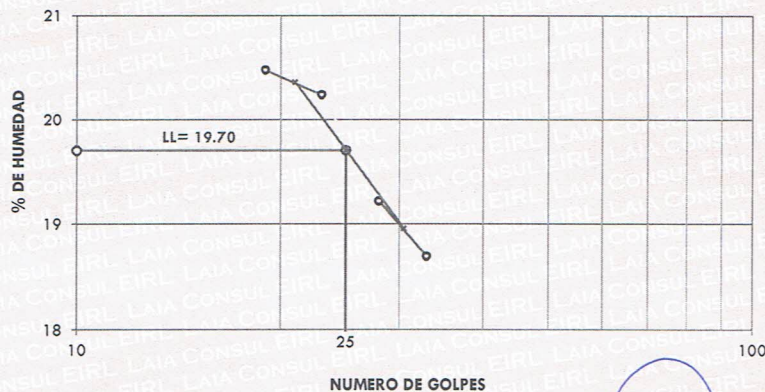
| # Tara | A-37 | A-15 | A-68 | A-46 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso de la Tara gr. | 21.03 | 18.31 | 21.69 | 22.51 |
| T. + Suelo Húmedo gr. | 43.89 | 41.45 | 49.61 | 49.04 |
| T. + Suelo Seco gr. | 40.29 | 37.72 | 44.91 | 44.53 |
| Peso del Agua gr. | 3.60 | 3.73 | 4.70 | 4.51 |
| Suelo Seco gr. | 19.26 | 19.41 | 23.22 | 22.02 |
| % de Humedad | 18.69 | 19.22 | 20.24 | 20.48 |
| Nro. De Golpes | 33 | 28 | 23 | 19 |

LIMITE PLASTICO

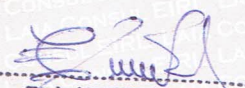
| # Tara | A-20 | T-10 | T-18 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| Peso de la Tara gr. | 23.03 | 21.56 | 23.03 |
| T. + Suelo Húmedo gr. | 26.71 | 25.48 | 25.54 |
| T. + Suelo Seco gr. | 26.23 | 24.97 | 25.21 |
| Peso del Agua gr. | 0.48 | 0.51 | 0.33 |
| Suelo Seco gr. | 3.20 | 3.41 | 2.18 |
| % de Humedad | 15.0 | 15.0 | 15.1 |


LIMITE LIQUIDO L.L. = 19.70 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 15.03 %
INDICE DE PLASTICIDAD L.P. = 4.67 %

GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:


Eutalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos


L.g. Mariana R. Garcia Loayza
CIP. 26223

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

| | | |
|-------------------|---|--|
| PROYECTO | : | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| SOLICITADO | : | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : | 29 de enero del 2021 |

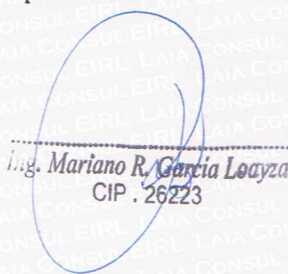
| | |
|-----------------------------|--|
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | C - 3 |
| ESTRATO | E-04 |
| NIVEL F. | -- |
| PROFUNDIDAD | -2.50 m a -3.50m |

| Nro De Tara | E-30 | T-05 | E-06 |
|---------------------------|---------|-------|-------|
| Peso de Tara | 21.79 | 21.17 | 20.00 |
| Peso de Tara + M. Humeda | 92.32 | 93.88 | 84.33 |
| Peso de Tara + M. Seca | 83.09 | 84.58 | 76.45 |
| Peso de Agua | 9.23 | 9.30 | 7.88 |
| Peso Muestra Seca | 61.30 | 63.41 | 56.45 |
| Contenido de humedad W% | 15.06 | 14.67 | 13.96 |
| Promedio cont. Humedad W% | 14.56 % | | |

OBSERVACIONES: El muestreo y datos de la muestra fue realizada por el solicitante



Eulalia Silva Fur
Técnico de Laboratorio de Suelos



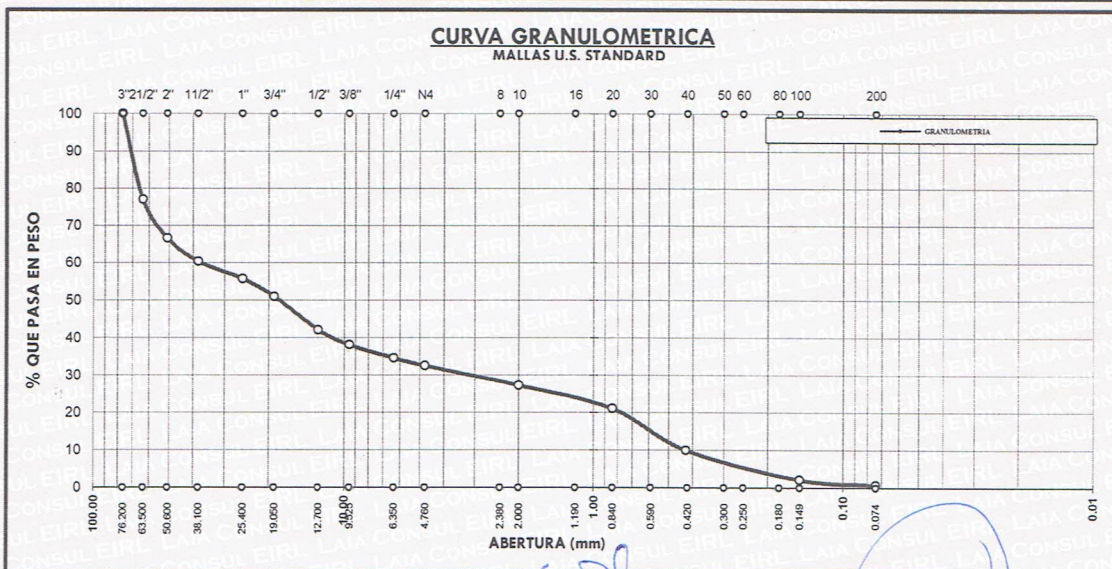
Ing. Mariano R. García Loayza
CIP. 26223

