

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y
DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO**

Área de Investigación:
Construcción y materiales

Autor(es):
Br. Paredes Zelada, Verónica Mabel

Jurado Evaluador:

Presidente: Rodríguez Ramos, Mamerto
Secretario: Vertiz Malabrigo, Manuel
Vocal: Vejarano Geldres, Alejandro

Asesor:
Durand Orellana, Rocío del Pilar
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6592-6520>

PIURA - PERÚ

2021

Fecha de sustentación: 2021/08/12

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Julio Cesar Paredes Rabanal y Mabel Zelada Sagardia, quiénes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un logro más en mi vida. A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas, en especial a mi abuelita Rosa Imelda Paredes por bendecirme desde el cielo en cada paso que doy.

De igual forma, agradezco a Dios por ser luz incondicional que ha guiado y puesto a las personas correctas en mi camino.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por haberme dado la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida, y haberme dado la fuerza para enfrentar los retos de cada día, quien con su bendición llena siempre mi vida.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Privada Antenor Orrego, por haberme acogido en sus aulas y llenado de sabiduría. a toda la Facultad de Ingeniería Civil, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación y amistad. De igual forma, agradezco a mi Asesor de Tesis, Ing. Rocío Durand Orellana, quien estuvo guiándome académicamente con su experiencia y profesionalismo. Que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo.

RESUMEN

En la ciudad de Trujillo, la falta de eliminación de los residuos sólidos, trae como repercusión la contaminación del suelo, agua y aire; y el conjunto de todo esto afectan la salud de la población trujillana. El incremento en la actividad constructora sobretodo en edificaciones de viviendas, pistas y veredas, áreas públicas (Plazas, espacios públicos); lo cual conlleva necesariamente a un aumento en la generación de residuos de construcción y demolición (RCD).

Este incremento, desencadena una gran problemática, ya que este tipo de residuos en particular, no reciben el tratamiento necesario, y no son dispuestos de una manera adecuada, por lo que terminan siendo acumulados en lugares cada vez menos apropiados de la ciudad, sin un sistema de aprovechamiento que permita mitigar los impactos asociados a la continua generación de los RCD. Por lo anterior, esta investigación busca proponer alternativas de aprovechamiento de los RCD, realizando un análisis de estos residuos.

Para la investigación se analizaron tres botaderos: El de Huanchaco, el de Buenos aires en el distrito de Víctor Larco y el del Milagro; se obtuvieron muestras representativas y se sometieron a ensayos de laboratorio para determinar algunas características que permitieran proponer alternativas de los RCD. Con sustento teórico sobre la trituración, se propuso como alternativa para el tratamiento de RCD al proceso de “clinckerización” y obtener el grado de molienda necesario para la preparación de insumos adecuados para producir concreto. Se propone, el diseño de una planta trituradora en un terreno de 16,500.30 m² que cumpla con lo necesario para un adecuado tratamiento de los RCD de la ciudad de Trujillo.

Palabras claves: residuos de construcción y demolición.

ABSTRACT

In the city of Trujillo, the lack of disposal of solid waste, brings as a repercussion the contamination of the soil, water and air; and all of this affects the health of the Trujillo population. The increase in construction activity especially in residential buildings, tracks and sidewalks, public areas (squares, public spaces); which necessarily leads to an increase in the generation of construction and demolition waste (RCD).

This increase triggers a great problem, since this type of waste in particular does not receive the necessary treatment, and is not disposed of in an adequate way, so it ends up being accumulated in less and less appropriate places in the city, without a utilization system that allows mitigating the impacts associated with the continuous generation of RCD. Therefore, this research seeks to propose alternatives for the use of RCD, carrying out an analysis of these residues.

For the investigation, three dumps were analyzed: Huanchaco, Buenos Aires in the Víctor Larco district and Milagro; Representative samples were obtained and they were subjected to laboratory tests to determine some characteristics that would make it possible to propose alternatives to RCDs. With theoretical support on the crushing, it was proposed as an alternative for the treatment of RCD to the process of "clinkerization" and to obtain the degree of grinding necessary for the preparation of adequate inputs to produce concrete. It is proposed to design a crushing plant on a 16,500.30 m² site that meets what is necessary for an adequate treatment of the RCD in the city of Trujillo.

Keywords: construction and demolition waste.

INDICE

PRESENTACIÓN

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE IMÁGENES

I. INTRODUCCION	2
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACION:	2
1.1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	4
II. MARCO TEORICO	6
2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2. BASE TEÓRICA	9
2.2.1. Instrumentos y políticas en Gestión ambiental	10
2.2.2. Materiales predominantes de RCD.....	11
2.2.3. Distribución del servicio de recolección y transporte de RCD	13
2.2.4. Disposición final de los RCD.....	13
2.2.5. Tamaño de desintegración	15
2.2.6. Parámetros funcionales	15
2.2.7. Grado de trituración	15
2.2.8. Tipos de trituradora.....	15
2.3. BASE CONCEPTUAL	16
2.4. VARIABLES	17
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	19
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	199
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	199
3.2.1. Población.....	19

3.2.2. Muestra.....	19
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	20
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.4.1. Técnicas de acopio de datos	20
3.4.2. Ensayos de laboratorio	20
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	20
3.5.1. Caracterización de residuos de construcción y demolición (RCD) ...	21
3.5.2. Diagnóstico de manejo de desechos de construcción y demolición, en la ciudad de Trujillo – Segat	22
3.5.2.1. <i>Infraestructura de Viviendas en la ciudad de Trujillo</i>	22
3.5.2.2. <i>Lugares de RCD identificados en el Distrito de Trujillo</i>	23
3.5.2.3. <i>Botaderos de los distritos de Trujillo</i>	26
3.5.2.4. <i>Caracterización física de los RCD</i>	35
3.5.3. Análisis de laboratorio de las muestras tomadas	36
3.5.3.1. <i>Análisis granulométrico de suelos por tamizado</i>	41
3.5.3.2. <i>Determinación del contenido de humedad de un suelo</i>	45
3.5.3.3. <i>Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino</i>	49
3.5.4. Para los resultados del laboratorio	53
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	55
4.1. PORCENTAJES DE MATERIALES DE RCD	55
4.2. RESULTADOS DE LABORATORIO	56
4.2.1. Análisis granulométrico (NTP 400.012)	57
4.2.2. Proctor modificado.....	59
4.2.3. Equivalente de arena de suelos y agregados finos ASTM D-2419...	61
4.3. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE RCD.....	61
4.3.1. Formulacion y evaluacion de alternativas para el manejo de RCD. ...	61
4.3.2. Parametros de diseño.....	62
4.3.3. Tipos de trituradores de acuerdo a las características de los RCD. .	63
4.3.4. Propuesta para tratamiento del RCD: Clinkerización.....	64
4.4. PARÁMETROS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.....	66
4.4.1. Ubicación.....	66
4.4.2. Medidas perimétricas del terreno.....	67
4.4.3. Distribución Arquitectónica	67
4.4.4. Cuadro de áreas	67
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	69

VI. CONCLUSIONES	71
VII. RECOMENDACIONES	72
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	72
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Reducción del tamaño de partículas	16
Tabla 02: Operacionalización de las variables	17
Tabla 03: Lugares de acopio	19
Tabla 04: Viviendas particulares con ocupantes con diversos tipos de material predominantes en sus viviendas del Continuo Urbano de Trujillo	22
Tabla 05: Puntos de RCD y volumen de acuerdo a los límites y colores establecidos por la OMA	23
Tabla 06: Volúmenes de RCD en espacios públicos de Trujillo	24
Tabla 07: Volúmenes y ubicación de RCD en espacios públicos de Trujillo	25
Tabla 08: Tipos de material seleccionado para las muestras	36
Tabla 09: Tamaños de las muestras representativas	40
Tabla 10: Tamaño de tamices	41
Tabla 11: Tamaño de tamices	47
Tabla 12: Resumen promedio de tipos de material seleccionado en muestras	55
Tabla 13: Resumen promedio de los tamaños de las muestras representativas	55
Tabla 14: Análisis granulométrico por tamizado	57
Tabla 15: Proctor Modificado	59
Tabla 16: Equivalente de arena de suelos y agregados finos	61
Tabla 17: Características principales (Tamaños grandes)	64
Tabla 18: Coordenadas de ubicación de la planta recicladora de RCD	67

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Distribución del servicio de recolección y transporte de RCD	¡Error!
Marcador no definido.4	
Imagen 2: Ubicación del Botadero de El Milagro del Distrito de Huanchaco.....	26
Imagen 3: Botadero de El Milagro del Distrito de Huanchaco	27
Imagen 4: Residuos mezclados del botadero El Milagro del Distrito de Huanchaco	27
Imagen N° 5: Selección de los RCD del botadero El Milagro del Distrito de Huanchaco.....	28
Imagen N° 6: Toma de medidas de RCD del botadero El Milagro del Distrito de Huanchaco.....	28
Imagen N° 7: Ubicación del Botadero del Distrito de Víctor Larco.	¡Error!
Marcador no definido.9	
Imagen N° 8: Botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco.....	30
Imagen N° 9: Residuos mezclados del botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco	30
Imagen N° 10: Selección de los RCD en el botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco	31
Imagen N° 11: Toma de medidas de los RCD del botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco.....	31
Imagen N° 12: Ubicación del Botadero del Distrito de Huanchaco.....	32
Imagen N° 13: Botadero del Distrito de Huanchaco.	33
Imagen N° 14: Residuos mezclados del botadero de Huanchaco.....	33
Imagen N° 15: Selección de los RCD del botadero del Distrito de Huanchaco....	34
Imagen N° 16: Toma de medidas de los RCD del botadero del Distrito de Huanchaco	34
Imagen N° 17: Materiales predominantes en las viviendas del distrito de Trujillo	35
Imagen N° 18: Materiales predominantes en las viviendas del distrito de Víctor Larco	35
Imagen N° 19: Toma del peso de muestra #1 del botadero El Milagro	37
Imagen N° 20: Toma del peso de muestra #1 del botadero El Milagro	37
Imagen N° 21: Toma del peso de muestra #2 del botadero de Buenos Aires, Distrito de Víctor Larco Herrera.....	38

Imagen N° 22: Toma del peso de muestra #2 del botadero de Buenos Aires, Distrito de Víctor Larco Herrera.....	38
Imagen N° 23: Toma del peso de muestra #3 del botadero de Huanchaco	39
Imagen N° 24: Toma del peso de muestra #3 del botadero de Huanchaco	39
Imagen N° 25: Procedimiento para Análisis granulométrico de suelos por tamizado, zarandeo	44
Imagen N° 26: Procedimiento para Análisis granulométrico de suelos por tamizado, peso de muestra retenida por tamiz.....	44
Imagen N° 27: Aparato de ensayo de equivalente de arena	52
Imagen N° 28: Ensayo equivalente de arena	53
Imagen N° 29: Curva Granulométrica	58
Imagen N° 30: Calculo de Ensayo.....	60
Imagen N° 31: Esquemas trituradores de rodillos	63

CAPÍTULO I

I. **INTRODUCCIÓN**

1.1. **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:**

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

La gestión de residuos sólidos es un tema de importancia para tener en cuenta en los planes del desarrollo de una localidad. La falta de eliminación de los residuos sólidos, trae como repercusión la contaminación del suelo, agua y aire; y el conjunto de todo esto afectan la salud de la población, su calidad de vida y el medio ambiente (Suárez, 2018, p. 1).

En Perú con el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de Construcción y Demolición, establece un marco para la gestión y el manejo de residuos sólidos de construcción y demolición estableciendo los lineamientos que deben seguirse en los procesos de generación, en la construcción y la demolición a nivel nacional. Por falta de estadísticas de los residuos de construcción y demolición no puede determinarse cuantitativamente los instrumentos necesarios para una gestión y manejo adecuado; tales como el área, el volumen de residuos, la cantidad de residuos, entre otros, donde mayormente se encuentran en espacio público y, los residuos de construcción y demolición han sido abandonados generando impacto al ambiente, por ello las autoridades distritales proponen mejorar la gestión de información de los RCD y los planes de manejo de en las construcciones.

Por esta situación, la Municipalidad Provincial de Trujillo considera a la ciudad de Trujillo de Tipo "A", de acuerdo al nivel socioeconómico, por ello se desarrolló el "Plan de gestión de residuos de construcción y demolición depositados en espacios públicos y obras menores". Este plan ha sido desarrollado de forma participativa a través de talleres en el cual se han identificado los problemas que representan estos residuos para nuestra ciudad. En el desarrollo del Plan en el Distrito de Trujillo se identificaron 37 puntos de RCD (Residuos de Construcción y Demolición), y que están clasificados de acuerdo al

volumen y los límites establecidos por la Oficina de Medio Ambiente OMA del ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, presentando los problemas que representan estos residuos en su permanencia en el mismo lugar, debido a que al erradicarse unos puntos van apareciendo otros. En el distrito de Trujillo se tienen 37 puntos identificados con Residuos de Construcción y Demolición, haciendo un total de 8,248 m³ de volumen con RCD (Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo SEGAT-2017, pp. 03).

Es así, que en la presente tesis se determinó los parámetros de diseño para determinar el equipo adecuado de la tritura de RCD de la ciudad de Trujillo.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Cuáles serán los parámetros de diseño que se debe tener en cuenta en una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición para la ciudad de Trujillo? ¿Las características de los RCD determinaran el tipo de trituradora?

1.2. **OBJETIVOS**

1.2.1. Objetivo General

Determinar los parámetros de diseño para una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición para la ciudad de Trujillo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del manejo de desechos de construcción y demolición, en la ciudad de Trujillo, teniendo como base las estadísticas del Segat.
- Realizar los ensayos a los materiales de RCD: Relación de humedad – Masa Unitaria seca, índice de plasticidad, determinación del límite líquido de los suelos, equivalente de arena para determinar sus características.

- Determinar el tipo de trituradora a considerar teniendo en cuenta las características del RCD.
- Plantear por lo menos dos alternativas que incluyan ventajas y desventajas según parámetros de diseño.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Esta tesis se justifica en la generación masiva de desechos de construcción y la inadecuada disposición de ello ocasionando una contaminación e incumplimiento de la normativa ambiental y se contará con los parámetros adecuados para su diseño, en la ciudad de Trujillo.

Además, este estudio servirá como base para proponer la reutilización del concreto, como material de construcción más usado en el Perú y conforme los resultados de algunas otras investigaciones ya realizadas.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta tesis se realizó teniendo como referencia de los siguientes antecedentes:

Gutiérrez & Peinado (2015), Colombia, con su investigación “*PROPUESTA DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE TELPANECA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ*”, se propusieron como objetivo diseñar un relleno sanitario con residuos sólidos en una zona urbana, realizando una evaluación de las características de los residuos que genera la población, un levantamiento topográfico del lugar donde será la realización del sistema, un análisis de suelo, fuentes hídricas y el material de cobertura y por ultimo diseñar un sistema de tratamiento de los residuos sólidos en el sitio seleccionado . Esta investigación llegó al resultado de realizar un sistema de tratamiento a los residuos RCD, de manera que las trincheras sean de manera sistemática con un buen balance hídrico, garantizando el drenaje de líquidos, con ayuda de obras civiles y de drenaje pluvial. El principal aporte a la investigación son los manuales para el mantenimiento de los primeros años de vida útil del relleno sanitario y el manejo, la elaboración del presupuesto, las pautas para la construcción, operación del relleno sanitario y la planificación con las autoridades de la Alcaldía Municipal de Telpaneca, haciendo un llamado a la concientización en escuelas, barrios y hogares para tener un buen manejo de los desechos sólidos.

Morin & Soto (2017), Perú, con su investigación "*DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA EL DISTRITO DE PARCOY – LA LIBERTAD 2016*", se propusieron como objetivo diseñar un relleno sanitario para minimizar la contaminación generada por residuos sólidos municipales en el distrito de Parcoy – Pataz – la Libertad, mediante la identificación de las características de los residuos sólidos, el diagnóstico de la población y su descripción geográfica, un estudio del sitio seleccionado para el relleno sanitario y el cálculo de la vida útil que tendría el relleno sanitario manual. Los autores llegaron como resultado de su investigación que se tenía que replantear y reevaluar la planificación para el diseño del relleno sanitario, ya que salió sobrevaluada de acuerdo a los costos manejados. En los cálculos realizados para obtener la cantidad de residuos arrojaron 8,795.10 kg/día para la población de 15,451 en el 2018, por lo que crear un relleno sanitario no es la mejor solución sino la implementación de programas que ayude a reciclar y segregación, ya que sería otro el cálculo de 5,612.40 kg/día en el año 2018. El aporte a la investigación son las fases de diseño que complementan y respalda el estudio referencial del sitio seleccionado, como estudios hidrogeológicos y de compactación en el área destinada.

