

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Propuesta de diseño del relleno sanitario  
manual ubicado en el distrito de Ocoruro,  
provincia de Espinar - Cusco 2022**

Marisol Huaman Tutacano  
Ernesto Huamani Huaspa  
Brayan Marco Besaño Cconchoy

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Cusco, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

**A** : FELIPE GUTARRA MEZA  
Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : José Vladimir Cornejo Tueros  
Asesor de tesis  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis  
**FECHA** : 31 de octubre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL UBICADO EN EL DISTRITO DE OCORURO, PROVINCIA DE ESPINAR - CUSCO 2022", perteneciente a los estudiantes MARISOL HUAMAN TUTACANO; ERNESTO HUAMANI HUASPA; BRAYAN MARCO BESAÑO CCONCHOY, de la E.A.P. de INGENIERIA AMBIENTAL; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

• Filtro de exclusión de bibliografía

SI  N

• Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI  N

(Nº de palabras excluidas: 0)

• Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI  N

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



José Vladimir Cornejo Tueros  
Asesor de tesis

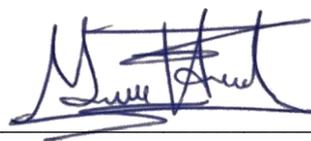
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Marisol Huamán Tutacano, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 43066386, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL UBICADO EN EL DISTRITO DE OCORURO, PROVINCIA DE ESPINAR - CUSCO 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

31 de octubre de 2023.



Marisol Huamán Tutacano

DNI. No. 43066386

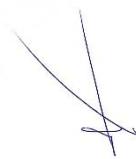
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Ernesto Huamaní Huaspa, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 44216742, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL UBICADO EN EL DISTRITO DE OCORURO, PROVINCIA DE ESPINAR - CUSCO 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

31 de octubre de 2023.



---

Ernesto Huamaní Huaspa

DNI. No. 44216742

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Brayan Marco Besaño Cconchoy, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 74223015, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL UBICADO EN EL DISTRITO DE OCORURO, PROVINCIA DE ESPINAR - CUSCO 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

31 de octubre de 2023.



Brayan Marco Besaño Cconchoy

DNI. No. 74223015

# Tesis

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
3	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1%

10 [repositorio.unc.edu.pe](http://repositorio.unc.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

11 [repositorio.unsa.edu.pe](http://repositorio.unsa.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

12 [dspace.unitru.edu.pe](http://dspace.unitru.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

13 [repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

14 [repositorio.uap.edu.pe](http://repositorio.uap.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

15 [cdn.www.gob.pe](http://cdn.www.gob.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

16 [repositorio.upt.edu.pe](http://repositorio.upt.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

17 [repositorio.upsc.edu.pe](http://repositorio.upsc.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

18 [tesis.usat.edu.pe](http://tesis.usat.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

19 Submitted to Universidad Cesar Vallejo <1 %  
Trabajo del estudiante

---

20 [repositorio.ug.edu.ec](http://repositorio.ug.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

21

IBAÑEZ NAVARRO ISRAEL ESSAU. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para las Ciudades de Hualmay, Huaura, Santa María, Végueta, Caleta de Carquín y Huacho, Provincia de Huaura, Departamento de Lima-IGA0016378", R.A. N° 323-2018/MPH, 2022

Publicación

<1 %

22

ANDRADE CAYCHO EDGAR. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales y Municipales Yacucatina - San Martín-IGA0000038", R.D. N° 1485-2015/DEPA/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

23

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

24

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to umb

Trabajo del estudiante

<1 %

26

CONSORCIO ORIENTAL CONSULTANTS-CESEL-GEA. "DIA del Proyecto Ampliación y Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales en los Centros

<1 %

Poblados Urbanos de las Localidades de Pedro Ruiz Gallo, Shipasbamba, San Carlos, Cuispes, Churuja y San Pablo de Valera y los Centros Rurales de Suyubamba, Chosgón, San Gerónimo y Cocachimba, Provincia de Bongará - Amazonas-IGA0000863", R.A. N° 160-2016-MPB, 2021

Publicación

---

27

PERU WASTE INNOVATION S.A.C. - PWI S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para la Ciudad de Orcopampa-IGA0002853", R.D. N° 568-2015/DSB/DIGESA/SA, 2021

<1 %

Publicación

---

28

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YANACANCHA. "Actualización del PMR del Distrito de Yanacancha 2016-IGA0009138", O.M. N° 0016-2016-CM-MDY-PASCO, 2020