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**

| | |
|-------------------|--|
| PROYECTO | : DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| SOLICITADO | : |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : 29 de enero del 2021 |

| | |
|-----------------------------|--|
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : C - 3 |
| ESTRATO | : E-04 |
| NIVEL F. | : -- |
| PROFUNDIDAD | : -2.50 m a -3.50m |

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | 0.00 | 100.00 | | Peso Inicial : 1920.0 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | 440.80 | 22.96 | 22.96 | 77.04 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 2" | 50.800 | 201.00 | 10.47 | 33.43 | 66.57 | | Limite Liquido : 19.78% |
| 1 1/2" | 38.100 | 119.50 | 6.22 | 39.65 | 60.35 | | Limite Plastico : 15.14% |
| 1" | 25.400 | 89.60 | 4.67 | 44.32 | 55.68 | | Indice Plastico : 4.64% |
| 3/4" | 19.050 | 91.60 | 4.77 | 49.09 | 50.91 | | CLASIFICACION DEL SUELO |
| 1/2" | 12.700 | 169.90 | 8.85 | 57.94 | 42.06 | | AASHTO : A-1-a (0) |
| 3/8" | 9.525 | 76.30 | 3.97 | 61.91 | 38.09 | | SUCS : GP |
| 1/4" | 6.350 | 67.40 | | | | | % de Grava : 67.49 % |
| Nº 4 | 4.760 | 39.80 | 2.07 | 67.49 | 32.51 | | % de Arena : 31.84 % |
| Nº 6 | 3.360 | | | | | | % Pasa Nº 200 : 0.66 % |
| Nº 8 | 2.380 | 83.20 | 4.33 | 71.83 | 28.17 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 15.90 | 0.83 | 72.66 | 27.34 | | |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 120.50 | 6.28 | 78.93 | 21.07 | | |
| Nº 30 | 0.590 | | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 213.10 | 11.10 | 90.03 | 9.97 | | |
| Nº 50 | 0.297 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | 135.30 | 7.05 | 97.08 | 2.92 | | Observaciones : |
| Nº 100 | 0.149 | 15.70 | 0.82 | 97.90 | 2.10 | | |
| Nº 200 | 0.074 | 27.70 | 1.44 | 99.34 | 0.66 | | |
| -200 | | 12.7 | 0.66 | 100.00 | 0.00 | | |



OBSERVACIONES: El muestreo y datos de la muestra fue realizada por el solicitante

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

| | | |
|-------------------|---|--|
| PROYECTO | : | DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020 |
| | : | RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA - WALTER HUGO HUARACHI NINA |
| SOLICITADO | : | |
| UBICACIÓN | : | Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| FECHA | : | 29 de enero del 2021 |

| | |
|-----------------------------|--|
| DATOS DE LA MUESTRA: | |
| UBICACIÓN | : Comitiri Apacheta Pampa - Acora - Puno |
| CALICATA | : C - 3 |
| ESTRATO | : E-04 |
| NIVEL F. | : -- |
| PROFUNDIDAD | : -2.50 m a -3.50m |