Ychuta, S. (2016), Perú, en su investigación "*PROPUESTA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE UN RELLENO SANITARIO MANUAL, PARA EL MUNICIPIO DE TARACO*", se propuso como objetivo realizar una propuesta de diseño para un relleno sanitario manual para la disposición final de los desechos sólidos de las construcciones y demoliciones generados por el pueblo de Taraco, mediante un diagnóstico del sistema del manejo de los desechos sólidos, planear y realizar estudios para el diseño del relleno sanitario manual y por ultimo diseñando un relleno sanitario manual para la disposición de residuos sólidos mediante las pautas que se especificaron anteriormente. Esta investigación

llegó al resultado la impermeabilización del fondo y los taludes rellenos con arcilla, la intersección de canales para la evacuación de aguas de escorrentía superficial, pozos para el monitoreo del agua subterránea, señalización y letreros de información, caseta de control y oficinas administrativas como almacén y servicios higiénicos. El costo del Relleno Sanitario por un periodo de 5 años de operación asciende a S/ 7'620,229.97. El aporte a la investigación son los diseños realizados para la construcción de un relleno sanitario y las investigaciones realizadas para la construcción en Taraco.

Eliazar P. Paredes (2018), Perú, en su investigación "*IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA RELLENO SANITARIO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE SANDIA – PUNO*", se propuso como objetivo realizar la selección a la alternativa adecuada técnicamente y ambientalmente donde se ubicará la infraestructura para la disposición final de los residuos sólidos municipales, de la ciudad de Sandia para su ordenamiento ambiental territorial. Esta investigación llegó al resultado método adecuado para el relleno sanitario de la ciudad de Sandía, es el tipo trinchera o zanja en función a la topografía, también se ha calculado un área de 2.05 Has para el relleno sanitario, este cálculo se hizo en función a la generación de residuos sólidos municipales proyectado para 10 años. El aporte de esta investigación es la gestión dentro del esquema de ordenamiento ambiental territorial, a fin de que las municipalidades provinciales restrinjan la localización de nuevos proyectos en las áreas potenciales identificadas para este tipo de investigación.

Ramírez D. & Sosa A. (2016), Bogotá, en su investigación “*FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ*”, se propusieron como objetivo formular alternativas de manejo para residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Bogotá. Con esta investigación se pudo determinar con los ensayos realizados que el material pétreo RCD, presenta un material particular fino del 19.1 %, lo que quiere decir que son arenas de alta calidad, ya que tienen la capacidad de brindar una alta resistencia y con el resto de materiales pueden llegar a ser reutilizados en algunos prefabricados (concretos de baja resistencia que podrían ser utilizados en adoquines, sardineles, cerámicos, losetas, etc.). El aporte de esta investigación es el procedimiento que se ha seguido para poder llegar a determinar alternativas en el manejo para los residuos de construcción y demolición, sobre todo considerando que es otro país y tiene diferentes políticas, pero con materiales de construcción muy similares a nuestro país.

2.2. BASE TEÓRICA

Ramos y Vega (2015), indican que, según las propiedades físicas de un material y su composición química, se emplean distintos métodos de trituración; para un material duro se requiere presión e impacto, el residuo sólido a triturar proviene de eliminación de una construcción por lo que se tiene bloques de concreto, muros fragmentados y un porcentaje mínimo de tubería y accesorios.

Como el propósito, una vez triturado el RCD, es incorporarlo nuevamente como material de construcción (agregados), es por lo que, como parámetro de diseño se considerará el tamaño de partícula de salida, considerando una trituración gruesa, el tamaño de la partícula de salida se propone de 15 cm (6”).

2.2.1. Instrumentos y políticas en Gestión ambiental

El Ministerio del Ambiente es el organismo del Poder Ejecutivo, rector del sector ambiental, cuya función principal es desarrollar, dirigir, supervisar y ejecutar la Política Nacional del Ambiente.

En el Perú, en base a la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, se aprobó la Política Nacional del Ambiente mediante el Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que sustentan la elaboración de planes y estrategias nacionales en materias como diversidad biológica, bosques, cambio climático, residuos sólidos, saneamiento, sustancias químicas, entre otros.

El Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021 – PLAN A establece como meta que los residuos sólidos del ámbito municipal son manejados, reaprovechados y dispuestos adecuadamente.

La responsabilidad que tienen los gobiernos locales, es implementar centros de recolección para el acopio de residuos, formular estrategias para garantizar la disposición adecuada de estos residuos, implementar sistemas de recojo con una implementación adecuada de infraestructura y equipamiento; y la zonificación de los botaderos, por lo que para el presente estudio se tendrá en cuenta lo actuado hasta la fecha por el gobierno local, la municipalidad provincial de Trujillo, mediante el Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA Decreto Supremo que modifica el 003-2013-VIVIENDA Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición.

2.2.2. Materiales predominantes de RCD

Los residuos de construcción y demolición (RCD), están considerados en el ámbito no municipal y de acuerdo con el artículo 7 del Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA, se clasifican en:

a) Residuos peligrosos

(Anexo 3 del Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA)

- Restos de madera tratada
- Envases de removedores de pinturas, aerosoles
- Envases de removedores de grasa, adhesivos, líquidos para remover pintura.
- Envases de pinturas, pesticidas, contrachapados de madera, colas, lacas.
- Restos de tubos de fluorescentes, transformadores, condensadores, etc.
- Restos de PVC (solo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40 °C)
- Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisores de asbestos
- Envases de solventes
- Envases de preservantes de madera
- Restos de cerámicos, baterías
- Filtros de aceite, envases de lubricantes

b) Residuos no peligrosos (reutilizables, reciclables, aprovechables, etc.)

(Anexo 4 del Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA)

En las instalaciones encontramos lo siguiente:

- Mobiliario fijo de cocina
- Mobiliario fijo de cuartos de baño

En las fachadas encontramos lo siguiente:

- Puertas
- Ventanas
- Revestimientos de piedra
- Elementos prefabricados de hormigón

En la estructura encontramos lo siguiente:

- Vigas y pilares
- Elementos prefabricados de hormigón

En las cubiertas encontramos lo siguiente:

- Tejas
- Tragaluces
- Soleras prefabricadas
- Tableros

En las particiones interiores encontramos lo siguiente:

- Mamparas
- Barandillas
- Tabiquerías móviles y fijas

En los acabados interiores encontramos lo siguiente:

- Cielo raso
- Pavimentos flotantes
- Alicatados

Estos tipos de residuos son obtenidos bajo las diferentes obras que se encuentran dentro del marco normativo de la construcción, como son: obras de ampliación, obras de remodelación, obras de refacción y obras nuevas.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la provincia de Trujillo tiene como materiales predominantes en las viviendas es ladrillo o bloque de cemento, seguido por el adobe o tapia.

2.2.3. Distribución del servicio de recolección y transporte de RCD

La municipalidad provincial de Trujillo a través de su gerencia de limpieza pública especifica la distribución, en el turno de la mañana se atiende todo el perímetro y área que comprende la ZONA SUR representada en el mapa (ver figura 1) geográficamente, para esta actividad se cuenta con tres volquetes con capacidad de 15 m³ y un cargador frontal, la cantidad en volumen promedio que se acopia es de 200 m³ aproximadamente para realizar las operaciones de recolección y carguío se cuenta con el personal eficiente y calificado los cuales son 3 conductores de volquete y un operador de cargador frontal con el apoyo de 3 auxiliares de recolección.

En la tarde se atiende todo el perímetro y área que comprende la ZONA NORTE representada en el mapa geográficamente, para esta actividad se cuenta con tres volquetes con capacidad de 15 m³ y un cargador frontal, la cantidad en volumen promedio que se acopia es de 200 m³ aproximadamente para realizar las operaciones de recolección y carguío se cuenta con el personal eficiente y calificado los cuales son 3 conductores de volquete y un operador de cargador frontal con el apoyo de 2 auxiliares de recolección. (Ver imagen 1)

2.2.4. Disposición final de los RCD

La ciudad de Trujillo, no cuenta con un área destinada para la disposición final de residuos de la construcción; realizándose esta operación en el botadero municipal controlado El Milagro. Estos residuos son utilizados como material de cobertura para efectuar el sellado de los residuos sólidos municipales, contando para tal fin con 01 cargador frontal operando en 02 turnos, 02 operadores de carga pesada y 03 supervisores. El botadero controlado viene siendo utilizado hace más de 20

años y se encuentra ubicado en el centro poblado menor de El Milagro, tiene una extensión superficial de 58.63 Has. (Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición depositados en espacios públicos y de obras menores del Distrito de Trujillo - 2017).

Además, para la presente investigación se obtuvieron muestras de los siguientes botaderos:

Botadero de Huanchaco, está ubicado al Oeste de Trujillo en el Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad.

Botadero en la localidad de Buenos Aires ubicado a la costa norte peruana en el distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad.

Botadero de El Milagro, ubicado hacia el Norte de Trujillo en el distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad.

También se identificó un botadero en los exteriores del mercado La Hermelinda (este no se ha tomado en cuenta por tener en su mayoría residuos orgánicos)

Imagen 1

Distribución del servicio de recolección y transporte de RCD



Fuente: Sub Gerencia de Limpieza Pública MPT, 2019.

2.2.5. Tamaño de desintegración

Mediante la desintegración de materiales sólidos se obtienen diferente tamaño de partículas, por lo que pueden ser: trituración (desintegración grosera) y molienda (desintegración fina). (http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos?05_Apunte%20Trituracion.pdf)

2.2.6. Parámetros funcionales

Para el diseño y construcción de los equipos que componen una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición, se tendrá en cuenta el material encontrado en campo y sus análisis respectivos.

Al seleccionar una instalación trituradora se han de tener en cuenta factores esenciales. En primer lugar, es determinante el material a triturar, su tamaño y características, así como la humedad.

2.2.7. Grado de trituración

El grado de trituración o reducción (n), que se define como la relación entre el tamaño inicial del material y el mayor tamaño final del material triturado, es decir:

$$n = \frac{\text{Tamaño inicial del producto}}{\text{Tamaño final del producto}}$$

2.2.8. Tipos de trituradora

Los tipos de trituradora y su rango de trituración que se muestran en la tabla 1:

Tabla 1

Reducción del tamaño de partículas

Tipos de trituradoras		Relación de reducción (n)
MANDÍBULAS		
GIRATORIAS	Ciclo completo cono	3:1 – 10:1
	Estándar	4:1 - 6:1
	Cabeza corta	2:1 - 5:1
RODILLO		
IMPACTO	Motor simple	15:1
	motor doble	15:1
	Molinos de martillo	20:1

Fuente: Ramos y Vega (2015). *Diseño y construcción de una máquina trituradora.*

2.3. BASE CONCEPTUAL

Según el Decreto Supremo N°019-2016-VIVIENDA, instrumento de planificación y gestión ambiental, se establecen los siguientes conceptos:

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN - RCD.- Son aquellos residuos o sustancias generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura.

RESPONSABILIDADES DE LOS GOBIERNOS LOCALES EN EL MANEJO DE RCD EN OBRAS MENORES. – Se menciona:

- a) Asegurar la erradicación de los lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, así como la recuperación de las áreas degradadas por dicha causa, bajo los criterios que para cada caso establezca la Autoridad de Salud.
- b) Implementar centros de recolección para el acopio de residuos provenientes de obras de higiene y seguridad hasta su disposición final.
- c) Formular estrategias para facilitar el acceso de los generadores de residuos de obras menores.

- d) Zonificación para la disposición final y ubicación de áreas para escombreras.
- e) Implementar sistemas de recojo.

SISTEMA DE HIPÓTESIS

Si realizamos ensayos a los RCD (materia prima) y determinamos sus características; entonces seleccionaremos adecuadamente la trituradora.

2.4. Variable

- Variable Analítica (presenta dimensiones): Diseño para una planta de residuos de construcción.

Tabla 2

Operacionalización de las variables

Variables		Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Tipo	Descripción conceptual			
Analítica Diseño para una planta de RCD	Los parámetros de diseño establecidos en códigos reglamentos rigen a la construcción.	<ul style="list-style-type: none"> - Relación de humedad – Masa unitaria seca. - Índice de plasticidad. - Determinación del límite líquido. - Análisis granulométrico. - Densidad. - Determinación del Tritrador 	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad máxima g/cm3. - Humedad óptima. - TMN 	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza - Horno eléctrico - Recipientes metálicos - Teodolito - Plan de gestión de residuos de construcción y demolición

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

III. **METODOLOGÍA EMPLEADA:**

3.1. **TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Tipo: APLICADA ya que reúne las condiciones metodológicas de otras investigaciones y que se utilizaron con el fin de aplicarlas en el diseño de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición para la ciudad de Trujillo.

Nivel: DESCRIPCION

3.2. **POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

3.2.1. Población: Para la presente tesis se tomó los RCD de los principales botaderos de los distritos de Trujillo, Víctor Larco Herrera y Huanchaco.

3.2.2. Muestra: Se tomaron muestras aleatorias para analizarlas y obtener características para el estudio. Estas muestras aleatorias, fueron recolectadas de los tres distritos: Trujillo, Víctor Larco Herrera y Huanchaco.

De estos tres (3) lugares se extrajo un volumen de 1m³ de RCD alternando durante tres (3) semanas, que será almacenado en un lugar donde después de clasificarlo en residuos peligrosos y no peligrosos, se procede a sacar la muestra respectiva que fueron luego sometidos a los ensayos respectivos.

Tabla 3

Lugares de acopio

Lugares de acopio	Cantidad	Veces	Total
1. Botadero de El Milagro hacia el norte de Trujillo	1 m ³	3	3 m ³
2. Botadero de Buenos Aires en la costa norte peruana	1 m ³	3	3 m ³
3. Botadero de Huanchaco al Oeste de Trujillo	1 m ³	3	3 m ³

Fuente: Elaboración Propia

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente tesis es NO EXPERIMENTAL, su diseño es transaccional y los datos obtenidos de la caracterización de los residuos de construcción y demolición servirán para formular alternativas de trituradora a emplear.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Técnicas de acopio de datos

- **Observación directa:** Se aplicó esta técnica a los ensayos que se realizaron en esta investigación, el mismo que cumplen con los estándares establecidos por las normas nacionales.
- **Análisis documental:** Se utilizaron diferentes tipos de fuentes documentales de normas nacionales, libros, artículos científicos y tesis, los mismos que se encuentran citados en la parte de referencias bibliográficas de la investigación.

3.4.2. Ensayos de laboratorio

Para determinar las características de los residuos de construcción y demolición se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico de los suelos. ASTM D-2487.
- Relación de humedad – Masa unitaria Seca (Ensayo modificado de compactación). ASTM D-1557.
- Índice de plasticidad. ASTM D-4318.
- Equivalente de arena de suelos y agregados finos. ASTM D-2419.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Con la información obtenida a través de los diferentes aspectos técnicos será estudiado para obtener los parámetros de diseño para una planta de RCD realizando el siguiente procedimiento:

3.5.1. Caracterización de residuos de construcción y demolición (RCD)

- A) Gestión de los RCD por las principales entidades involucradas: Estudio del avance en gestión de RCD en la ciudad de Trujillo: recolección, transporte y disposición de desmonte en la ciudad.
- B) Normativa acerca del manejo de RCD en el Perú: Conocimiento de la normativa del manejo de RCD en el Perú y su aplicación.
- C) Composición de los RCD en la ciudad de Trujillo: De la gestión de residuos de construcción y demolición se reportan la gran cantidad de estos que genera la ciudad.

De esa cantidad, es importante realizar una correcta caracterización, puesto que fue necesario conocerse el tipo de residuos que genera una ciudad, para proyectar cómo abordar la problemática de gestión de los mismos y cómo aprovechar de manera eficiente estos residuos.

- D) Metodología de almacenamiento y recolección: De lo observado cotidianamente, no se está llevando a cabo un correcto tratamiento de los RCD. Así lo expone las obras civiles a las que se observa eliminando este material que disminuye la posibilidad de aprovechamiento ya que pueden estar contaminados con residuos peligrosos, y en ese estado no pueden reutilizarse ni tratarse.
- E) Disposición final: Un factor que evidencia el desinterés que se tiene, en términos generales por parte de los generadores de RCD de la ciudad, es el alto porcentaje de desconocimiento de los sitios donde van a disponerse los residuos producidos en las obras. Los resultados muestran que luego de que los RCD dejan el ente generador, este no se preocupa porque los mismos lleguen a lugares legalmente autorizados; es por esto que existe gran cantidad de botaderos ilegales.