<1 %

Publicación

---

29

PERU WASTE INNOVATION S.A.C. - PWI S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para el Distrito, Provincia y Departamento de Puno-IGA0000666", R.D. N° 06-2013/DSB/DIGESA/SA, 2020

<1 %

Publicación

---

30	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://ia903100.us.archive.org">ia903100.us.archive.org</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://repositorio.udl.edu.pe">repositorio.udl.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Jose Maria Vargas University Trabajo del estudiante	<1 %
34	PROINTO INGENIEROS S.A.C.. "DIA del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para la Ciudad de Chiquián, Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash-IGA0003854", R.D. N° 276-2015/DSB/DIGESA/SA, 2021 Publicación	<1 %
35	<a href="http://purl.org">purl.org</a> Fuente de Internet	<1 %
36	Submitted to Instituto Europeo de Posgrado Trabajo del estudiante	<1 %
37	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
38	GALVEZ BONIFACIO HILARIO FELIX. "EIA del Proyecto Mejoramiento del Sistema de	<1 %

# Tratamiento de Residuos Sólidos de Huancavelica-IGA0000386", R.D. N° 0115 -2010/DIGESA/SA, 2020

Publicación

39

[qdoc.tips](http://qdoc.tips)

Fuente de Internet

<1 %

40

[repositorio.utc.edu.ec](http://repositorio.utc.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

41

HIDALGO COLQUICOCHA LUIS ALBERTO. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Reaprovechamiento Semi Mecanizado de Residuos Sólidos de la Ciudad de Satipo-IGA0002844", R.D. N° 376-2013/DSB/DIGESA/SA, 2021

Publicación

<1 %

42

[repositorio.upse.edu.ec](http://repositorio.upse.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

43

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1 %

44

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario Manual de la Ciudad de Pampas-IGA0000400", R.D. N° 085-2013/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

45

Fuente de Internet

&lt;1 %

46

[repositorioacademico.upc.edu.pe](https://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

47

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES  
S.A.C.. "DIA del Proyecto Relleno Sanitario  
Manual y Planta de Aprovechamiento de  
Residuos Sólidos del Distrito de Hualla,  
Provincia de Víctor Fajardo, Región Ayacucho-  
IGA0002266", R.D. N° 163-  
2013/DSB/DIGESA/SA, 2022

Publicación

&lt;1 %

48

CONSULTING SERVICIOS LUCKY SOCIEDAD  
COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD  
LIMITADA. "DAAC del Fundo Challapampa-  
IGA0013698", R.D.G. N° 0005-2019-MINAGRI-  
DVDIAR-DGAAA, 2021

Publicación

&lt;1 %

49

[fdocuments.ec](https://fdocuments.ec)

Fuente de Internet

&lt;1 %

50

[repositorio.unp.edu.pe](https://repositorio.unp.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

51

AMBIENTE & SEGURIDAD OCUPACIONAL  
S.A.C. - A & SO S.A.C.. "Segunda Actualización  
del EIA de la Planta Industrial de Peruana de

&lt;1 %

Moldeados-IGA0009338", R.D. N° 651-2019-  
PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

52

J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-  
SD del Proyecto Instalación de la Línea de  
Transmisión en 60 kV Pongo de Caynarachi -  
Yurimaguas y Subestaciones-IGA0002612",  
R.D. N° 196-2017-MEM/DGAAE, 2020

Publicación

<1 %

53

[petsaspests.blogspot.com.es](http://petsaspests.blogspot.com.es)

Fuente de Internet

<1 %

54

[prezi.com](http://prezi.com)

Fuente de Internet

<1 %

55

[www.elperulegal.com](http://www.elperulegal.com)

Fuente de Internet

<1 %

56

[www.mag.go.cr](http://www.mag.go.cr)

Fuente de Internet

<1 %

57

CONSORCIO ORIENTAL CONSULTANTS-  
CESEL-GEA. "DIA del Proyecto Ampliación y  
Mejoramiento de la Gestión Integral de los  
Residuos Sólidos Municipales en los Centros  
Poblados Urbanos de las Localidades de  
Pedro Ruiz Gallo, Shipasbamba, San Carlos,  
Cuispes, Churuja y San Pablo de Valera y los  
Centros Rurales de Suyubamba, Chosgón,  
San Gerónimo y Cocachimba, Provincia de

<1 %

Bongará - Amazonas-IGA0000863", R.A. N°  
160-2016-MPB, 2020

Publicación

58

ECOLOGIA Y TECNOLOGIA AMBIENTAL S.A.C.  
"MEIA para la Implementación del Proyecto  
Implementar Línea de Cal, Mejoras  
Ambientales e Integración de Instrumentos  
Ambientales en la Planta Condorcocha-  
IGA0006877", R.D. N° 081-2018-  
PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020