LIMITE LIQUIDO

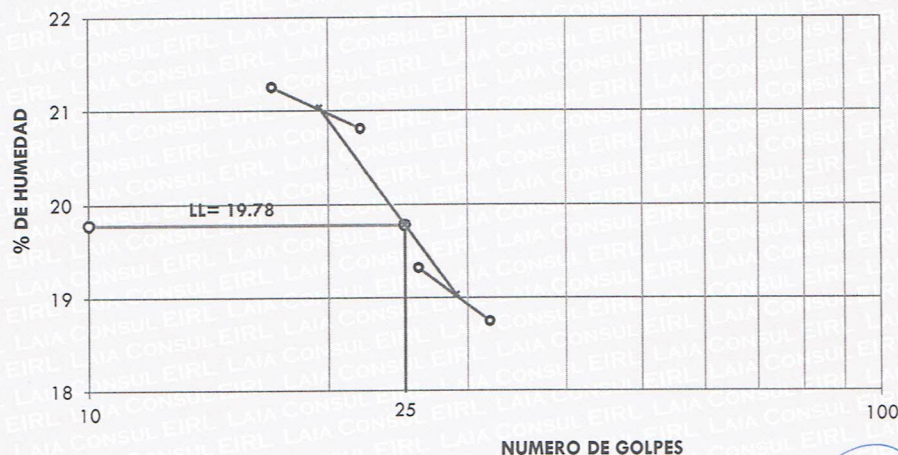
| # Tara | | A-08 | A-59 | A-35 | A-11 |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Peso de la Tara | gr. | 20.65 | 21.69 | 21.79 | 22.11 |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 42.69 | 41.45 | 48.26 | 49.04 |
| T. + Suelo Seco | gr. | 39.21 | 38.25 | 43.70 | 44.32 |
| Peso del Agua | gr. | 3.48 | 3.20 | 4.56 | 4.72 |
| Suelo Seco | gr. | 18.56 | 16.56 | 21.91 | 22.21 |
| % de Humedad | | 18.75 | 19.32 | 20.81 | 21.25 |
| Nro. De Golpes | | 32 | 26 | 22 | 17 |

LIMITE PLASTICO

| # Tara | | A-32 | A-23 | A-68 |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|
| Peso de la Tara | gr. | 21.17 | 22.90 | 21.69 |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 24.12 | 25.35 | 24.50 |
| T. + Suelo Seco | gr. | 23.73 | 25.03 | 24.13 |
| Peso del Agua | gr. | 0.39 | 0.32 | 0.37 |
| Suelo Seco | gr. | 2.56 | 2.13 | 2.44 |
| % de Humedad | | 15.2 | 15.0 | 15.2 |

| | |
|------------------------------|----------------|
| LIMITE LIQUIDO | LL = 19.78 % |
| LIMITE PLASTICO | L.P. = 15.14 % |
| INDICE DE PLASTICIDAD | L.P. = 4.64 % |

GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES: El muestreo y datos de la muestra fue realizada por el solicitante

**FORMATO**

COA-5897091-FOR19-012

CONTROL DE LA CALIDAD

Revisión: 0

DENSIDAD DE CAMPO

CONO DE ARENA - ASTM D-1556

Fecha

Página:

NOMBRE DEL PROYECTO: : TESIS: "DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020" **N° DE REGISTRO** : 001

CLIENTE: : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA / WALTER HUGO HUARACHI NINA **FECHA:** : 18/02/2021

UBICACIÓN : : ACORA - PUNO

DATOS DEL MATERIAL:

Ubicación : Relleno Sanitario **Tramo** : CERCANO A C1 - C2 - C3
Material : Terreno Natural **Reg. del Ensayo de Próctor** : NA

DENSIDAD HUMEDA

| NUMERO ENSAYO | | 1 | 2 | 3 | |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--|
| UBICACIÓN DE LA PRUEBA | | Cercano C1 | Cercano C2 | Cercano C3 | |
| LADO | | - | - | - | |
| COORDENADAS | E: | 413282.000 | 413321.540 | 413376.000 | |
| | N: | 82300400.330 | 8230433.010 | 8230450.500 | |
| COTA | | 4138.000 | 4133.000 | 4124.000 | |
| Fecha del ensayo | | 16/02/2021 | 16/02/2021 | 16/02/2021 | |
| Peso del frasco + arena | g | 7,041.0 | 6,905.0 | 7,016.0 | |
| Peso del frasco + arena que queda | g | 2,942.0 | 3,005.0 | 2,998.0 | |
| Peso de arena empleada | g | 4,099.0 | 3,900.0 | 4,018.0 | |
| Peso de arena en el cono | g | 1,614.0 | 1,614.0 | 1,614.0 | |
| Peso de arena en la excavación | g | 2,485.0 | 2,286.0 | 2,404.0 | |
| Densidad de la arena | g/cm ³ | 1.436 | 1.436 | 1.436 | |
| Volumen del material extraído | cm ³ | 1,731 | 1,592 | 1,674 | |
| Peso del recipiente + suelo + grava | g | 3,083.0 | 3,002.0 | 3,015.0 | |
| Peso del recipiente | g | - | - | - | |
| Peso del suelo + grava | g | 3,083.0 | 3,002.0 | 3,015.0 | |
| Peso retenido en la malla 3/4" | g | - | - | - | |
| Peso específico de la grava | g/cm ³ | - | - | - | |
| Volumen de la grava | cm ³ | - | - | - | |
| Peso pasante tamiz 3/4" | g | - | - | - | |
| Volumen de la pasante tamiz 3/4" | cm ³ | - | - | - | |
| Densidad Húmeda | g/cm³ | 1.782 | 1.886 | 1.801 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| | | | | | |
|--------------------------------|----------|------------|------------|------------|--|
| Peso recipiente + suelo húmedo | g | 1545.0 | 1823.0 | 1650.0 | |
| Peso recipiente + suelo seco | g | 1450.0 | 1704.0 | 1550.0 | |
| Peso de agua | g | 95.0 | 119.0 | 100.0 | |
| Peso de recipiente | g | 285.0 | 286.0 | 285.0 | |
| Peso de suelo seco | g | 1,165.0 | 1,418.0 | 1,265.0 | |
| Contenido de humedad | % | 8.2 | 8.4 | 7.9 | |

| | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|--|--|--|--|
| Densidad húmeda | g/cm ³ | | | | |
| Contenido de humedad | % | | | | |
| Densidad seca | g/cm ³ | | | | |
| Máxima densidad seca (Próctor) | g/cm ³ | | | | |
| Óptimo contenido de humedad (Próctor) | % | | | | |
| Grado de compactación | % | | | | |
| Grado de compactación especificado | % | | | | |
| Aceptación (AP/RE): | - | | | | |