3.5.2. Diagnóstico de manejo de desechos de construcción y demolición, en la ciudad de Trujillo – Segat

3.5.2.1. Infraestructura de Viviendas en la ciudad de Trujillo

En la provincia de Trujillo el material predominante de las viviendas es ladrillo o bloque de cemento 58.8%, mientras que el 38.1% son de adobe o tapia. A nivel distrital, en Trujillo, el material predominante de las viviendas es ladrillo y adobe con 82.6% y 16.1% respectivamente, teniendo una similitud con el distrito de Víctor Larco. Mientras que, en los distritos de El Porvenir, el material que predomina es el adobe o tapia con 57.8% seguido del ladrillo o bloque de cemento con 36.2%; situación similar se presenta en los distritos de Florencia de Mora y La Esperanza (Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición depositados en espacios públicos y de obras menores del Distrito de Trujillo - 2017).

Tabla 4

Viviendas particulares con ocupantes con diversos tipos de material predominantes en sus viviendas del Continuo Urbano de Trujillo.

DISTRITOS	MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA							
	LADRILLO O BLOQUE DE CEMENTO %	ADOBE O TAPLA %	MADERA %	QUINCHA %	ESTERA %	PIEDRA CON BARRO %	PIEDRA O SILLAR CON CAL O CEMENTO %	OTROS %
TRUJILLO	82,6	16,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4
EL PORVENIR	36,2	57,8	0,1	0,4	4,4	0,5	0,1	0,5
FLORENCIA DE MORA	43,8	55,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3
LA ESPERANZA	44,1	52,1	0,1	0,2	2,2	0,3	0,1	0,2
VICTOR LARCO	73,4	25,5	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2
PROVINCIA DE TRUJILLO	58,8	38,1	0,4	0,3	1,6	0,3	0,1	0,4

Fuente: INEI- Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Hogares. – 2019.

3.5.2.2. Lugares de RCD identificados en el Distrito de Trujillo

En la ciudad de Trujillo el gobierno local es quien asume la recolección, transporte y disposición final de los RCD depositados en espacios públicos y en algunas ocasiones de terrenos privados, patrimonio arqueológico mundial CHAN-CHAN, Vía de Evitamiento (tercer anillo vial que rodea Trujillo) y principales entradas a la ciudad.

Para la municipalidad de Trujillo se han identificado 37 puntos de RCD, los mismos que se encuentran clasificados de acuerdo al volumen y los límites establecidos por la Oficina de Medio Ambiente OMA del ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento; sin embargo, uno de los problemas que representan estos residuos es la variación en su permanencia en el mismo lugar, debido a que al erradicarse unos puntos van apareciendo otros.

Tabla 5

Puntos de RCD y volumen de acuerdo a los límites y colores establecidos por la OMA

SIMBOLO	COLOR	LIMITES ESTABLECIDOS POR LA OMA	N° PUNTOS RCD	VOLUMEN DE RCD - M3
	ROJO	200m ³ y mas	7	7337
	NARANJA	5 hasta < 200 m ³	4	418
	AZUL	10 hasta < 50 m ³	17	484
	VERDE	3 hasta <10 m ³	9	45
TOTAL			37	8284

Fuente: Plan de gestión de residuos de construcción y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores del distrito de Trujillo 2014 – 2017.

Tabla 6

Volúmenes de RCD en espacios públicos de Trujillo

CUADRO DE VOLUMENES DE RCD EN ESPACIOS PUBLICOS DE TRUJILLO						
N°	COD_REG	RANGOS (VOLUMENES)	COLOR	VOLUMEN RCD (m3)	VOLUMEN SUBTOTAL (m3)	VOLUMEN TOTAL (m3)
7 PUNTO RCD	RCD-TRU-0003	200 m3 y mas	rojo	200	7337	
	RCD-TRU-0007			2906		
	RCD-TRU-0016			296		
	RCD-TRU-0028			1280		
	RCD-TRU-0029			680		
	RCD-TRU-0031			850		
	RCD-TRU-0035			1125		
4 PUNTO RCD	RCD-TRU-0005	50m3 hasta <200m3	naranja	83	418	
	RCD-TRU-0017			188		
	RCD-TRU-0033			67		
	RCD-TRU-0037			80		
17 PUNTOS RCD	RCD-TRU-0004	10m3 hasta <50m3	azul	45	484	8284
	RCD-TRU-0008			30		
	RCD-TRU-0009			13		
	RCD-TRU-0015			16		
	RCD-TRU-0018			32		
	RCD-TRU-0019			41		
	RCD-TRU-0020			15		
	RCD-TRU-0021			15		
	RCD-TRU-0022			38		
	RCD-TRU-0023			32		
	RCD-TRU-0024			13		
	RCD-TRU-0025			45		
	RCD-TRU-0026			15		
	RCD-TRU-0030			32		
	RCD-TRU-0032			45		
	RCD-TRU-0034			37		
	RCD-TRU-0036			20		
9 PUNTOS RCD	RCD-TRU-0001	3m3 hasta <10m3	verde	8	45	
	RCD-TRU-0002			3		
	RCD-TRU-0006			4		
	RCD-TRU-0010			8		
	RCD-TRU-0011			3		
	RCD-TRU-0012			3		
	RCD-TRU-0013			5		
	RCD-TRU-0014			3		
	RCD-TRU-0027			8		

Fuente: Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición Depositados en Espacios Públicos y de Obras Menores del Distrito de Trujillo.

Tabla 7**Volúmenes y ubicación de RCD en espacios públicos de Trujillo**

Código de Registro	Volumen (m³)	Dirección (Calle/Avenida/Jirón):
RCD-TRU-0001	8	Av. Metropolitana Referencia: A 03 cuadras de Av. Mansiche
RCD-TRU-0002	3	Calle 10 Av. Metropolitana Referencia: Frente a un Parque-Entre cuadra Aluminio y Uranio
RCD-TRU-0003	200	Entre calles 28 a Referencia: Altura de la Corte- a 1 cuadra Av. América Oeste
RCD-TRU-0004	45	Plutón y Av. Metropolitana Referencia: A una cuadra de Panamericana norte
RCD-TRU-0005	83	Ca. Mache Urb. Sur Referencia: Entre calles Chuquizongo y Parcoy
RCD-TRU-0006	4	Jr. Chiclayo Cdra Referencia: Entre Moquegua e Iquitos
RCD-TRU-0007	2906	Prolongación Av. Referencia: pasando 02 cdras de Av. América Oeste,
RCD-TRU-0008	30	Av. Nicolás de Piérola Referencia: Frente a MAKRO, última cuadra
RCD-TRU-0009	13	Av. Nicolás de Piérola Referencia: Cuadra 09 Panamericana Norte
RCD-TRU-0010	8	Av. Eguren y América Referencia: Maestro-esquina Av. América Sur y Eguren
RCD-TRU-0011	3	Jr. Madre de Dios Referencia: Entre calles Ica y Apurímac
RCD-TRU-0012	3	Calle Pedro Muñoz Referencia: A una cuadra de Av. Roma
RCD-TRU-0013	5	Av. Jesús de Nazareth Referencia: Una cuadra antes de América Oeste
RCD-TRU-0014	3	Av. Juan Pablo II Referencia: Pasando el Ovalo Papal
RCD-TRU-0015	16	Intersección de Av. Referencia: Cerca al Colegio Gustavo Ríes - La Noria
RCD-TRU-0016	296	Carretera Industrial Referencia: a 04 cuadras de ovalo La Marina
RCD-TRU-0017	188	Av. Republicana (ex Av. Referencia: a 03 cuadras de Av. Mansiche
RCD-TRU-0018	32	Canal Mochica - Canal Referencia: Esquina con Av. Prolong. Unión
RCD-TRU-0019	41	Prolong. César Vallejo Referencia: Una cuadra antes Av. Pumacahua
RCD-TRU-0020	15	Mz 33 - 1335 , Calle Referencia: al costado del Colegio Redentor - Pesqueda
RCD-TRU-0021	15	Av. Camino Real Referencia: Frente a Iglesia Mormón - La Rinconada
RCD-TRU-0022	38	Prolong. Av. Federico Referencia: 02 cuadras antes de av. Túpac Amaru
RCD-TRU-0023	32	Av. Villarreal Mz. Referencia: Esquina con Jr. Las Fábricas
RCD-TRU-0024	13	Av. Pesqueda, Av. Referencia: Altura Av. Camino Real
RCD-TRU-0025	45	Av. Ricardo Palma Referencia: Intersección con Honorio Delgado
RCD-TRU-0026	15	Psje. Santa Luisa Referencia: Ingresando por la Túpac Amaru, a media cuadra
RCD-TRU-0027	8	Esquina Psje. Santa Referencia: Costado de DESA, ingreso al mercado La Hermelinda
RCD-TRU-0028	1280	Av. La Marina cuadrada Referencia: Entre óvalos Grau y la Marina, frente a Erick El Rojo
RCD-TRU-0029	680	Prolong. González Referencia: Media cuadra antes de vía de Evitamiento
RCD-TRU-0030	32	Entre Cdra. 10 y 11 Referencia: Finalizando cdra. 10 de Av. Villarreal
RCD-TRU-0031	850	Av. Villarreal, a una Referencia: A una cuadra de mercado La Hermelinda
RCD-TRU-0032	45	Calle San José y Ica Referencia: A media cuadra de Panamericana, altura óvalo Mochica
RCD-TRU-0033	67	Cruce entre San José Referencia: Altura Pablo Casals, 2 cuadras antes ovalo Mochica
RCD-TRU-0034	37	1a cuadra Las Pallas Referencia: Altura Pablo Casals, 2 cuadras antes ovalo Mochica
RCD-TRU-0035	1125	Prolong. Jesús de Nazareth Referencia: Cruzando Av. Jesús de Nazareth y América Oeste
RCD-TRU-0036	20	Calle 24 y Av. América Referencia: A una cuadra costado Corte Superior
RCD-TRU-0037	80	Entre calles 32 y 33 Referencia: A una cdra. Corte Superior de Justicia-

Fuente: Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición Depositados en Espacios Públicos y de Obras Menores del Distrito de Trujillo.

3.5.2.3. Botaderos de los distritos de Trujillo, Víctor Larco y Huanchaco.

En la ciudad de Trujillo solo hay un solo centro de disposición final autorizada para los desechos sólidos mediante la autorización O.M. N° 010-2007-MPT siendo el Botadero de El Milagro. Se ubica en el Distrito Huanchaco, Centro Poblado Menor El Milagro a 13 km. del Centro Histórico y que de acuerdo al Segat diariamente recibe 1,200 toneladas de desmonte y basura de nueve distritos de Trujillo declarados en emergencia por mal manejo y disposición de residuos teniendo solo 50 hectáreas.

Imagen 2

Ubicación del Botadero de El Milagro del Distrito de Huanchaco



Fuente: Google Maps - 15 de Abril. (<https://www.google.com/maps/place/El+Milagro/@-8.0259451,-79.0478578,17z/data=!4m5!3m4!1s0x91ad3fb3f7467611:0x8f938684af2bd53b!8m2!3d-8.0259451!4d-79.0478578>)

Imagen 3

Botadero de El Milagro del Distrito de Huanchaco



Fuente: Toma de la imagen 05 de abril del 2021

Imagen 4

Residuos mezclados del botadero El Milagro del Distrito de Huanchaco



Fuente: Toma de la imagen 05 de abril del 2021

Imagen 5

Selección de los RCD del botadero El Milagro del Distrito de Huanchaco



Fuente: Toma de la imagen 05 de abril del 2021

Imagen 6

Toma de medidas de RCD del botadero El Milagro del Distrito de Huanchaco



Fuente: Toma de la imagen 05 de abril del 2021

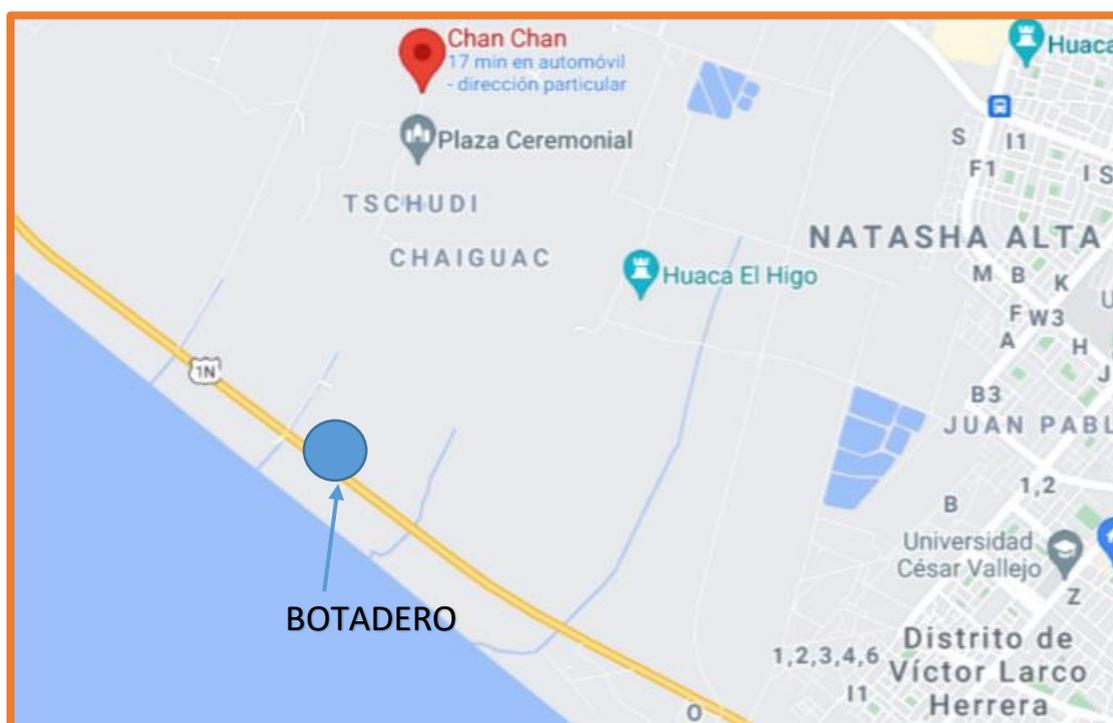
Pero hay otros dos botaderos de las cuales no cuentan con ningún permiso como botadero como son:

Botadero de Buenos Aires

El botadero de Buenos Aires, está ubicado en la Panamericana Norte km.13 en el Distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad.

Imagen 7

Ubicación del Botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco.



Fuente: Google Maps, 15 de abril del 2021 - <https://www.google.com/maps/place/El+Milagro/@-8.1194339,-79.0903333,15z/data=!4m5!3m4!1s0x91ad3fb3f7467611:0x8f938684af2bd53b!8m2!3d-8.0259451!4d-79.0478578>

Imagen 8

Botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco.



Fuente: Toma de la imagen 06 de abril del 2021

Imagen 9

Residuos mezclados del botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco.



Fuente: Toma de la imagen 06 de abril del 2021

Imagen 10

Selección de los RCD en el botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco.



Fuente: Toma de la imagen 06 de abril del 2021

Imagen 11

Toma de medidas de los RCD del botadero de Buenos Aires del Distrito de Víctor Larco.



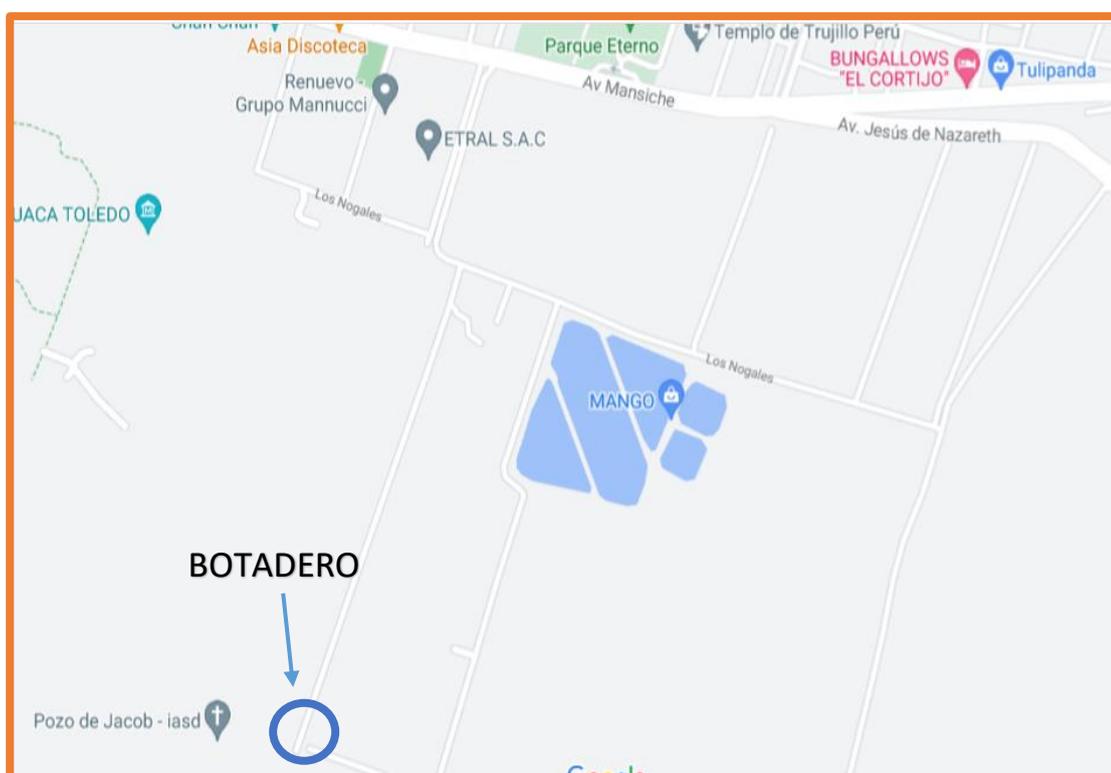
Fuente: Toma de la imagen 06 de abril del 2021

Botadero del Distrito del Huanchaco

El botadero de Huanchaco, está ubicado al frente de la Huaca El Higo a 1,247.90 metros del cementerio Parque Eterno en el Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad.