Publicación

<1 %

59

GREEN ENVIRONMENT S.A.C.. "DAA de la  
Planta de Fabricación de Productos de  
Plástico-IGA0012405", R.D. 212-2019-  
PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

60

OCCUPATIONAL HAZARDOUS DYNAMICS  
SOCIEDAD ANONIMA. "EIA del Proyecto  
Relleno Sanitario Ccapaso-IGA0000108", R.D.  
N° 0162-2010/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

61

[contraloriagdeant.gov.co](http://contraloriagdeant.gov.co)

Fuente de Internet

<1 %

62

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

<1 %

63

[mes.openaire.eu](http://mes.openaire.eu)

Fuente de Internet

<1 %

64

[www.cusconoticias.com](http://www.cusconoticias.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

65

[www.esperanzadiaxdia.com.ar](http://www.esperanzadiaxdia.com.ar)

Fuente de Internet

&lt;1 %

66

[www.temasambientales.com](http://www.temasambientales.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

67

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES  
S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura  
de Disposición Final de Residuos Sólidos No  
Municipales Peligrosos y No Peligrosos -  
Relleno de Seguridad La Joya-IGA0017851",  
R.D. N° 00037-2022-SENACE-PE/DEIN, 2022

Publicación

&lt;1 %

68

APS INGENIEROS S.A.C.. "PAMA de  
Instalaciones de Comercialización de  
Residuos Sólidos-IGA0001480", R.D. N° 0412-  
2017/DSA/DIGESA/SA, 2020

Publicación

&lt;1 %

69

CLEAN TECHNOLOGY S.A.C.. "EIA-SD del  
Proyecto Infraestructura de Tratamiento y  
Disposición Final de Residuos Sólidos de  
Gestión No Municipal - Relleno de Seguridad  
Majes-IGA0003710", R.D. N° 00161-2019-  
SENACE-PE/DEIN, 2021

Publicación

&lt;1 %

70

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTIAGO DE C. "PMR del Distrito de Santiago de Cao 2016-IGA0008044", O.M. N° 008-2016-MDSC, 2020

Publicación

&lt;1 %

71

ORIZANO ALCEDO RICHARD JOSUE. "Plan de Recuperación de Áreas Degradadas y Construcción de la Celda Transitoria para la Disposición Final de Residuos Sólidos en el Paraje Izcocusana del Distrito de Sapallanga - Huancayo - Junín-IGA0015513", R.G.S.P. N° 426-2021-MPH/GSP, 2022

Publicación

&lt;1 %

72

[ahimsaesvida.blogspot.com](http://ahimsaesvida.blogspot.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

73

[docplayer.net](http://docplayer.net)

Fuente de Internet

&lt;1 %

74

[epas.mendoza.gov.ar](http://epas.mendoza.gov.ar)

Fuente de Internet

&lt;1 %

75

[ifcext.ifc.org](http://ifcext.ifc.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

76

[repositorio.lamolina.edu.pe](http://repositorio.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

77

[repositorio.unap.edu.pe](http://repositorio.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

78

[sial.segat.gob.pe](http://sial.segat.gob.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

79

[www.ianas.org](http://www.ianas.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

80

[www.moyaangeler.es](http://www.moyaangeler.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

81

[www.munitambogrande.gob.pe](http://www.munitambogrande.gob.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

82

[www.notiempresarialesec.com](http://www.notiempresarialesec.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

83

[www.pollux-fid.de](http://www.pollux-fid.de)

Fuente de Internet

&lt;1 %

84

CHUQUICHAICO SAMANIEGO ELIAS  
EDILBERTO. "EIA del Proyecto Planta de  
Tratamiento y Disposición Final de Residuos  
Sólidos Añaspampa - Huancayo-IGA0003682",  
R.D. N° 0126-2010/DIGESA/SA, 2020

Publicación

&lt;1 %

85

CONSORCIO FICHTNER GMBH & CO. KG -  
CONSULTORIA Y DIRECCION DE PROYECTOS  
- CYDEP S.A.S.. "DIA del Proyecto Relleno  
Sanitario, Planta de Reaprovechamiento de  
Residuos Orgánicos y Planta de Separación  
de Residuos Inorgánicos Reciclables para el  
Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja,  
Departamento de Junín-IGA0005417", R.D. N°  
363-2015/DSB/DIGESA/SA, 2021

Publicación

&lt;1 %

---

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias      Apagado

Excluir bibliografía      Activo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios,  
por regalarme la oportunidad de existir y dejarme completar cada uno de mis  
objetivos.