Leyenda: AP = Aprobado, RE = Reprobado

OBSERVACIONES:

* Ensayos realizados en terreno natural , indicados cercanos al punto de calicata

| TÉCNICO DE LABORATORIO COANSA DEL PERU ING S.A.C | Jefe de Control de Calidad CIP 198335 |
|---|--|
| Firma: | Firma: |
| Nombre: Hector Ancocota C. | Nombre: Percy Mamani V. |
| Cargo: Tecnico de Laboratorio | Cargo: Jefe Qc |
| Fecha: 18/02/2021 | Fecha: 18/02/2021 |

Anexo 4
Resultado de pruebas de soldadura de geomembrana LLDPE de 2mm



**SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN
COANSA DEL PERÚ**

COA-5897091-FOR19-025

**PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA DE GEOMEMBRANA
SOLDADURA POR FUSION**

VERSION 03



Página 1 de 1

PROYECTO: : TESIS "DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020"

REGISTRO N° : SI-GM-PIF-

CLIENTE/ AUTOR : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA / WALTER HUGO HUARACHI NINA

FECHA : 05/03/2021

NORMA : GRI-GM19

Boton de Calibracion : N/A **Placa de Calibracion :** N/A **% de Error :** N/A

Valores Minimos para Geomembrana 2.00 mm Peel (LLDPE 45 Kg/pulg , HDPE 61 Kg/pulg) ; Shear (LLDPE 54 Kg/pulg , HDPE 68.6 Kg/pulg)

| Prueba N° | Hora | Fecha | Temperatura | | Maquina N° | Técnico Soldador | Peel | | Shear | | Geomembrana | | | Técnico QC | |
|-----------|-------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------|--------------|--------------|---------|------------|---------|
| | | | Amb. °C | Cuña °C / Velocid. | | | Máx.Tracción Kg/Pulg | Pasa ó Falla | Máx.Tracción Kg/Pulg | % Strain | Pasa ó Falla | Espesor (mm) | Calidad | | Textura |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 09:00 | 05/03 /2021 | 19 | 450 / 1.2 | ...C-001... | J. Zarate | 62/64 | Pasa | 80 | 148 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 58/52 | Pasa | 84 | 156 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 53/56 | Pasa | 82 | 152 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 09:10 | 05/03 /2021 | 20 | 450 / 1.5 | ...C-001... | J. Zarate | 62/57 | Pasa | 82 | 152 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 60/56 | Pasa | 86 | 159 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 59/62 | Pasa | 84 | 156 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 09:30 | 05/03 /2021 | 20 | 450 / 1.4 | ...C-001... | J. Zarate | 57/61 | Pasa | 89 | 165 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 59/63 | Pasa | 86 | 159 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 60/58 | Pasa | 85 | 157 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 09:48 | 05/03 /2021 | 20 | 450 / 1.5 | ...C-001... | J. Zarate | 55/53 | Pasa | 84 | 156 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 62/61 | Pasa | 81 | 150 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 65/68 | Pasa | 82 | 152 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Tecnico QC - COANSA

Nombre:Hector Ancota C.

Firma:

Fecha: 05-03-2021

Jefe de Control de Calidad - COANSA

Nombre: Percy Cesar Mamani Vilca

Firma:

Fecha: 05-03-2021

Cliente-AUTOR

Nombre: Ruth Roxana Huaccoto Mayta

Firma:

Fecha: 05-03-2021

Cliente-AUTOR

Nombre: Walter Hugo Huarachi Nina

Firma:

Fecha: 05-03-2021



**SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN
COANSA DEL PERÚ**

COA-5897091-FOR19-024

**PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA DE GEOMEMBRANA
SOLDADURA POR EXTRUSION**

VERSION 03



Página 1 de 1

PROYECTO: : TESIS "DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020" **REGISTRO N°** : SI-GM-PIX-01

CLIENTE/ AUTOR : RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA / WALTER HUGO HUARACHI NINA **FECHA** : 05/03/2021