Imagen 12

Ubicación del Botadero del Distrito de Huanchaco.



Fuente: Google Maps, 15 de abril del 2021 <https://www.google.com/maps/place/El+Milagro/@-8.1070493,-79.0728238,15z/data=!4m5!3m4!1s0x91ad3fb3f7467611:0x8f938684af2bd53b!8m2!3d-8.0259451!4d-79.0478578>

Imagen 13

Botadero del Distrito de Huanchaco.



Fuente: Toma de la imagen 07 de abril del 2021

Imagen 14

Residuos mezclados del botadero de Huanchaco



Fuente: Toma de la imagen 07 de abril del 2021

Imagen 15

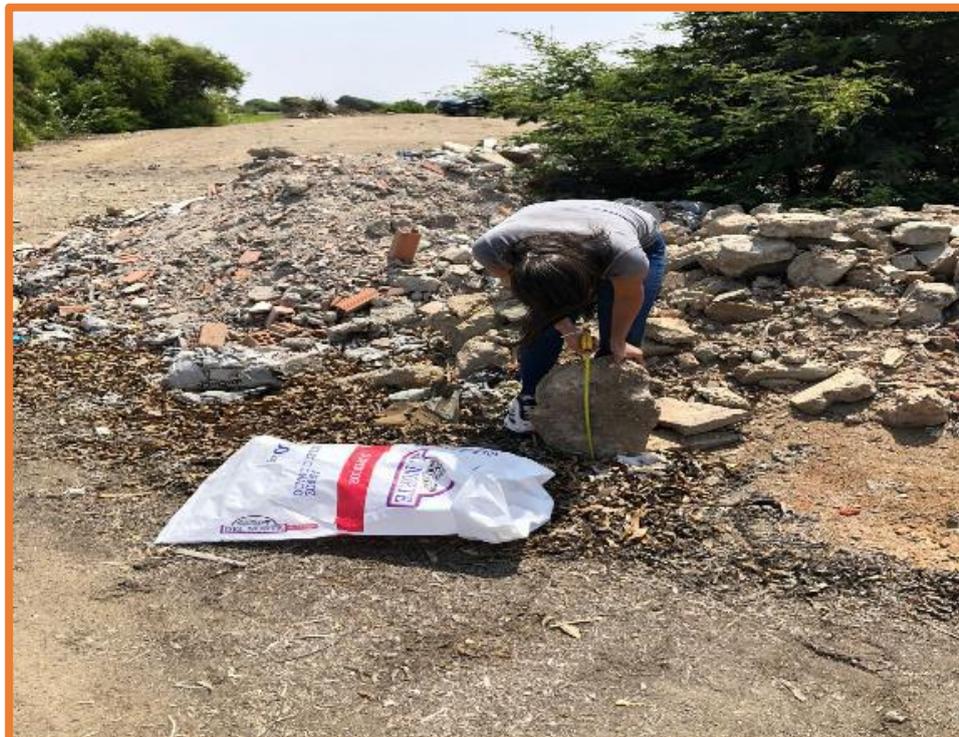
Selección de los RCD del botadero del Distrito de Huanchaco.



Fuente: Toma de la imagen 07 de abril del 2021

Imagen 16

Toma de medidas de los RCD del botadero del Distrito de Huanchaco.



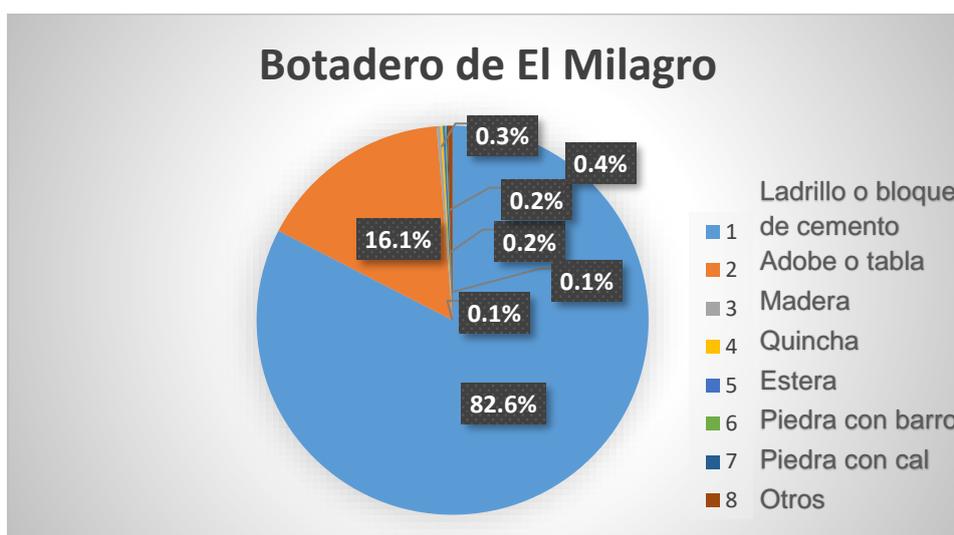
Fuente: Toma de la imagen 07 de abril del 2021

3.5.2.4. Caracterización física de los RCD

De acuerdo a la tabla 4 se graficó los resultados que se representan en las siguientes imágenes.

Imagen 17

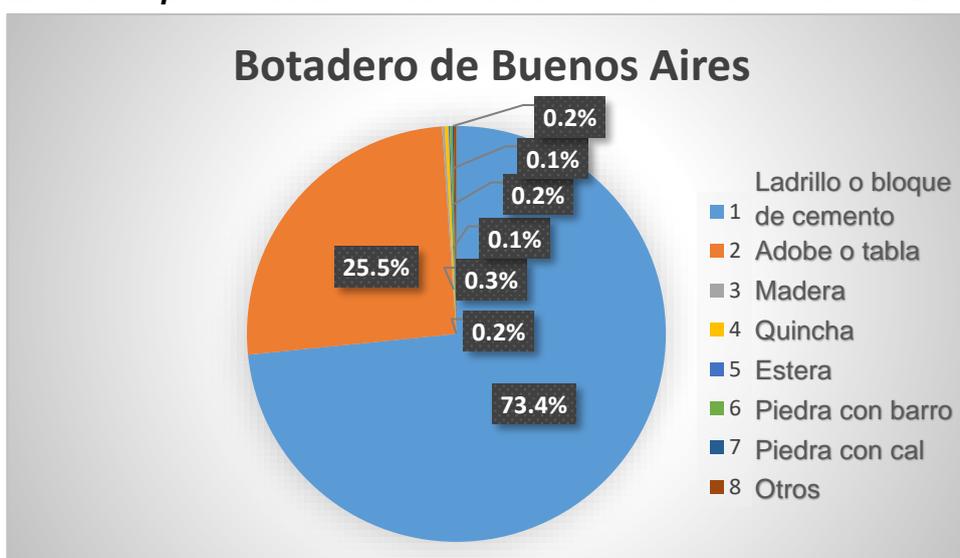
Materiales predominantes en las viviendas del distrito de Trujillo



Fuente: Plan de gestión de residuos de construcción y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores del distrito de Trujillo

Imagen 18

Materiales predominantes en las viviendas del distrito de Víctor Larco



Fuente: Plan de gestión de residuos de construcción y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores del distrito de Trujillo

Los minerales conforman la tierra, hormigón, grava, rocas, ladrillos, cerámicos, etc. La madera tratada conforma cantidades variables de residuos de madera, metal, yesos, plásticos, etc.

Los residuos no peligrosos conforman los residuos que no tiene ningún tipo de peligrosidad y se pueden clasificar en residuos inertes o residuos pétreos y en residuos no inertes o no pétreos.

Los residuos peligrosos conforman sustancias peligrosas o tóxicas para el ser humano o contaminantes para el medio ambiente, por ejemplo, pilas, baterías, tubos fluorescentes, luminarias con mercurio y gas, electrodos de berilio para soldadura, envases vacíos contaminados de sustancias peligrosas como pintura o barnices, aerosoles, telas asfálticas, bajantes, elementos con amianto, etc.

3.5.3. Análisis de laboratorio de las muestras tomadas

Se realizó la toma de muestras en los botaderos en los tres distritos seleccionando materiales en un total de muestreo de 5 puntos en total de cada botadero. Los resultados, se muestran en la tabla 8.

Tabla 8

Tipos de material seleccionado para las muestras

MUESTRAS	TIPO DE MATERIAL SELECCIONADO									
	CONCRETO kg	LADRILLO kg	CERAMICA kg	AGREGADO kg	FIERRO kg	DRYWALL kg	TEJA kg	VIDRIO kg	PVC kg	TOTAL kg
#1 El Milagro	M1: 4.28	1.72	0.413	24.83	0.07					31.31
	M2: 4.40	1.85	0.452	24.94	0.09					31.73
	M3: 4.46	1.93	0.478	25.11	0.11					32.09
	M4: 4.51	2.04	0.485	25.26	0.14					32.43
	M5: 4.65	2.13	0.563	25.43	0.16					32.93
#2 Buenos Aires	M1: 5.987	4.92	0.29	15.85		0.80	0.16			28.01
	M2: 6.018	5.02	0.39	16.21		0.98	0.22			28.84
	M3: 6.092	5.11	0.46	16.84		1.02	0.26			29.79
	M4: 6.158	5.20	0.53	17.36		1.11	0.31			30.67
	M5: 6.207	5.31	0.63	17.95		1.19	0.35			31.64
#3 Huanchaco	M1: 4.96	1.15	0.83	27.68				0.97	0.09	35.68
	M2: 5.28	2.08	1.15	28.82				1.15	0.15	38.63
	M3: 5.39	2.64	1.73	29.32				1.36	0.22	40.66
	M4: 5.51	3.25	2.16	29.89				1.54	0.29	42.64
	M5: 5.81	4.08	2.78	30.89				1.78	0.35	45.69

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 19

Toma del peso de muestra #1 del botadero El Milagro



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

Imagen 20

Toma del peso de muestra #1 del botadero El Milagro



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

Imagen 21

Toma del peso de muestra #2 del botadero de Buenos Aires, Distrito de Víctor Larco Herrera



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

Imagen 22

Toma del peso de muestra #2 del botadero de Buenos Aires, Distrito de Víctor Larco Herrera



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

Se seleccionó también dentro del material de RCD predominante, el bloque de mayor volumen, para luego tomar sus características:

Imagen 23

Toma del peso de muestra #3 del botadero de Huanchaco



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

Imagen 24

Toma del peso de muestra #3 del botadero de Huanchaco



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

Tabla 9**Tamaños de las muestras representativas**

BOTADERO	MUESTRA REPRESENTATIVA DE CONCRETO (kg)	DIAMETRO (cm)	FORMA
EL MILAGRO	M1: 13.89	22.3	Irregular
	M2: 14.56	26.12	Irregular
	M3: 15.02	29.85	Irregular
	M4: 15.79	31.9	Irregular
	M5: 16.32	32.5	Irregular
	M6: 18.23	33.6	Irregular
	M7: 19.76	34.1	Irregular
	M8: 20.05	34.58	Irregular
	M9: 20.99	32.1	Irregular
	M10: 22.38	35.8	Irregular
	M11: 23.54	34.15	Irregular
BUENOS AIRES	M1: 15.39	32.3	Irregular
	M2: 16.48	35.1	Irregular
	M3: 18.69	33.25	Irregular
	M4: 20.52	31.56	Irregular
	M5: 21.54	34.6	Irregular
	M6: 22.63	36.2	Irregular
	M7: 23.75	36.8	Irregular
	M8: 25.73	37.5	Irregular
	M9: 26.85	35.62	Irregular
	M10: 28.05	28.4	Irregular
	M11: 29.37	33.74	Irregular
HUANCHACO	M1: 13.91	25.14	Irregular
	M2: 15.78	27.2	Irregular
	M3: 16.02	29.85	Irregular
	M4: 17.98	28.59	Irregular
	M5: 19.48	33.6	Irregular
	M6: 20.54	35.4	Irregular
	M7: 21.56	36.9	Irregular
	M8: 23.15	35.6	Irregular
	M9: 24.65	24.56	Irregular
	M10: 26.14	33.5	Irregular
	M11: 27.15	35.8	Irregular

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3.1. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

A) *Objetivo:*

- Determinar la distribución de los tamaños de los desechos de RCD.

B) *Finalidad y alcance:*

- Determinar los porcentajes de materiales que pasan por los diferentes tamices para el ensayo.
- Determinar obligaciones e interpretación del uso para cumplir las cláusulas de salubridad y seguridad.

C) *Referencias Normativas:*

ASTM D2487: Standard Test Method for Particle – size Analysis of Solis

D) *Equipo y Materiales:*

Equipos

- * Dos balanzas
- * Una estufa con temperatura uniforme y constante hasta $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

Materiales

- * Tamices de malla con las siguientes dimensiones:

Tabla 10

Tamaños de tamices

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

- * Envases para el manejo y secado de las muestras tomadas.
- * Brocha y cepillo.

E) Procedimientos:

Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 4,760mm (N° 4)

- a) Se separó la proporción de las muestras retenidas en el tamiz de 4,760 mm en una serie de fracciones utilizando los tamices de los tamaños indicados en la tabla 10.
- b) En la operación de tamizado manual se movieron los tamices de un lado a otro recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantuviera en movimiento sobre la malla. Se comprobó el desmontaje de los tamices cuando la operación termine, cuando no pasaba el 1% de la parte retenida al tamizar por un tiempo de 1 minuto, operando individualmente cada tamiz. Las partículas apresadas en la malla se retiraron con un cepillo y se agruparon como retenido de tamiz.
- c) Cuando se utilizó una tamizadora mecánica, se utilizó por 10 minutos, verificándolo en el método manual.

Análisis granulométrico de la fracción fina

- a) El análisis granulométrico de la fracción que paso el tamiz de 4,760 mm, se hizo por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.
- b) Los materiales arenosos que contuvieron muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegraron con facilidad, se pusieron tamizaron el seco.

- c) Los materiales limo-arcilla, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesaron por la vía húmeda,
- d) La curva granulométrica completa con la fracción del tamaño menor, se determinó por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios.
- e) La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), se analizó por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N°200).
- f) Se separaron mediante el cuarteo, 115 g. para suelos arenosos y 65 g. para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.
- g) Para la humedad higroscópica, se pesaron una porción de 10 a 15 g. de los cuarteos anteriores y se secó en el horno a temperatura de $100 \pm 5^\circ \text{C}$, se pesaron otra vez y se anotaron los pesos.
- h) Se colocó la muestra en un recipiente, cubriéndola con agua y se dejó en remojo hasta que todos los terrones se ablandaran.
- i) Luego se lavó la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm N° 200, con mucha agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se perdiera ninguna partícula de las retenidas en él.
- j) Se recogieron lo retenido en un recipiente, se secó en el horno a una temperatura de $100 \pm 5^\circ \text{C}$ y se pesó.
- k) Se tamizo en seco siguiendo el procedimiento indicado en los puntos b y c.

Imagen 25

Procedimiento para Análisis granulométrico de suelos por tamizado, zarandeo.



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

Imagen 26

Procedimiento para Análisis granulométrico de suelos por tamizado, peso de muestra retenida por tamiz.



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

3.5.3.2. Determinación del contenido de humedad de un suelo

A) *Objetivo:*

Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

B) *Finalidad y alcance:*

La humedad o contenido de humedad es la relación expresada en porcentaje, entre el peso del agua en una masa, al peso de partículas sólidas.

Con este método se pudo determinar el peso de agua que se eliminó, secando la muestra húmeda hasta un peso constante en horno con temperatura controlada $100 \pm 5^\circ \text{C}$, el peso perdido por el secado en la muestra se considera como peso de agua.

C) *Referencias normativas:*

ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

D) *Equipos y materiales:*

Equipos

- * Horno de secado termostáticamente para controlar controlada temperatura de $100 \pm 5^\circ \text{C}$.
- * Balanzas

Materiales

- * Recipientes apropiados para resistir la corrosión y al cambio de peso cuando se somete la muestra se enfría, se calienta, exposición de pH y de limpieza. Los recipientes y las tapas fueron herméticos para evitar la humedad en la muestra.
- * Desecador del tamaño apropiado que tenga sílica gel o fosfato de calcio hídrico. Es preferible usarlo cuando sufrió cambio de color indicando la necesidad de su restitución.

- * Utensilios para manejar los recipientes como guantes, tenazas, cuchillos, espátulas, cucharas, lonas para cuarteo para dividir las muestras, etc.

E) Muestra:

Las muestras fueron preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), grupos de suelos B, C o D. las muestras que se almacenaron antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30° C y en una rea que prevenga el contacto directo con la luz solas. La muestra alterada se almaceno en recipiente de tal manera que se prevenga la condensación de humedad en el interior del contenedor. La determinación del contenido de humedad se realizó tan pronto después del muestreo, especialmente si se utilizaron contenedores corrosibles: (como tubos de acero con paredes delgadas, latas de pintura, etc.) o bolsas plásticas.

F) Procedimiento:

Espécimen del ensayo

- a) Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunto en algún otro método ASTM, se empleó la cantidad específica en este método.
- b) La cantidad mínima de espécimen de material seleccionado será de acuerdo a la siguiente:

Tabla 11

Tamaños de tamices

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1 %	a ± 1 %
2 mm o menos	2,00 mm (N°10)	20 g	20 g*
4,75 mm	4,760 mm (N°4)	100 g	20 g*
9,5 m	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm(3/4")	2.5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm(3")	50 kg	5 kg

Nota.- * se usara no menos de 20 g para que sea representativa.

- c) El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en el paso "c" requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los pronósticos del ensayo. Para el reporte de los resultados debe anotarse alguna especie usada que cumpla con los requisitos.
- d) Cuando se trabajó con una muestra (menos de 200g) pequeña, que tenga partículas de grava relativamente grande, no era muy apropiado estar en la muestra de ensayo, pero en el reporte de los resultados se menciona del material que se descartó.
- e) Para las muestras que contenga roca intacta, el espécimen mínimo tuvo un peso de 500 g., las proporciones de las muestras se partieron en partículas más chicas, y dependió del tamaño de la muestra, la balanza y el contenedor y para facilitar su secado de peso constante.

Selección del espécimen de ensayo

- f) Cuando el espécimen del ensayo fue una porción de mayor cantidad de materia, el espécimen seleccionado fue representativo de la condición de

humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccionó el espécimen de ensayo dependió del propósito y la aplicación del ensayo, el tipo de la muestra para el ensayo, la condición de la humedad y el tipo de la muestra (de otro ensayo, en bloque, en bolsa y los demás).

- g) Se determinó y se registró la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa cuando fue necesario)
- h) Se seleccionó especímenes de ensayo representativo de acuerdo al punto "f" del ensayo.
- i) Se colocó el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y se colocó el peso del contenedor y el material húmedo por medio de una balanza.
- j) Se colocó el material húmedo en el horno y se secó el material hasta alcanzar una masa constante. Se mantuvo el secado en el horno $100 \pm 5^\circ \text{C}$ o con otra temperatura que se necesitó. El tiempo que se necesitó para mantener el peso constante varió dependiendo del tipo de material, el tamaño de espécimen, el tipo del horno y la capacidad. La influencia de los factores fue establecida por un buen juicio y los aparatos que fueron empleados.
- k) Luego que el material se ha secado a un peso constante, se removió el contenedor del horno (colocando la tapa). Se permitió el enfriamiento del material y contenedor a temperatura de ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado con las manos y el balance no afectara por las corrientes de convección y/o fuera calentado. Se determinó el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza, registrando el valor.

3.5.3.3. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

A) *Objetivo:*

Este método de ensayo se propone servir como una prueba de correlación rápida de campo. El propósito de este método es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N° 4 (4,75 mm). El término “equivalente de arena”, expresa el concepto de que la mayor parte de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseable.

B) *Finalidad y alcance:*

Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, fineza y carácter del material arcilloso presente en el espécimen de ensayo.

Se puede especificar un valor mínimo del equivalente de arena para limitar la cantidad permisible de finos arcillosos en los agregados.

Este método de ensayo provee un método rápido de campo para determinar cambios en la calidad de los agregados durante la producción o colocación.

C) *Referencias normativas:*

NTP 339.146:2000: Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

D) *Equipos, materiales e insumos:*

Equipos

- * Un cilindro graduado, transparente de plástico acrílico, tapón de jebe, tubo irrigador, dispositivo de pesado de pie y ensamblaje de sifón, confortantes de las especificaciones respectivas y las dimensiones.

- * Horno, con suficiente tamaño y con temperatura de $100 \pm 5^\circ \text{C}$.
- * Agitador mecánico para arena, diseñado para sostener el cilindro de plástico graduado requerido, en una posición horizontal mientras está sujeto a un movimiento recíproco a su longitud paralelamente con trayectoria de $203,2 \pm 1,0$ mm y operando a 175 ± 2 rpm.
- * Agitador manual equivalente para arena.

Materiales

- * Lata de medición aproximadamente 57 mm ($2 \frac{1}{4}$ pulg) de diámetro, con una capacidad de 85 ± 5 ml
- * Tamiz N° 4 conforme con los requerimientos de la especificación ASTM E 11.
- * Embudo de boca ancha para transferir los especímenes de ensayo dentro del cilindro graduado
- * Dos botellas de 3.8 l (1 gal) para almacenar el stock de la solución
- * Platillo plano
- * Reloj
- * Papel filtro

Insumos

- * Cloruro cálcico anhidro 454 g.
- * Glicerina USP, 2050 g
- * Formaldehído 47 g.
- * Disolver los 454 g de cloruro en 1.9 L de agua destilada. Enfriado a temperatura ambiente y filtrada a través de un papel filtro. Se añade 2050 g. de glicerina y 47 g de formaldehído a la solución filtrada, se mezcla y se diluye a 3.8 L.
- * Solución de trabajo de cloruro cálcico

E) Muestra:

Muestrear el material a ser ensayado en concordancia con ASTM D 75

Mezclar completamente la muestra y reducirla si es necesario, usando los procedimientos aplicables en NTP 339.089.

Obtener como mínimo 1500 g de material pasante el tamiz N° 4.

Se preparó especímenes de ensayo del material pasante a la proporción del tamiz N° 4 (4.75mm) de la muestra por cualquiera de los procedimientos descritos en los procedimientos de este ensayo.

F) Procedimiento:

- a) Verter el material para evitar la segregación o pérdida de finos durante las operaciones de cuarteo. Se tuvo cuidado al añadir humedad a la muestra para mantener una condición libre de flujo.
- b) Usando el recipiente de medida, se tomó cuatro de estas medidas de la muestra. Cada vez que una medida llena del material es recogida de la muestra, se golpeó el extremo inferior de la medida sobre una mesa de madera u otra superficie dura por lo menos cuatro veces y se sacudió ligeramente para producir una medida de material consolidada a nivel.
- c) Se determinó y se registró la cantidad de material contenido en esas cuatro medidas por peso o volumen en un cilindro de plástico.
- d) Retomar el material a la muestra y cuartear la muestra usando el procedimiento en NTP 339.089 haciendo los ajustes requeridos para obtener el peso predeterminado.

e) Se sacó el espécimen de ensayo a peso constante a $110 \pm 5^\circ \text{C}$. y se enfrió a temperatura del cuarte antes del ensayo.

Imagen 27

Aparato de ensayo de equivalente de arena.

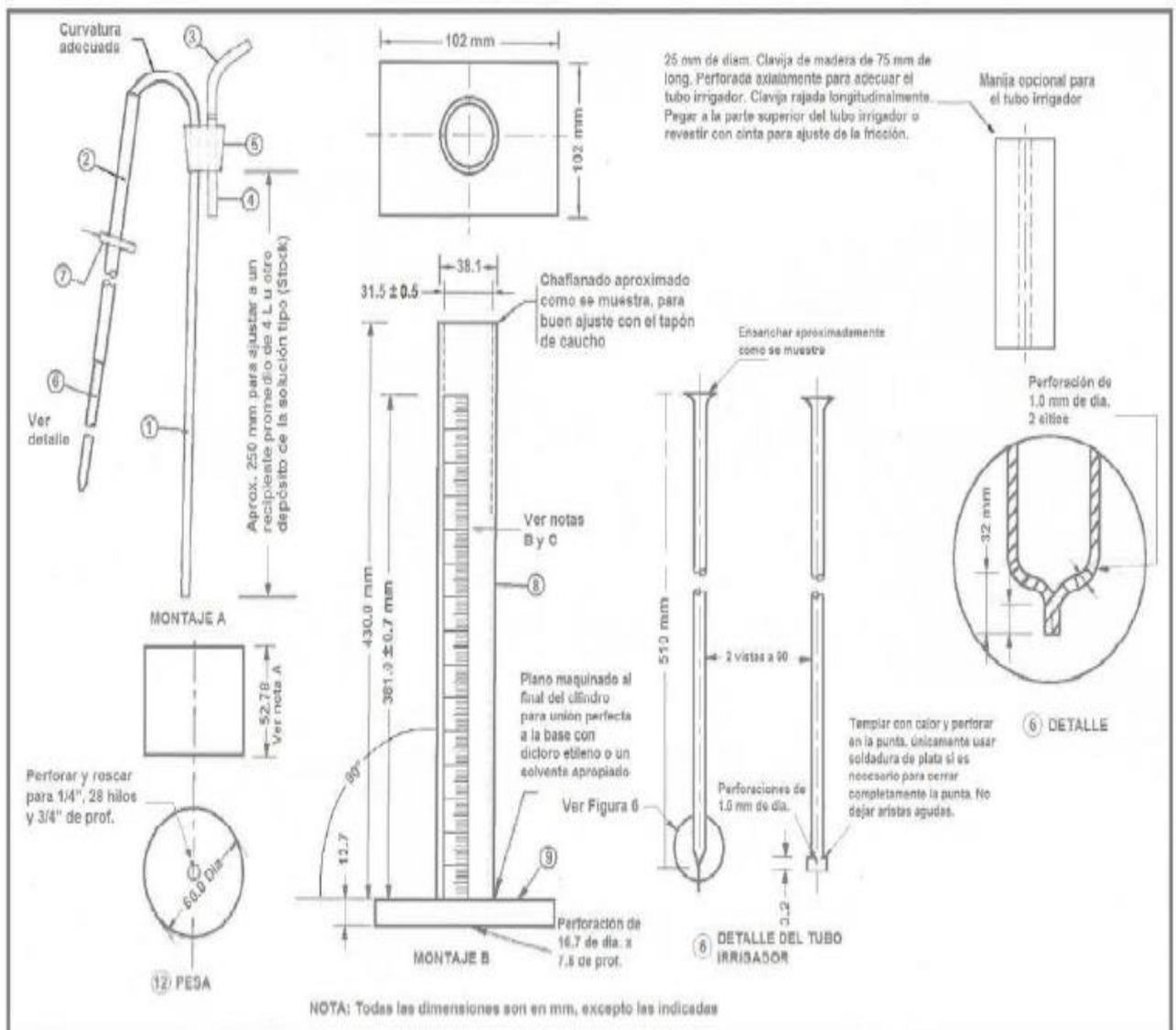


Imagen 28

Ensayo de equivalente de arena



Fuente: Toma de la imagen en el laboratorio suelos

3.5.4. Para los resultados del laboratorio

El procesamiento de datos se efectuará por medio de análisis estadístico básico para evaluar la influencia de la variable en estudio con el programa Microsoft Excel en el cual se encuentran formatos con información necesaria para cada propiedad física-mecánica.

El estimador estadístico a utilizar será:

Promedio: Denominada también la media aritmética; es la suma de todas las observaciones (resultados) dividido entre el número total de datos, como lo indica la formula siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n X_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} : Promedio

Σ : Sumatoria

X_i : Observación de la muestra

n : Tamaño de la muestra

El análisis de los resultados se presentará a través de tablas y gráficos de líneas mediante el programa Microsoft Excel.

CAPÍTULO IV

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

4.1. PORCENTAJES DE MATERIALES DE RCD

Luego de analizar los RCD obtenidos en los puntos escogidos para el análisis, se puede observar en la Tabla 12 con el resumen promedio de los tipos de materiales encontrados y seleccionados en las cinco (5) muestras recolectadas de los tres botaderos que se escogieron como referencia de la tabla 8.

Tabla 12

Resumen promedio de tipos de material seleccionado en muestras

MUESTRAS	TIPO DE MATERIAL SELECCIONADO									
	CONCRETO	LADRILLO	CERAMICA	AGREGADO	FIERRO	DRYWALL	TEJA	VIDRIO	PVC	TOTAL
#1 El Milagro	4.46 kg	1.93 kg	0.478 kg	25.11 kg	0.11 kg					32.09 kg
	13.90 %	6.01 %	1.49 %	78.25 %	0.35 %					100 %
#2 Buenos Aires	6.092 kg.	5.11 kg.	0.46 kg.	16.84 kg		1.02 kg	0.27 kg			29.79 kg.
	20.45 %	17.15 %	1.54 %	56.53 %		3.42 %	0.91 %			100 %
#3 Huanchaco	5.39 kg.	2.64 kg.	1.73 kg.	29.32 kg.				1.36 kg.	0.22kg.	40.66 kg.
	13.26 %	6.50 %	4.25 %	72.11 %				3.34 %	0.54 %	100 %

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

Resumen promedio de los tamaños de las muestras representativas

MUESTRAS	MUESTRA REPRESENTATIVA		
	PESO	DIAMETRO	FORMA
El Milagro	18.23 kg	31.55 cm	Irregular
Buenos Aires	22.64 kg	34.10 cm	Irregular
Huanchaco	20.58 kg.	31.47 cm	Irregular

Fuente: Elaboración Propia

De la caracterización de las muestras Tabla 12, se obtuvo como promedio de resultados de los tipos de materiales seleccionados que el mayor porcentaje de RCD encontrados en los tres botaderos de donde se obtuvieron en las muestras de los agregados con un 72.11%, representados en arenas, piedras y concreto resultante seguramente de obras concluidas y/o que parte de demolición de muchas de ellas y que podría usarse, luego nuevamente como parte conformante del concreto. En segundo lugar, se encuentra residuos de concreto endurecido y fragmentado con un 13.90%, resultante de la demolición en construcciones formales e informales de viviendas, comercios, etc. En este orden, le sigue el ladrillo fragmentado con un 6.50%. Mientras que el material encontrado en menor porcentaje es fierro con un 0.35%, esto se explicaría que este material al ser constantemente reciclado para ser comercializado no se encuentra en botaderos.

En cuanto al tamaño, peso y forma; del resumen promedio de la Tabla 13, se pudo obtener como peso promedio 20.58kg y 31.55cm; todas las muestras son de forma irregular.

4.2. RESULTADOS DE LABORATORIO

Las muestras se enviaron a laboratorio, y luego de ser debidamente tabulados, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados.

- Análisis granulométrico de los suelos. ASTM D-2487.
- Relación de humedad – Masa unitaria Seca (Ensayo modificado de compactación). ASTM D-1557.
- Equivalente de arena de suelos y agregados finos. ASTM D-2419.