NORMA : GRI-GM19

Boton de Calibracion : N/A **Placa de Calibracion :** N/A **% de Error :** N/A

Valores Minimos para Geomembrana 2.00 mm Peel (LLDPE 40 Kg/pulg , HDPE 45.7 Kg/pulg); Shear (LLDPE 54 Kg/pulg , HDPE 68.6 Kg/pulg)

| Prueba N° | Hora | Fecha | Temperatura | | Maquina N° | Técnico Soldador | Peel | | Shear | | | Geomembrana | | | Técnico Q.C. |
|-----------|-------|-------------|-------------|---------------------|---------------|------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------|--------------|--------------|---------|---------|--------------|
| | | | Amb. °C | Extrusora °C / A.C. | | | Máx.Tracción Kg/Pulg | Pasa ó Falla | Máx.Tracción Kg/Pulg | % Strain | Pasa ó Falla | Espesor (mm) | Calidad | Textura | |
| 1 | 09:30 | 05/03 /2021 | 19 | 285 / 287 | ...EXT-001... | A. Minchan | 52 | Pasa | 68 | 126 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 59 | Pasa | 71 | 131 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 61 | Pasa | 73 | 135 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 09:48 | 05/03 /2021 | 20 | 287 / 282 | ...EXT-001... | A. Minchan | 58 | Pasa | 79 | 146 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 59 | Pasa | 75 | 139 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 57 | Pasa | 74 | 137 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 09:56 | 05/03 /2021 | 20 | 288 / 285 | ...EXT-001... | A. Minchan | 60 | Pasa | 76 | 141 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 59 | Pasa | 81 | 150 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 54 | Pasa | 77 | 143 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 10:15 | 05/03 /2021 | 20 | 286 / 283 | ...EXT-001... | A. Minchan | 58 | Pasa | 77 | 143 | Pasa | 2 | LLDPE | S / T | |
| | | | | | | | 56 | Pasa | 80 | 148 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | 60 | Pasa | 76 | 141 | Pasa | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Tecnico QC - COANSA
 Nombre: Hector Ancocota C.
 Firma:
 Fecha: 05-03-2021

Jefe de Control de Calidad - COANSA
 Nombre: Percy Cesar Mamani Vilca
 Firma:
 Fecha: 05-03-2021

Cliente-AUTOR
 Nombre: Ruth Roxana Huaccoto Mayta
 Firma:
 Fecha: 05-03-2021

CLIENTE-AUTOR
 Nombre: Walter Hugo Huarachi Nina
 Firma:
 Fecha: 05-03-2021

Anexo 5

Figuras

Figura 1.

Situación actual de los residuos sólidos



Figura 2.

Residuos abandonados al borde de la carretera



Figura 3.

Disposición actual de residuos sólidos en el botadero a cielo abierto



Figura 4.

Presencia de aguas contaminadas en el botadero actual.



Figura 5.

Levantamiento topográfico con estación total



Figura 6.

Lavantamiento topográfico con gps



Figura 7.

Levantamiento topografico con estacion total



Figura 8.

Calicata N°1 con maquinaria pesada Retroexcavadora CAT 420F



Figura 9.

Calicata N°2 con maquinaria pesada Retroexcavadora CAT 420F



Figura 10.

Calicata N°3 con maquinaria pesada Retroexcavadora CAT 420F



Figura 11.

Muestreo para proctor modificado



Figura 12.

Muestras por estrato de las 3 calicatas



Figura 13.

Ensayos en laboratorio de suelos



Figura 14.

ensayo de cono de arena



Figura 15.

Soldadura de geomembrana por fusión



Figura 16.

Soldadura de geomembrana por fusión



Figura 17.

Ensayos de geomembrana con tensiómetro para corte y desgarro



Figura 18.