4.2.1. Análisis granulométrico (ASTM D-2487)

Tabla 14

Análisis granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3 in	75.00	-	-	-	100.00
2 1/2 in	63.00	-	-	-	100.00
2 in	50.00	-	-	-	100.00
1 1/2 in	37.50	504.00	8.10	8.10	91.90
1 in	25.00	576.00	9.20	17.30	82.70
3/4 in	19.00	364.00	5.80	23.10	76.90
1/2 in	12.50	404.00	6.50	29.60	70.40
3/8 in	9.50	156.00	2.50	32.07	67.90
N° 4	4.75	784.00	12.55	44.62	55.40
N° 8	2.36	256.00	4.10	48.72	51.30
N° 10	2.00	64.00	1.02	49.74	50.30
N° 16	1.18	336.00	5.38	55.12	44.90
N° 30	0.60	264.00	4.23	59.35	40.70
N° 40	0.425	324.00	5.19	64.53	35.50
N° 50	0.30	368.00	5.89	70.42	29.60
N° 100	0.15	1664.00	26.63	97.06	2.90
N° 200	0.08	56.00	0.90	97.95	2.00
< N° 200	-	128.00	2.05	100.00	-

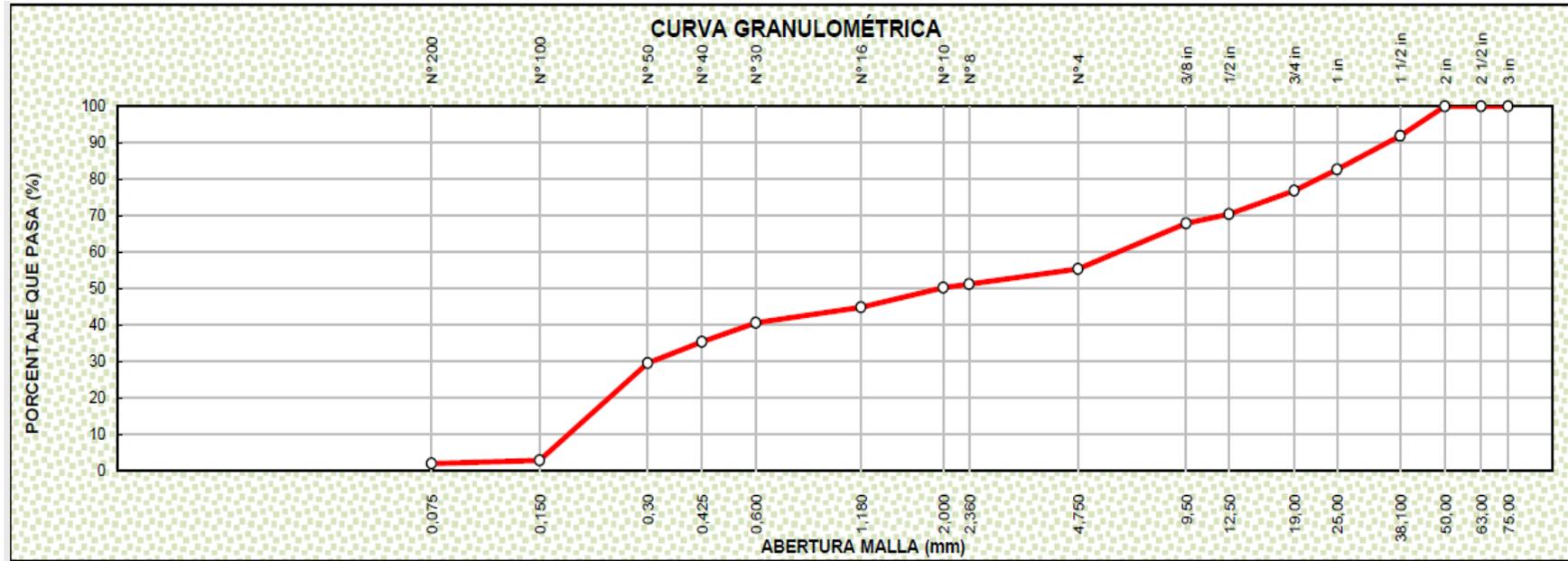
MASA INICIAL SECA (g)	6248
MASA LAVADA SECA (g)	6120
PERDIDA POR LAVADO (g)	128
% GRAVA =	44.6
% ARENA =	53.3
% FINOS =	2
D ₁₀ (mm)= 0.19	
D ₃₀ (mm)= 0.31	
D ₆₀ (mm)= 8.17	
Cc = 0.06	
Cu = 43.08	
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO	N.P.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	SP
	ARENA POBREMENTE GRADUADA
AASHTO (ASTM D 3282)	A-1-a(0)

Fuente: Resultados de laboratorio (ver anexo 3).

Imagen 29

Curva Granulométrica



Fuente: Resultados de laboratorio (ver anexo 3).

En cuanto a los ensayos para la determinación del límite líquido de los suelos y la determinación del límite plástico e Índice de plasticidad, estos no se pudieron realizar ya que las muestras que se ensayaron no pasaron la malla correspondiente de menor abertura y no se encontraron muestras en los botaderos de suelos mojados o húmedos como podría ser el asfalto.

4.2.2. Relación de humedad – Masa unitaria Seca (Ensayo modificado de compactación). ASTM D-1557

Tabla 15

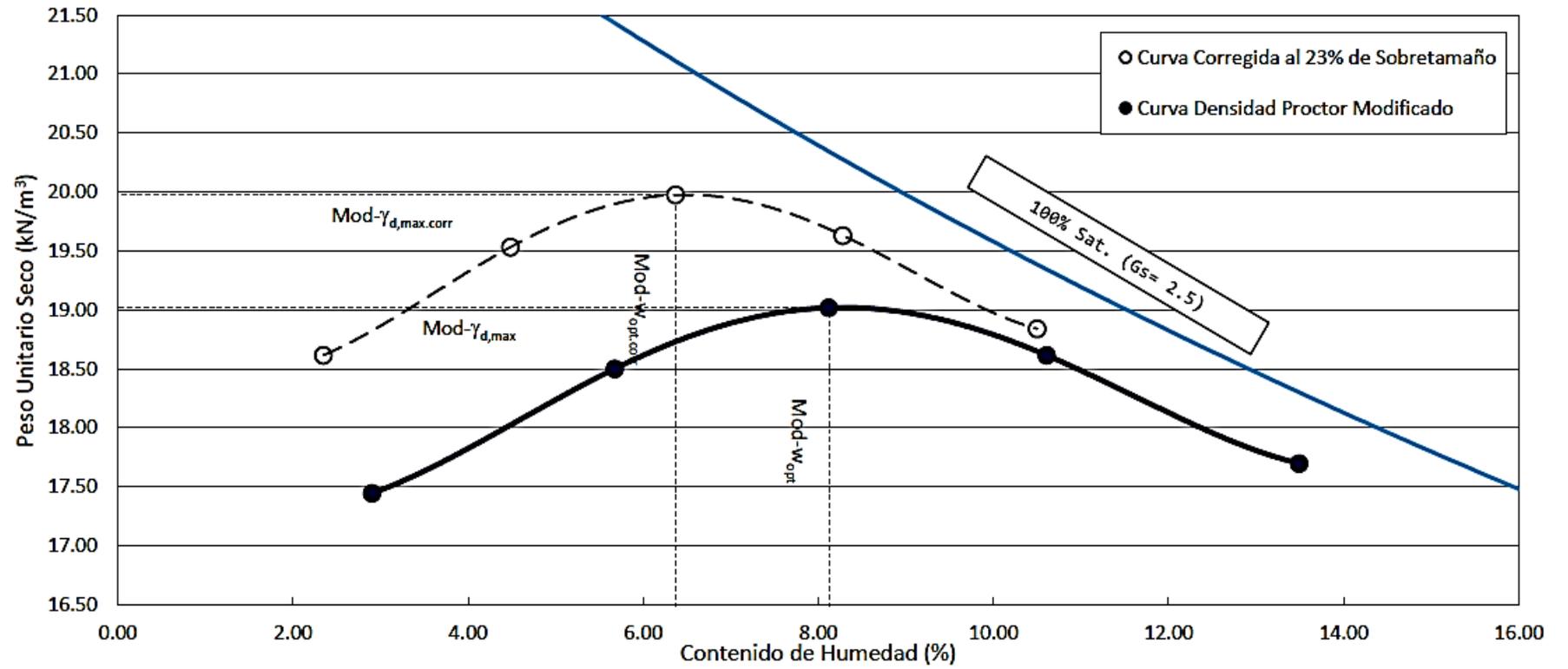
Proctor modificado

PRUEBA N°	1	2	3	4	5	Promedio
Masa de suelo + molde (g)	10469	10818	11039	11045	10935	10861.2
Masa de suelo (g)	3917	4266	4487	4493	4383	4309.2
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.83	1.993	2.097	2.1	2.048	2.014
Tara No.	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	
Masa de tara (g)	118	112	89	117.4	105.8	108.44
Masa de suelo húmedo + tara (g)	1607	1732	1620	1692	1839	1698
Masa de suelo seco + tara (g)	1565	1645	1505	1541	1633	1577.8
HUMEDAD (%)	2.9	5.7	8.1	10.6	13.5	8.16
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.779	1.886	1.939	1.898	1.805	1.8614
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	17.44	18.5	19.02	18.61	17.7	18.25

Fuente: Resultados de laboratorio (ver anexo 4).

Imagen 30

Cálculo de Ensayo



Fuente: Resultados de laboratorio (ver anexo 4).

4.2.3. Equivalente de arena de suelos y agregados finos.
ASTM D-2419.

Tabla 16

Equivalente de arena de suelos y agregados finos

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYOS	
1	TAMAÑO MAXIMO	N°4	N°4
2	MUESTRA N°	1	2
3	HORA DE ENTRADA A SATURACION	09:35	09:37
4	HORA DE SALIDA DE SATURACION	09:45	09:47
IRRIGACION			
5	HORA DE ENTRADA A REPOSO	09:47	09:49
6	HORA DE SALIDA DE REPOSO	10:07	10:09
7	ALTURA MAXIMA DE MATERIAL FINO (PULGADAS)	5.00	5.10
8	ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (PULGADAS)	3.60	3.7
9	EQUIVALENTE DE ARENA (%)	72.00	73
10	EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	73.00	

Fuente: Resultados de laboratorio.

4.3. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE RCD

Luego, de realizar los ensayos de laboratorio y analizados los resultados, se determina:

4.3.1. Parámetros funcionales

Para la elección de la máquina trituradora, se toma en cuenta el material a triturar, su tamaño y características, así como la humedad. Por los resultados obtenidos, el material de la muestra, presento una clasificación visual: Arena con Grava, color marrón claro.

Tamaño Máximo Considerado: 1 ½"

Humedad de Recepción (%): 1

Del tamaño de la muestra (Tabla 13): 31.55 cm

Grado de trituración

Si bien no existe una diferencia clara entre la trituración y la molienda, en general se habla de trituración cuando se fragmentan partículas de tamaños superiores a 1 pulgada (1") y de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1" (1" = 2.54 cm).

La trituración es también denominada desintegración y las máquinas que la producen se conocen según diversos autores como trituradoras, desintegradoras, quebrantadoras o machacadoras. Entonces, determinamos el grado de trituración, considerando obtener una trituración fina, donde el tamaño de partícula de la salida está entre 0.5 y 3 cm, por lo que consideramos 2 cm:

$$n = \frac{\text{Tamaño inicial del producto}}{\text{Tamaño final del producto}}$$

$$n = \frac{31.55 \text{ cm}}{2.00 \text{ cm}}$$

$$n = 16$$

Por lo tanto, lo que corresponde, según la Tabla 1, se propone un tipo de trituradora con rodillo de impacto, con motor simple o doble.

4.3.2. Parámetros de diseño

Para la determinación de la máquina trituradora, se debe considerar los siguientes requerimientos, necesidades y condiciones de operación a la que va a estar sometida:

- Características de la materia prima
- Capacidad de carga de la estructura
- Espacio físico requerido (largo, ancho y altura)
- Grado de molienda requerido
- Ergonomía
- Capacidad de la tolva
- Peso del Prototipo
- Inversión principal
- Costo de operación y mantenimiento

4.3.3. Tipos de trituradoras de acuerdo a las características de los RCD

En Trituradoras de rodillos, que consiste en dos cilindros (1) del mismo diámetro que giran en sentido opuesto. El material es tomado por ambos rodillos y es apretado entre ellos para efectuar la trituración. Los rodillos giran accionados por un motor y el acople entre ambos se hace a través de ruedas dentadas. Estos pueden ser lisos, estriados o dentados. Para que el material a triturar pueda ser procesado, se requiere que el tamaño de los trozos sea menor que la veinteava parte del diámetro de los cilindros pues en caso contrario el material no es tomado y pasado a través de los cilindros. Existen diversas maquinas, según los cilindros tengan sus ejes en puntos fijos (ver Imagen 31, de la izquierda), o si uno de los cilindros es móvil (ver Imagen 31, de la derecha), en cuyo caso el eje móvil está sujeto por fuertes resortes que le impiden su desplazamiento durante la operación de trituración. También hay máquinas que tienen los dos ejes móviles.

Imagen 31

Esquemas Trituradores de rodillos



1. Cilindros
2. Apoyo fijo
3. Apoyo móvil
4. Resortes

Tabla 17

Características principales (Tamaños grandes)

Trituradora	De mandíbulas		Giratorias (cónicas)		De cilindros	De martillos
Tipo	Blake	Dalton	Apoyo Superior	Apoyo inferior		
Usada más frecuentemente en trituración	Primaria	Primaria	Primaria Secundaria Terciaria	Secundaria Terciaria Cuartaria	Terciaria	Primaria Secundaria Terciaria
Capacidad de producción (ton/h)	600 a 900	600 a 900	5000 (*)	450	130	120
Potencia máxima del motor (HP)	220	250	1000 (*)	300	40	150
Tamaño de la trituradora (m)	Alto: 5 Largo: 5.4 Ancho: 3.2	Alto: 3.3 Largo: 3.8 Ancho: 2.2	Alto: 3.3 Diam: 6 (*)	Alto: 5 Diam: 5	Alto: 1.7 Largo: 3.7 Ancho: 1.1	Alto: 2.0 Largo: 1.6 Ancho: 1.8
Tamaño de productos de alimentación (cm) (***)	125 (50)	125 (50)	135 (54) (*)	35 (14)	6.5 (21/2)	75 (30)

(*) Datos correspondientes a una trituradora giratoria primaria.

4.3.4. Propuesta para tratamiento del RCD: clinckerización de los agregados

Llamaremos Clinckerización de los agregados a uno de los procesos utilizados como alternativa para reducir los porcentajes de eliminación de RCD.

En este proceso se logra obtener tamaños representativos de los agregados que forman parte de los RCD.

Es importante considerar un procedimiento de separación para el material contaminado, propuesto de la siguiente manera:

Procedimiento para la separación en la fuente de los RCD. →

Material contaminado.

- ❖ En el desarrollo de obras de construcción o demolición se debe precaver que los materiales que no se estén usando, no se mezclen con los materiales que se encuentran empleándose o desechándose en la obra, para poder ser reutilizados en la misma obra o comercializados y de esta forma reingresen al ciclo económico.
- ❖ Adecuación en obra. Se deben implementar áreas de almacenamiento para los residuos producidos en la obra para para luego poder ser reutilizados para su disposición final, con los otros materiales que se esté utilizando. Este almacén debe tener un revestimiento para que material no muestre deterioro producidos por los fenómenos naturales, también el almacén debe tener una señalización adecuada.
- ❖ Ubicación de los residuos. Los residuos que quedan en las obras de construcción o demolición deberán estar claramente ubicados en zonas identificadas. El lugar debe contar con espacio adecuado para poder realizar su clasificación de acuerdo a reutilización o para disposición final, para luego ser recogido por una empresa encargada de recolección de residuos reciclados para hacer la disposición final en el lugar legalizado.
- ❖ Clasificación de los residuos. Se deberá realizar una clasificación de residuos generados en obra como: residuos reciclables, residuos peligrosos, residuos ordinarios y residuos de disposición final. Mediante la clasificación se le dará el manejo adecuado a cada uno de ellos mediante sus características.
- ❖ Gestión de residuos. Luego de clasificar los RCD se deberá realizar la valorización de los materiales que pueden ser aprovechados, para luego ser llevados a lugares de reciclaje (cobre, acero, chatarra, etc.) y los otros residuos que no se

puedan ser provechados se deberá ser llevados a otros lugares de disposición final legalizados.

4.4. PARAMETROS DE DISEÑO ARQUITECTONICO

Una vez determinada la propuesta de eliminación de RCD, considerando las características de las muestras ensayadas, se presenta un diseño arquitectónico de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición de la propuesta considerada. En cumplimiento al Art. 41- *Requisitos y restricciones para ubicar una escombrera, del D.S. N°019-2016-VIVIENDA*, indica lo siguiente

- a) Deberá estar a una distancia no menor de 500 m con respecto a la zona poblada.
- b) Cuando el terreno tenga una pendiente mayor de 30°, deberá justificarse técnicamente en el proyecto de infraestructura y el estudio ambiental con respecto a la pertinencia del mismo.
- c) La dirección de los vientos deberá ser contrario a la zona poblada cercana.
- d) La ubicación deberá estar fuera de áreas arqueológicas, reservadas, naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento.
- e) Deberá contar con vías de acceso para vehículos con grandes giros, ya que a la planta entraran camiones y volquetes con grandes tamaños.