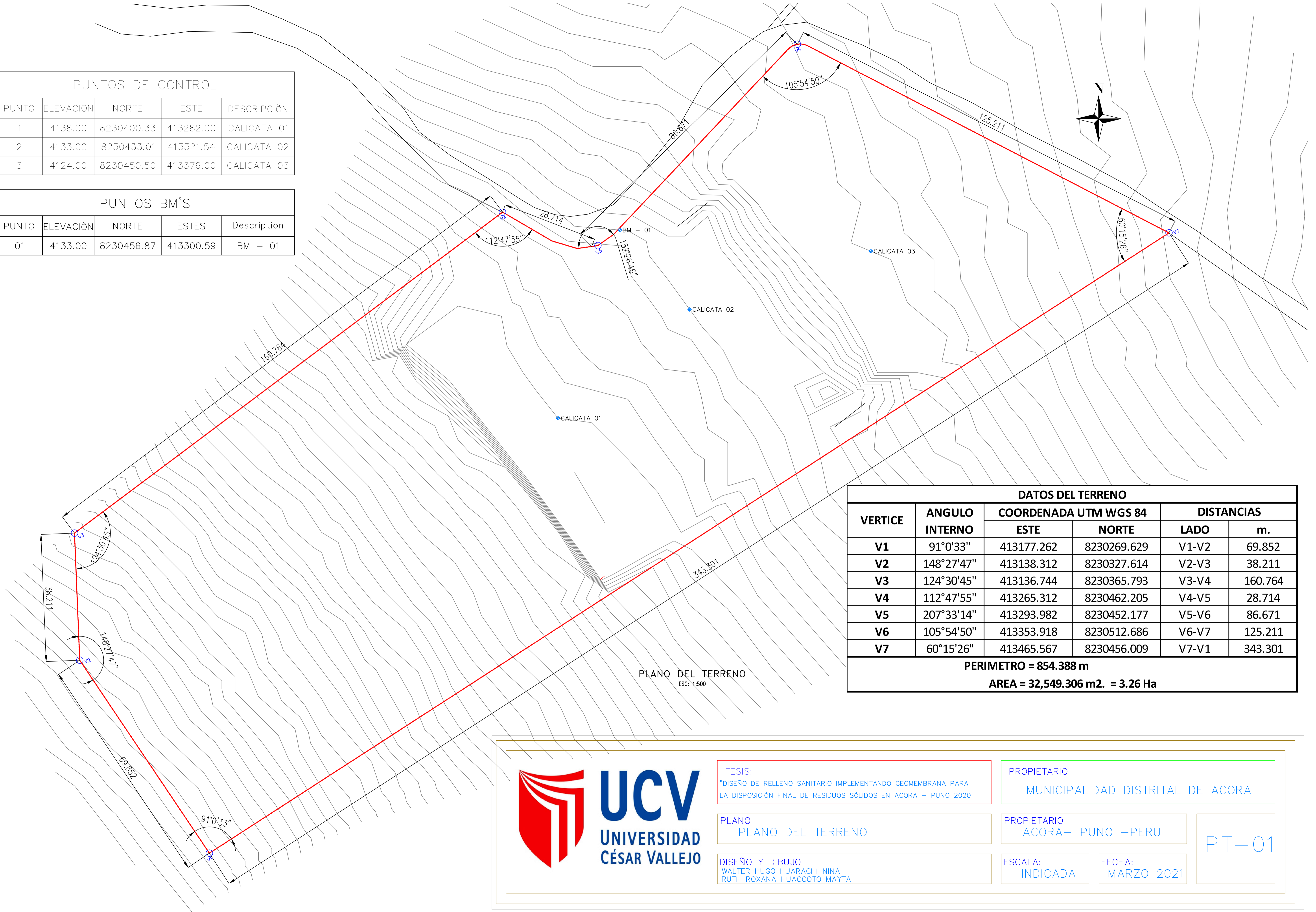
Soldadura de geomembrana por extrusión



Anexo 6
Planos de diseño de relleno sanitario

| PUNTOS DE CONTROL | | | | |
|-------------------|-----------|------------|-----------|-------------|
| PUNTO | ELEVACION | NORTE | ESTE | DESCRIPCION |
| 1 | 4138.00 | 8230400.33 | 413282.00 | CALICATA 01 |
| 2 | 4133.00 | 8230433.01 | 413321.54 | CALICATA 02 |
| 3 | 4124.00 | 8230450.50 | 413376.00 | CALICATA 03 |


| PUNTOS BM'S | | | | |
|-------------|-----------|------------|-----------|-------------|
| PUNTO | ELEVACION | NORTE | ESTES | Description |
| 01 | 4133.00 | 8230456.87 | 413300.59 | BM - 01 |

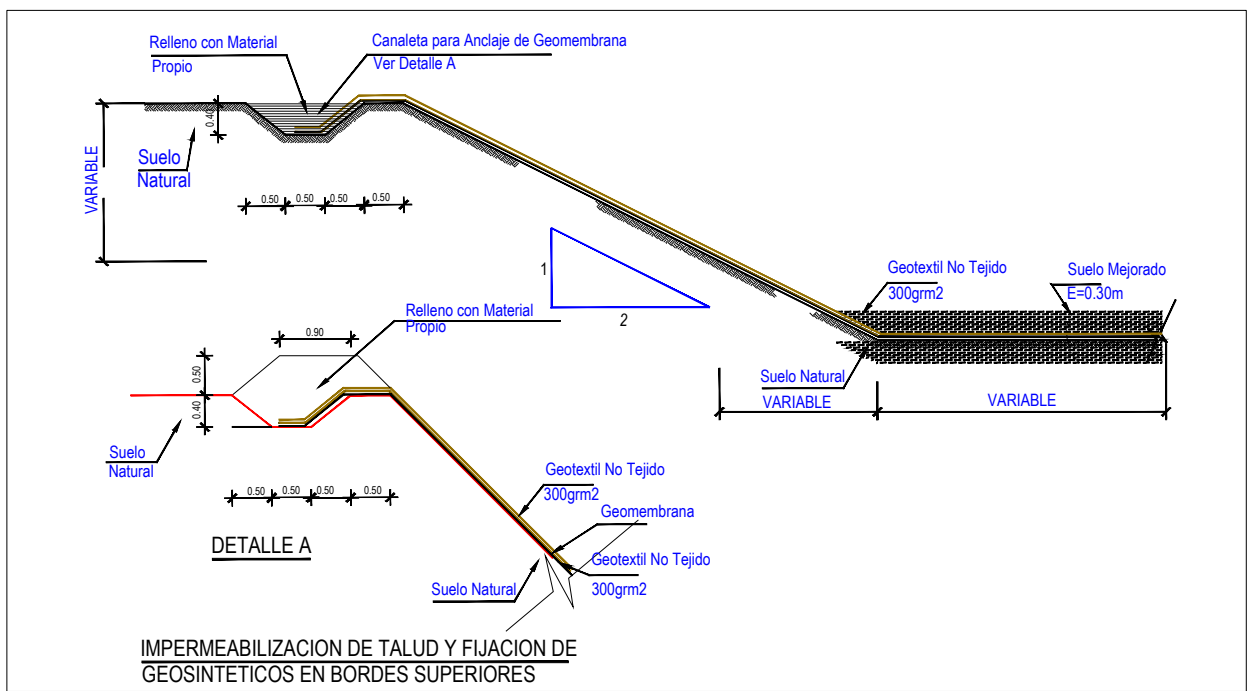
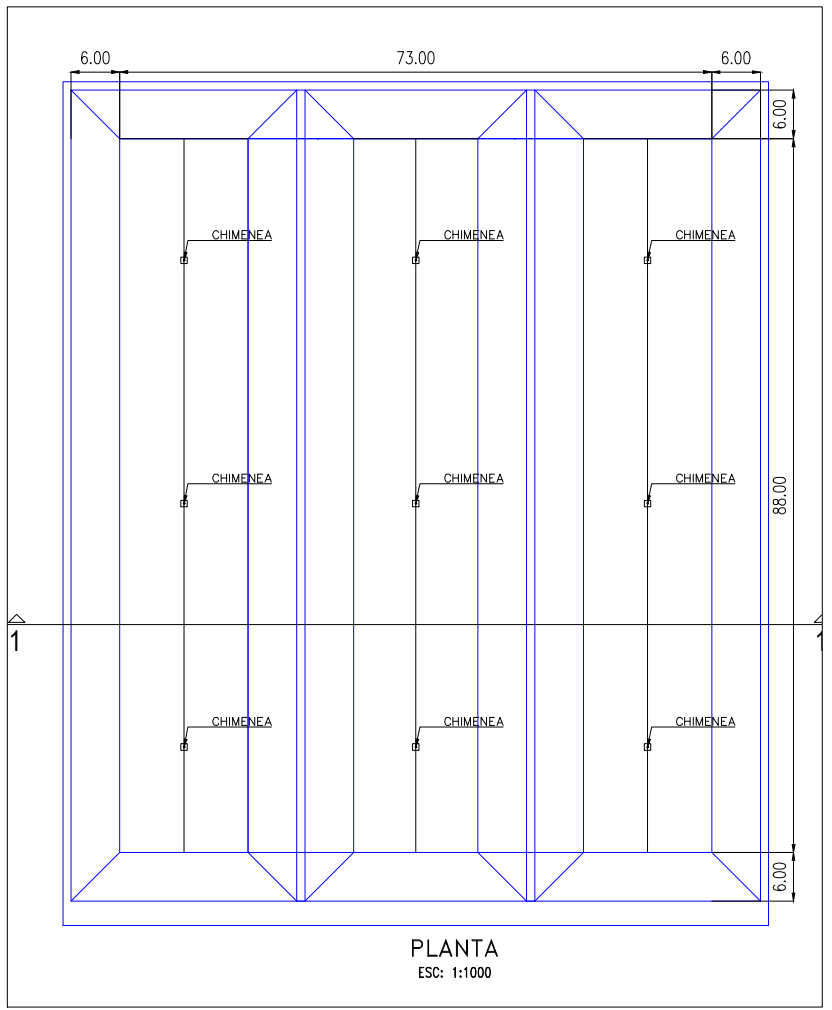
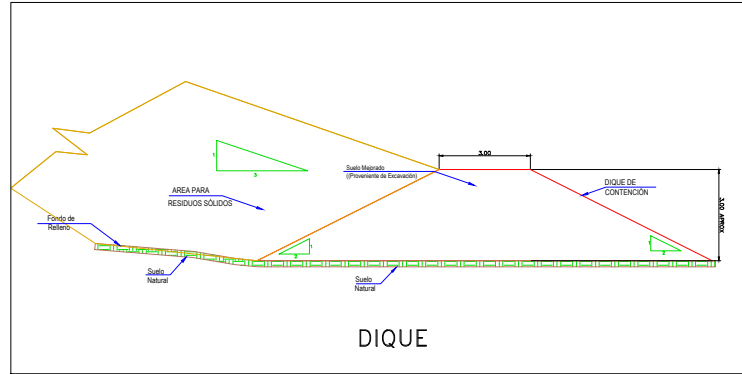
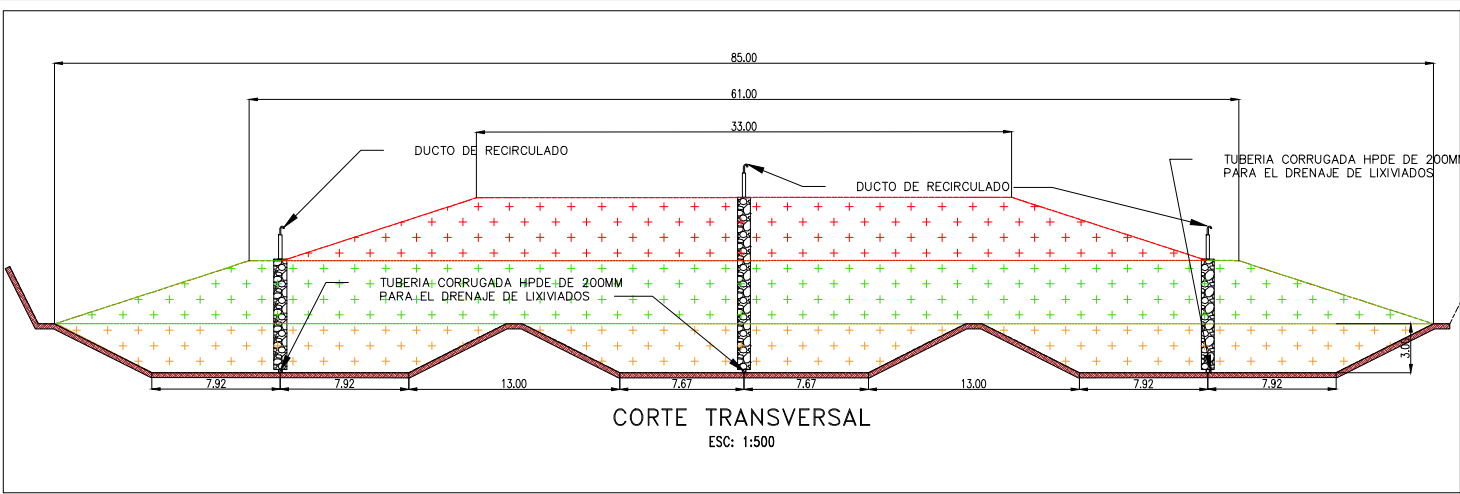