4.4.1. Ubicación:

Departamento	:	La Libertad
Provincia	:	Trujillo
Distrito	:	La Esperanza
Urbanización	:	Parque Industrial
Mz	:	B1
Lote	:	06, 07, 08, 09, 10, 11 Y 12

Tabla N°18

Coordenadas de ubicación de la planta recicladora de RCD

COORDENADAS UTM		
PUNTO	N	E
A	715037.1358	9108727.9830
B	715121.9539	9108682.3723
C	715040.8053	9108531.4674
D	714955.9915	9108577.0757

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Medidas perimétricas del terreno:

- Por el frente : Con la Av. 02, con una línea recta de 96.30 ml.
- Por la derecha : Con la calle 03, con una línea recta de 171.34 ml
- Por la izquierda : Con la sub lote 06 al 12, con una línea recta de 171.34ml
- Por el fondo : Con el lote 05, con una línea recta de 96.30 ml

4.4.3. Distribución Arquitectónica:

Cumpliendo con las normas y reglamentos de áreas señaladas que se deben de cumplir en una planta recicladora, la distribución deberá contar con las siguientes áreas:

- Garita de Control
- Oficina de Patio de Chatarra
- Sistema para Mantenimiento y limpieza
- Almacén para Acopio de Residuos
- Sub-Estación Eléctrica y
- Almacén

4.4.4. Cuadro de áreas.

Primer Piso	146.93m ²
Segundo Piso	54.43 m ²
Área Techada Total	201.36 m ²

CAPÍTULO VI

V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En la hipótesis se planteó: “Si realizamos ensayos a los RCD (materia prima) y determinamos sus características; entonces seleccionaremos adecuadamente la trituradora”.

Por lo tanto, según los resultados del muestreo y ensayos realizados, se llega a las siguientes conclusiones:

- El material con mayor porcentaje de RCD es el agregado, material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas desechado de las construcciones que en su mayoría son autoconstrucción, con un 72.11%, según la Tabla 12.
- En cuanto al tamaño, peso y forma, del concreto endurecido reciclado, también considerado unos de los RCD en mayor porcentaje; del resumen promedio de la Tabla 13, se pudo obtener como peso promedio 20.58 kg y 31.55 cm; y todas las muestras recolectadas son de forma irregular.
- Otra muestra obtenida en campo, en cuanto a otro tipo de material reciclado de RCD encontrado en campo, se le realiza el ensayo de Análisis granulométrico aplicando la norma ASTM D-2487 con el fin de determinar el tipo de material encontrado asemejándolo a un suelo y se obtiene un suelo SP: ARENA POBREMENTE GRADUADA.

Analizando todos estos resultados, y considerando el grado de trituración que clasifica a la trituradora, el tamaño máximo a reducir es de 31 cm a 3 cm (3/4” aproximadamente), por lo que se propone una trituradora de rodillo de impacto que puede tener motor simple o doble, fundamentado en la investigación de Ramos y Vega en la investigación de 2015 que base a su estudio en diseño de máquina trituradora teniendo en cuenta la reducción del tamaño de partículas. Por lo tanto, se valida la hipótesis planteada ya que conociendo las características del agregado se propone el tipo de trituradora.

Sin embargo, conocer el tipo de trituradora, solo nos da como alternativa 1 de aprovechamiento del RCD, el generar un tipo de agregado que puede ser utilizable para conformar un tipo concreto.

Además, como alternativa 2 de aprovechamiento de RCD, está la clinkerización de agregados llamaremos así a la verificación de otras características de estos materiales reciclados para ver si pueden ser conformantes del concreto. Al analizar su porcentaje de humedad, la densidad seca (g/cm^3) y el peso unitario seco (kN/m^3), se obtienen los siguientes resultados en promedio de 8.16, 1.861 y 18.25 respectivamente. (Ver tabla 15). De igual manera se tiene en cuenta el equivalente de arena promedio: 73% de los ensayos de las muestras obtenidas en campo. (Ver tabla 16).

El contenido de humedad del material reciclado se determina para conocer su grado de humedad y además es parte del proceso para determinar la densidad seca y el peso unitario seco. El contenido de humedad del material reciclado contiene 8.16% el cual tiene un valor alto, si lo comparamos con las características de un agregado con el que se puede formar concreto, este retiene el agua en sus poros y cumple con los parámetros establecido de la norma.

Mientras que la densidad seca de este material reciclado es de 1861 kg/m^3 y el peso unitario seco es de 18.25 kN/m^3 nos indica que este material tiene una buena capacidad para compactarse, por lo que podría ser utilizado como un material para mejorar y/o conformar un pavimento, por lo que esta alternativa 2 llamada clinkerización de agregados, no podría darse.

El porcentaje obtenido con el ensayo del equivalente de arena, demuestra que es un suelo que se compararía más con un agregado fino, ya que supera al 45%.

CAPÍTULO VII

VI. CONCLUSIONES

6.1. Del análisis realizado por el SEGAT, (*Plan de Gestión de residuos de construcción y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores del distrito de Trujillo 2017.*) se obtiene que hay 37 puntos en toda la ciudad de Trujillo sin embargo para el siguiente estudio se escogieron tres puntos: Huanchaco, Víctor Larco y El Milagro.

6.2. Se analizaron las características físicas de los RCD y se identificaron cantidad de residuos que pueden llegar a ser aprovechados de los botaderos visitados. Durante el análisis de las características físicas realizadas en los botaderos se obtuvieron como resultado los materiales que se encuentran en la tabla 12 donde se determina el porcentaje de cada residuo, se obtuvo como resultado 72.11 % total de material de agregados y concreto, haciendo en total un mayor porcentaje estos dos materiales. Además, se encontraron residuos como PVC, Metal, madera, vidrio, cerámicas, baldosa, ladrillos, entre otros materiales.

El concreto armado puede ser fragmentado y triturado con el objetivo de extraer la parte metálica y comercializarla como chatarra y el concreto puede ser triturados para agregados y arenas finas.

6.3. Asimismo, se determinó el grado de trituración, y resultó $n = 16$. Por lo tanto, lo que corresponde, según la Tabla 1, un tipo de trituradora con rodillo de impacto, con motor simple o doble.

6.4. Como alternativa de aprovechamiento 1 de los RCD de la ciudad de Trujillo se consideró la caracterización de estos y se determinó utilizar la trituradora de rodillo de impacto y de acuerdo a la Tabla 17 con las siguientes características:

Usada más frecuentemente en trituración: Terciaria.

Capacidad de producción: 130 Ton/hora

Potencia Máxima del motor: 40 HP

Tamaño de la trituradora: Alto : 1.7 m

Largo : 3.7 m

Ancho: 1.1 m

Este tipo de materiales luego de la trituración puede ser considerado agregado reciclado.

Esta alternativa trae como ventajas la disminución de los RCD como protección al medio ambiente y desde el punto de vista económico; pero tiene como desventaja la puesta en instalación de la misma, ya que involucraría a los gobiernos locales con aplicación de la normativa ambiental vigente para su recolección y que su conformación de estos dentro del concreto "reciclado" puede contener agregados reactivos o de pobre calidad o con un alto contenido de cloruros.

- 6.5. Como alternativa de aprovechamiento 2, se consideró además analizar estos RCD en base a otras características para comprobar si podrían ser utilizados como material conformante del concreto; sin embargo, los resultados demostraron este tipo de material reciclado podría ser usado para parte conformante de un pavimento para mejoramiento o rehabilitación y que, además, requiere de otros ensayos adicionales como CBR, pérdida de sulfatos de sodio y magnesio, etc. Para determinar en qué parte de la estructura del pavimento podría emplearse; como base, sub-base o sub-rasante. Es importante tomar en cuenta que los materiales a ser utilizados deben cumplir con los requerimientos que pide la norma vigente por motivos de seguridad y calidad para poder realizar un buen proyecto.

Esta alternativa también, trae como ventaja la disminución de los RCD como protección al medio ambiente y tiene como desventaja el alto porcentaje de contaminación que aparentemente tendría y que podría originar desechar este material.

VII. RECOMENDACIONES

1. Los entes de control de los gobiernos locales y/o regionales deberán exigir a los operadores, como requerimiento normativo, una caracterización de los RCD, en periodos anuales, así como se hace en los rellenos sanitarios.
2. Para el desarrollo de las medidas de alternativas de manejo de los RCD, es fundamental capacitar y sensibilizar a todo el personal responsable involucrado de la gestión ambiental.
3. Se recomienda que ha todo material de RCD utilizado en base a la alternativa 1 como agregado sea evaluado mediante mezclas de pruebas y ensayos que le correspondan ya que estos pueden contener una cantidad de propiedades físicas o químicas indeseables.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Diario El Peruano: *Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (21 de diciembre del 2017)*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-014-2017-minam>.
- Gutiérrez, E. & Peinado, H. (2015), "*Propuesta de Diseño de un Relleno Sanitario para la Disposición Final de los Residuos Sólidos en la Zona Urbana del Municipio de Telpaneca, Departamento de Madriz*" (Tesis de Titulación a Ingeniero Civil) Universidad Centroamérica, Managua, Nicaragua.
- Morín, A. & Soto, N. (2017), *Diseño de un Relleno Sanitario para el Distrito de Parcoy – La Libertad 2016*. (Tesis de Titulación a Ingeniero Ambiental) Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Municipalidad Provincial De Trujillo - *Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo SEGAT-2017*. (agosto del 2017). Recuperado de <https://www.segat.gob.pe/index.php/Site/Acerca>
- Paredes, E. (2018), *Identificación de áreas óptimas para relleno sanitario de residuos sólidos de la Ciudad de Sandia – Puno*. (Tesis de Titulación a Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Ramos, F. & Vega, K. (2015), *Diseño y construcción de una máquina trituradora de hojas secas de Guayusa con una capacidad de 6.5 quintales por hora*. (Tesis de Titulación a Ingeniero Mecánico) Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- SEGAT: *Plan de Gestión de residuos de construcción y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores del distrito de Trujillo 2017*. (5 de diciembre del 2013). Recuperado de <http://sial.segat.gob.pe/documentos/plan-gestion-residuos-construccion-demolicion-depositados-espacios>
- SEGAT: *Plan Integral de Gestión Ambiental de residuos sólidos de la Provincia de Trujillo 2016-2020*. (26 de Julio del 2016). Recuperado

de <http://sial.segat.gob.pe/documentos/actualizacion-plan-integral-gestion-ambiental-residuos-solidos>

Sistema Nacional de Información Ambiental: *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. (abril del 2011).* Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-cierre-relleno>

Reglamento Nacional de Edificaciones: *RNE.*

Ychuta, S. (2016), *Propuesta de Gestión de Residuos Sólidos mediante un relleno sanitario manual, para el Municipio de Taraco. (Tesis de Titulación a Ingeniero Civil)* Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

ANEXOS



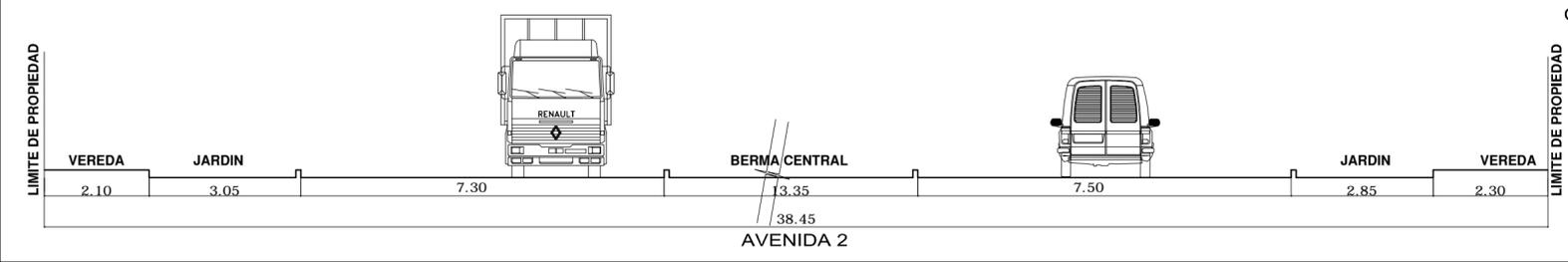
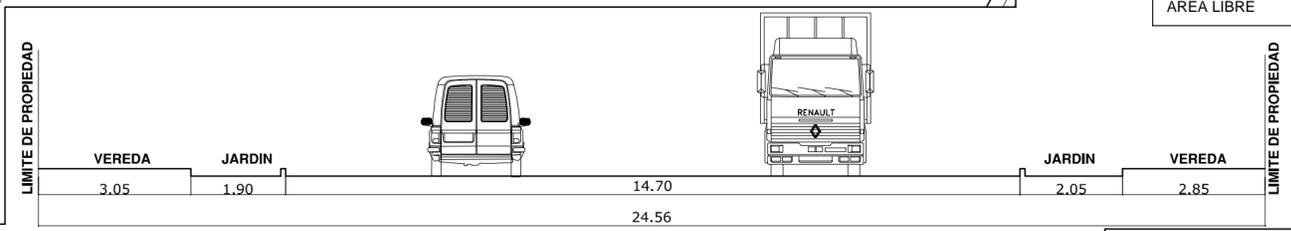
PLANO DE UBICACION ESCALA: 1/1,000



ZONIFICACION: I3 /I4
AREA DE ESTRUCTURACION URBANA: II B

CUADRO NORMATIVO		
PARAMETROS	R.N.E.	PROYECTO
USOS PERMITIDOS	Gran Industria Pesada	Deposito de Chatarra
A. NORMATIVA DE LOTE	2,500 m2 Area Minima	16,500.30 m2
DENSIDAD NETA	1300 Hab / Ha.	1300 Hab / Ha.
COEFIC. DE EDIFICACION	Según Proyecto de acuerdo a la comision tecnica	0.02
PORCENTAJE DE A. LIBRE	Según Proyecto	98.43 %
ALT. MAX. DE EDIFICACION	Según Proyecto	2 Pisos
RETIRO : Avenida / Calle	3.00 ml. / 2.00 ml.	3.00 ml. / 2.00 ml.
ALINEAMIENTO :	Sin volado sobre limite de propiedad	Sin volados
ESTACIONAM.:	Oficina 1 Plaza por cada 40 m2 Art 30	03 Estacionamientos

CUADRO DE AREAS			
PISO	Area Techada Parcial (m2)	Ampliación (m2)	Area Techada Total (m2)
1º	259.64	---	259.64
2º	136.28	---	136.28
Total	395.92	---	395.92
AREA DE TERRENO		16,500.30 m2	
AREA LIBRE		16,240.66 m2	