| DATOS DEL TERRENO | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------------------|-------------|------------|---------|
| VERTICE | ANGULO INTERNO | COORDENADA UTM WGS 84 | | DISTANCIAS | |
| | | ESTE | NORTE | LADO | m. |
| V1 | 91°0'33" | 413177.262 | 8230269.629 | V1-V2 | 69.852 |
| V2 | 148°27'47" | 413138.312 | 8230327.614 | V2-V3 | 38.211 |
| V3 | 124°30'45" | 413136.744 | 8230365.793 | V3-V4 | 160.764 |
| V4 | 112°47'55" | 413265.312 | 8230462.205 | V4-V5 | 28.714 |
| V5 | 207°33'14" | 413293.982 | 8230452.177 | V5-V6 | 86.671 |
| V6 | 105°54'50" | 413353.918 | 8230512.686 | V6-V7 | 125.211 |
| V7 | 60°15'26" | 413465.567 | 8230456.009 | V7-V1 | 343.301 |

PERIMETRO = 854.388 m
AREA = 32,549.306 m2. = 3.26 Ha

PLANO DEL TERRENO
ESC: 1:500

| | | | |
|--|--|---|----------------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | TESIS: "DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020" | PROPIETARIO MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ACORA | |
| | PLANO PLANO DEL TERRENO | PROPIETARIO ACORA- PUNO -PERU | |
| | DISEÑO Y DIBUJO WALTER HUGO HUARACHI NINA RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA | ESCALA: INDICADA | FECHA: MARZO 2021 |

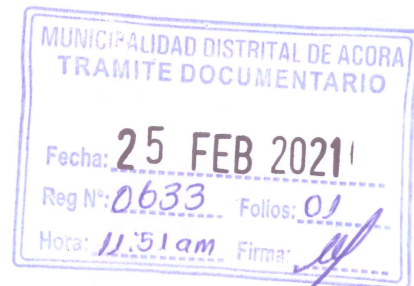


| | | |
|--|---|--|
| | TESIS: "DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA - PUNO 2020" | PROPIETARIO MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ACORA |
| | PLANO PLANTA, SECCION Y DETALLES | PROPIETARIO ACORA- PUNO -PERU |
| | DISEÑO Y DIBUJO WALTER HUGO HUARACHI NINA RUTH ROXANA HUACOTTO MAYTA | ESCALA: INDICADA |
| | FECHA: MARZO 2021 | P-02 |

Los Olivos, 15 de febrero 2021

CARTA N°020-2021/EP-ING-CIV-UCV

Señor
Municipalidad de Puno
Alcalde del Distrito de Acora-Puno
Ing. Lucio Eliseo Istaña Ramos



De mi consideración:


Por medio de la presente, es grato dirigirme a usted a fin de saludarlo muy cordialmente y a la vez presentar a los estudiantes RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA con código de matrícula N° 7002558761 y WALTER HUGO HUARACHI NINA con código N°7002559512 quienes en el semestre académico 2020-II se encuentran en la etapa de desarrollo de la tesis en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, asimismo, nuestros estudiantes requieren recopilar información como es el estudio de caracterización de residuos sólidos de Acora, para acotar al desarrollo de la tesis, titulada "DISEÑO DE RELLENO SANITARIO IMPLEMENTANDO GEOMEMBRANA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ACORA-PUNO 2020".

Agradezco anticipadamente su gentil atención y su apoyo a favor de nuestra estudiante.

En tal sentido, si fuera posible de remitirle la información al correo electrónico whuarachi3@gmail.com- celular N° 984162628/ruthroxanna@gmail.com celular N°922157300

Segura de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Cordialmente,



Mg. Doris Lina Huamán Baldeón
Coordinadora
EP de Ingeniería Civil

Yanet