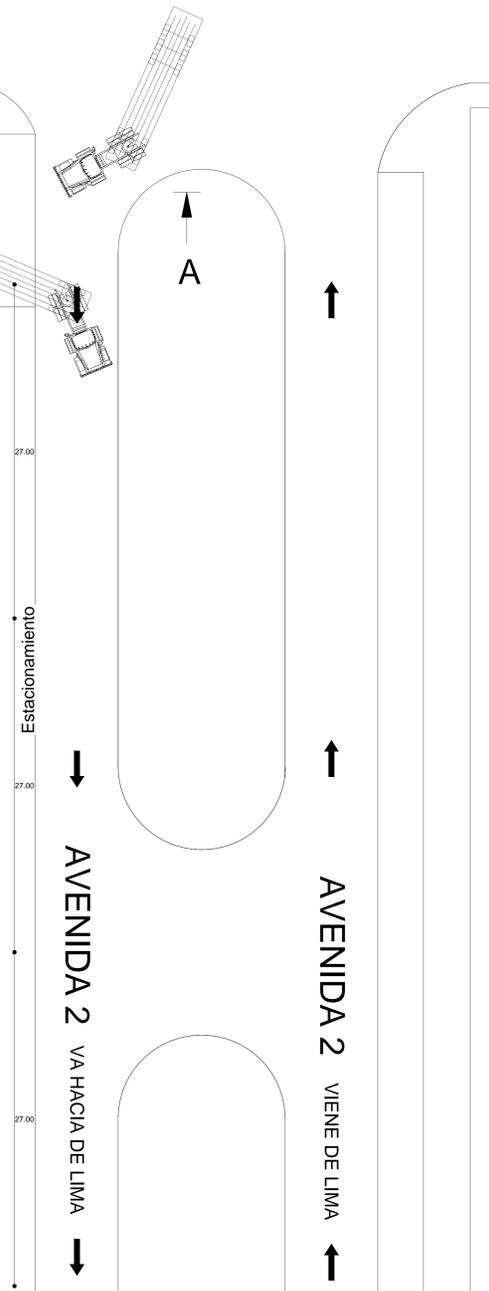
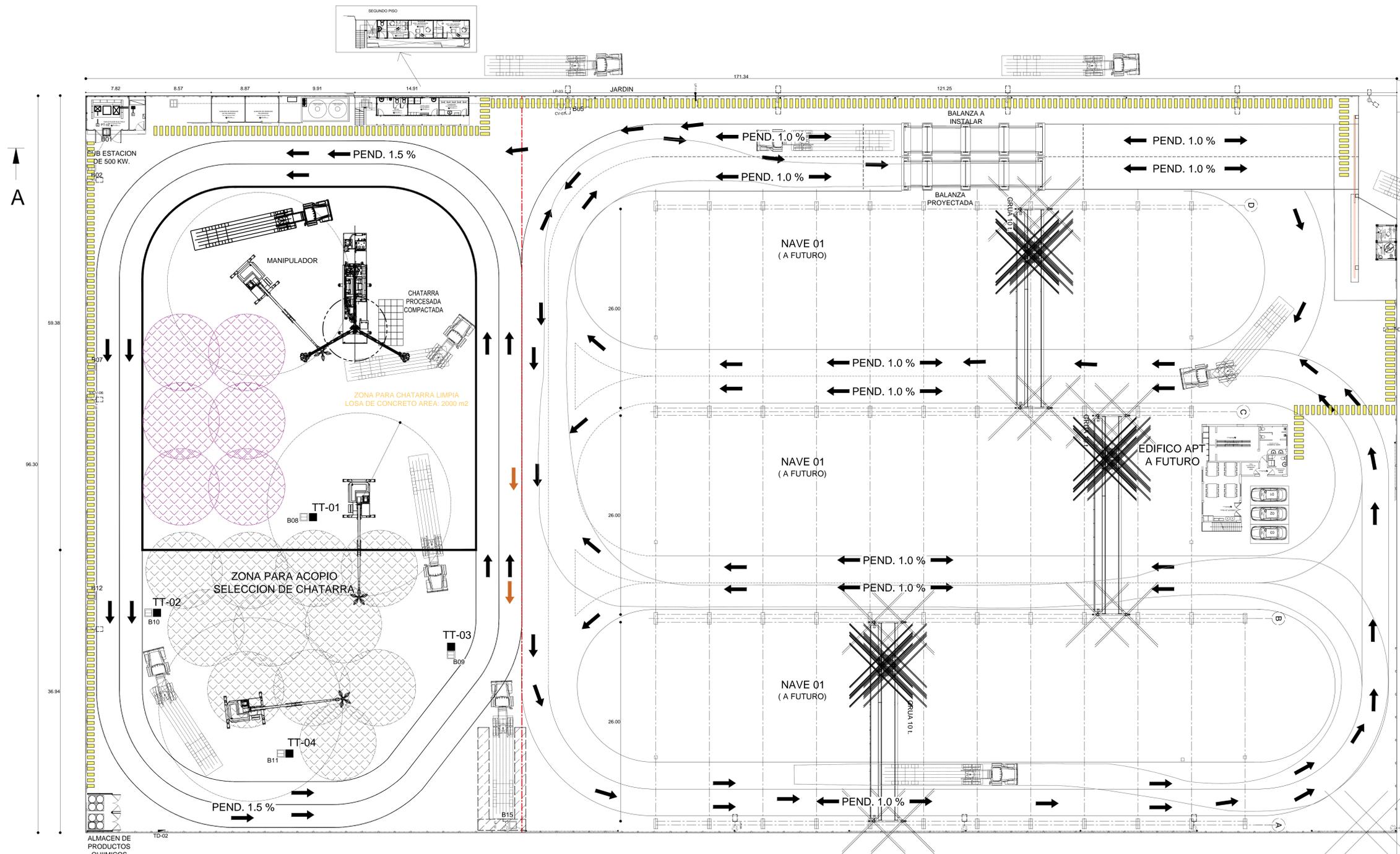
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

TESIS: **PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO**

PLANO: **UBICACION Y LOCALIZACION** LAMINA :

AUTORA: **Br. Paredes Zelada, Verónica Mabel** **UL**

ASESORA : **Ing. Durand Orellana, Rocío del Pilar** FECHA : **MAYO 2021**



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO	
TEMA: PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO	
PLANO:	ARQUITECTURA
AUTORA:	Br. Paredes Zelada, Verónica Mabel
ASESORA:	Ing. Durand Orellana, Rocío del Pilar
FECHA:	1/200

A-1

 LABORATORIO DE GEOTECNIA CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN	INFORME DE ENSAYO		Código	SGC-F-02
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422		Versión	01
			Página	1 de 4

Proyecto : "PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO".
 Registro N°: **KGL-LG-1**
 Solicitante : VERÓNICA MABEL PAREDES ZELADA
 Muestreado por: **Solicitante**
 Ubicación : BOTADERO EL MILAGRO(Km570 de el milagro)-(huanchaco) a 13 kilómetros del centro histórico.
 Ensayado por: **C. Palacios**
 Botadero BUENOS AIRES.
 Fecha de Ensayo: **17/03/21**
 Botadero HUACA EL HIGO (distrito de huanchaco).
 Fecha de Entrega de Informe: **25/03/21**

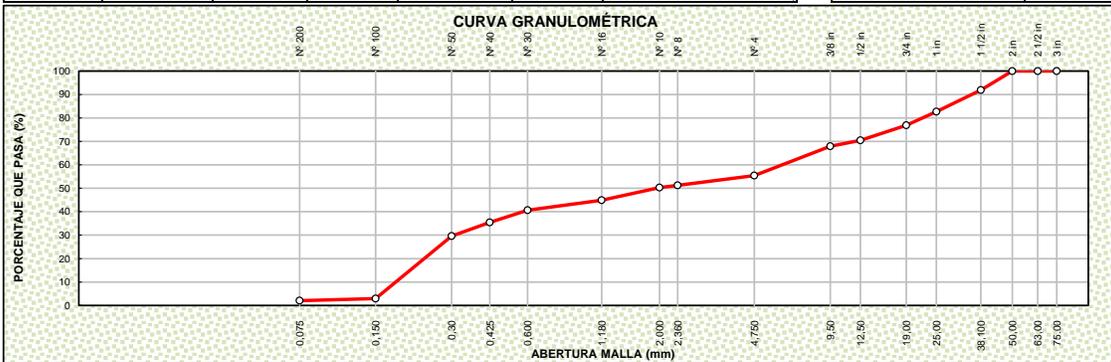
Datos de la Muestra Recibida	
N° de Muestra : M.1	Presentación/ Cantidad: 1 saco/ 40 kg aprox.
Clasificación Visual : Arena con Grava, color marrón claro.	
Tamaño Máximo Considerado : 1 1/2 in.	Método de Preparación: secado al Horno
Humedad de Recepción (%) : 1.0	

Registros y Cálculos del Ensayo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Masa Retenida (g)	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	PASA (%)
3 in.	75.00	-	-	-	100.0
2 1/2 in.	63.00	-	-	-	100.0
2 in.	50.00	-	-	-	100.0
1 1/2 in.	37.50	504.0	8.1	8.1	91.9
1 in.	25.00	576.0	9.2	17.3	82.7
3/4 in.	19.00	364.0	5.8	23.1	76.9
1/2 in.	12.50	404.0	6.5	29.6	70.4
3/8 in.	9.50	156.0	2.50	32.07	67.9
No. 4	4.75	784.0	12.55	44.62	55.4
No. 8	2.360	256.0	4.10	48.72	51.3
No. 10	2.000	64.0	1.02	49.74	50.3
No. 16	1.180	336.0	5.38	55.12	44.9
No. 30	0.600	264.0	4.23	59.35	40.7
No. 40	0.425	324.0	5.19	64.53	35.5
No. 50	0.300	368.0	5.89	70.42	29.6
No. 100	0.150	1,664.0	26.63	97.06	2.9
No. 200	0.075	56.0	0.90	97.95	2.0
< No. 200	-	128.00	2.05	100.00	-

Masa Inicial Seca (g)	6248.0
Masa Lavada Seca (g)	6120.0
Pérdida por Lavado (g)	128.0
% Grava =	44.6
% Arena =	53.3
% Finos =	2.0
D ₁₀ (mm)=	0.19
D ₃₀ (mm)=	0.31
D ₆₀ (mm)=	8.17
Cc =	0.06
Cu =	43.08
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO	N.P.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA
AASHTO(ASTM D 3282)	A-1-a(0)



ENSAYADO POR:

Nombre y firma:



REVISADO POR:

Nombre y firma:



ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
REQ. CIP: 145659

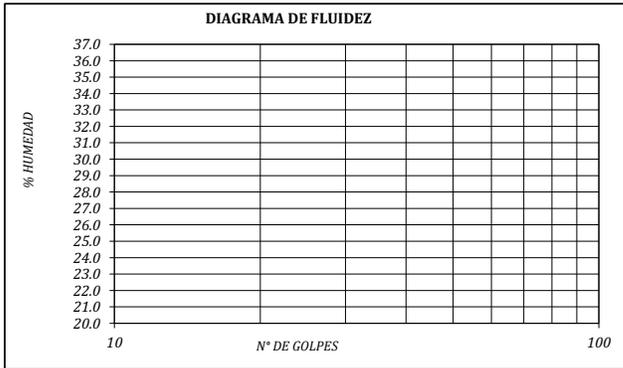
	INFORME DE ENSAYO		Código	SGC-F-03
	LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		Versión	01
			Página	2 de 4

Proyecto : "PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO". Registro N°: **KGL-LG-1**
 Solicitante : VERÓNICA MABEL PAREDES ZELADA Muestreado por: Solicitante
 Ubicación : BOTADERO EL MILAGRO(Km570 de el milagro)-(huanchaco) a 13 kilómetros del centro histórico. Ensayado por: C. Palacios
 : BOTADERO BUENOS AIRES. Fecha de Ensayo: 17/03/21
 : BOTADERO HUACA EL HIGO (distrito de huanchaco). Fecha de Entrega de Informe: 25/03/21

Datos de la Muestra Recibida	
N° de Muestra	: M.1 Presentación/ Cantidad: 1 saco/ 40 kg aprox.
Clasificación Visual	: Arena con Grava, color marrón claro.
Tamaño Máximo Considerado	: 1 1/2 in.
Humedad de Recepción (%)	: 1.0 Método de Preparación: húmeda

Registros y Cálculos del Ensayo

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
MASA RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	-	-	-	-	-	-
MASA RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	-	-	-	-	-	-
MASA DEL RECIPIENTE (g)	-	-	-	-	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	-	-	-	-	-	-
NÚMERO DE GOLPES	-	-	-	-	-	-



RESULTADOS		
LÍMITE LÍQUIDO (LL)		N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (LP)		N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO (IP)		N.P.

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.
 Ensayo realizado con material pasante el tamiz No. 40.
 N.P.= No Plástico.

ENSAYADO POR:

Nombre y firma:



REVISADO POR:

Nombre y firma:



Proyecto: **:"PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO".**

Registro N°: **KGL-LG-1**

Solicitante: **:"VERÓNICA MABEL PAREDES ZELADA"**

Muestreado por: **Solicitante**

Ubicación: **:"BOTADERO EL MILAGRO(Km570 de el milagro)-(huanchaco) a 13 kilómetros del centro histórico.**

Ensayado por: **C. Palacios**

:"BOTADERO BUENOS AIRES.

Fecha de Ensayo: **18/03/21**

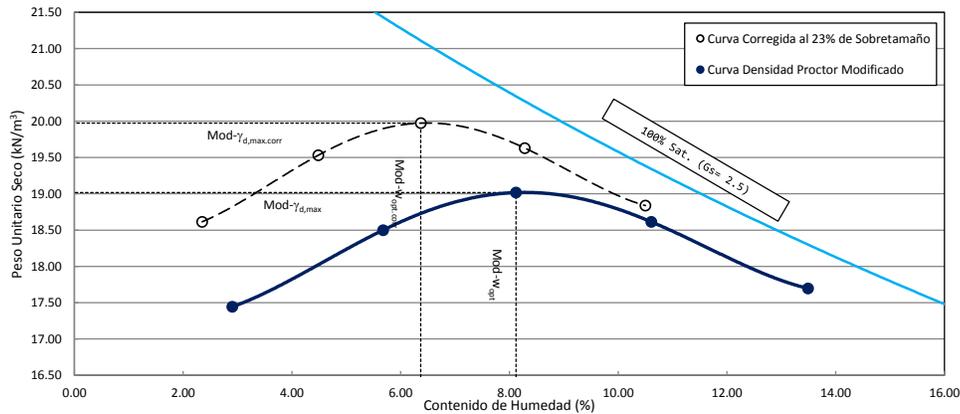
:"BOTADERO HUACA EL HIGO (distrito de huanchaco).

Fecha de Entrega de Informe: **25/03/21**

Datos de la Muestra Recibida		Equipo Empleado	
N° de Muestra	: M.1	Presentación/ Cantidad:	1 saco/ 40 kg aprox.
Clasificación Visual	: Arena con Grava, color marrón claro.	Molde Proctor Modificado	
Tamaño Máximo Considerado	: 1 1/2 in.	Volumen del molde:	2140 cm ³
Humedad de Recepción (%)	: 1.0	Método de Preparación:	Húmedo
		Masa de Molde:	6552 g
% Ret. Tamiz 3/4 in.:	23	Fracción de Ensayo (%):	77
% Ret. Tamiz 3/8 in.:	32	G _s Fracción de Ensayo ⁽¹⁾ :	2.50
% Ret. Tamiz No. 4:	45	G _s Fracción Sobretamaño ⁽²⁾ :	2.45
Método de Ensayo:	C	% w Fracción Sobretamaño:	0.5
		Tipo de martillo	Manual

Registros y Cálculos del Ensayo

Prueba No.	1	2	3	4	5
Masa de suelo + molde (g)	10469	10818	11039	11045	10935
Masa de suelo (g)	3917	4266	4487	4493	4383
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.830	1.993	2.097	2.100	2.048
Tara No.	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Masa de tara (g)	118.0	112.0	89.0	117.4	105.8
Masa de suelo húmedo + tara (g)	1607.0	1732.0	1620.0	1692.0	1839.0
Masa de suelo seco + tara (g)	1565.0	1645.0	1505.0	1541.0	1633.0
HUMEDAD (%)	2.9	5.7	8.1	10.6	13.5
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.779	1.886	1.939	1.898	1.805
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	17.44	18.50	19.02	18.61	17.70



Resultados del Ensayo		Aplicación de ASTM D4718/D4718M-15	
Fracción Ensayada:	Menor al tamiz 3/4 in.	Fracción Sobretamaño de la Muestra (%)	23
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.939	MÁXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDA (g/cm ³)	2.037
PESO UNITARIO MÁXIMO (kN/m ³)	19.02	PESO UNITARIO MÁXIMO CORREGIDO (kN/m ³)	19.97
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.1	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO (%)	6.4

Observaciones:

ENSAYADO POR:

Nombre y firma:



REVISADO POR:

Nombre y firma:



 LABORATORIO DE GEOTECNIA CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN	INFORME DE ENSAYO	Código	SGC-F-034
	EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D2419	Versión	01
		Página	4 de 4

Proyecto : "PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO".

Registro N°: **KGL-LG-1**

Solicitante : VERÓNICA MABEL PAREDES ZELADA

Muestreado por: Solicitante

Ubicación : BOTADERO EL MILAGRO(Km570 de el milagro)-(huanchaco) a 13 kilómetros del centro histórico.

Ensayado por: C. Palacios

: BOTADERO BUENOS AIRES.

Fecha de Ensayo: 18/03/21

: BOTADERO HUACA EL HIGO (distrito de huanchaco).

Fecha de Entrega de Informe: 25/03/21

Datos de la Muestra Recibida

Clasificación Visual : Arena con Grava, color marrón claro. Presentación: 1 saco
 N° de Muestra/ Profundidad : M.1 Cantidad: 40 kg apróx.
 Tamaño Máximo Considerado : 1 1/2 in.

Método de preparación de la muestra

Secado al horno

Registros y Cálculos del Ensayo

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS	
		No. 4	No. 4
1	Tamaño Máximo	No. 4	No. 4
2	Muestra N°	1	2
3	Hora de Entrada a saturación	09:35	09:37
4	Hora de Salida de saturación	09:45	09:47
IRRIGACIÓN			
5	Hora de Entrada a reposo	09:47	09:49
6	Hora de Salida de reposo	10:07	10:09
7	Altura Máxima de Material Fino (Pulgadas)	5.00	5.10
8	Altura Máxima de la Arena (Pulgadas)	3.60	3.70
9	Equivalente de Arena (%)	72.0	73.0
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	73.0	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

ENSAYADO POR:	REVISADO POR:
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ REG. CIP: 145659