A mi maestro de primaria, profesor Miguel Ccansaya Huamán,  
porque siempre tuvo fe de mi persona.

A mis maestros de la universidad,  
porque fueron el pilar fundamental en mi formación académica en los cinco  
años de enseñanza.

Por último, a la Universidad Continental,  
por la oportunidad de abrimos sus puertas para alcanzar nuestros objetivos.

**Marisol Huamán Tutacano**

Agradezco a Dios,  
por proteger mi camino y darme fuerzas para superar los obstáculos y las  
dificultades que se presentaron a lo largo de toda mi vida, por darme otra oportunidad  
y permitirme seguir adelante con mis sueños.

A mi madre,  
porque con su demostración de fortaleza y lucha me ha enseñado a no desfallecer ni  
rendirme ante nada y a siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi hermana Rina,  
por creer y confiar ciegamente en mí y por su apoyo incondicional en los  
peores momentos.

**Ernesto Huamaní Huaspa**

Agradezco a Dios,  
por darme la vida y la oportunidad de seguir cumpliendo mis propósitos.  
A mis padres, mis familiares y a mi compañera de vida, Diana Aguayo Uscamaita,  
por ser partícipes de mis proyectos  
A mis compañeros, el Ing. Ernesto Huamaní Huaspa y Marisol Huaman Tutacano,  
por su dedicación, esfuerzo y perseverancia.

**Brayan M. Besaño Cconchoy**

## DEDICATORIAS

Dedico el presente trabajo a toda mi familia y a todas las personas que fueron partícipes en el camino de mi formación profesional por su apoyo incondicional.

Especialmente, a mi madre, por ser la principal impulsora en mi vida y porque me enseñó a perseverar, me inculcó buenos valores y me mostró que la vida es una lucha diaria y que se debe trabajar por alcanzar los sueños.

A mis sobrinos, por ser mi motivación, y a mi padre, por darme la vida.

**Marisol Huamán Tutacano**

Dedico este trabajo, principalmente, a mi madre y a mi padre, por ser mis pilares más importantes y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mis hijos, Ernesto Tebes y Sami Luciana, por ser una inspiración para concluir mis estudios.

A mi esposa, Verónica Cahuana Choque, quien, a pesar de las circunstancias, estuvo presente, luchando por un futuro mejor y por compartir más momentos significativos conmigo. Además, por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme.

A toda mi familia, porque siempre estuvieron en los momentos difíciles.

**Ernesto Huamaní Huaspa**

Este trabajo se lo dedico, con mucho amor, a mi madre querida, por ser el pilar fundamental en mis logros y por estar en cada momento de mi vida apoyándome.

A mi compañera de vida, por estar siempre motivándome en cada proyecto que me propongo, de manera incondicional, por siempre estar en esos momentos difíciles, dándome una palabra de aliento para seguir adelante.

A mi padre, por darme ejemplos de esfuerzo, humildad y perseverancia en cada etapa de mi vida, y por guiarme con la experiencia que la vida le dio.

A mis familiares, por darme aliento para seguir adelante y cumplir con mis propósitos.

**Brayan Marco Besaño Cconchoy**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	7
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	7
1.1.1. Planteamiento del Problema	7
1.1.2. Problema general	8
1.1.3. Problemas específicos	8
1.2. Objetivos	8
1.2.1. Objetivo General	8
1.2.2. Objetivos Específicos	8
1.3. Justificación e importancia	8
1.3.1. Aspecto Ambiental	8
1.3.2. Aspecto social	9
1.3.3. Aspecto Tecnológico.	9
1.4. Importancia	10
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes del Problema	10
2.1.1 Antecedentes Nacionales	10
2.1.2 Antecedentes Internacionales	11
2.2. Bases teóricas.	13
2.2.1 Fundamentos teóricos de la investigación	13
2.2.2 Términos Básicos	24
CAPITULO III METODOLOGIA.	26
3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución	26
3.1.1. Método de la Investigación	26
3.1.2. Tipo de investigación	27
3.2. Diseño de la Investigación	27
3.3. Técnicas de recolección de datos	29
3.4. Técnicas de análisis y procesamiento de datos	29
CAPITULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.	30
4.1. Identificación de requerimientos	30
4.1.1. Requerimientos en el aspecto técnico	31
4.1.2. Requerimientos en el aspecto social	31

4.1.3.	Requerimientos en el aspecto ambiental	32
4.2.	Análisis de la solución	34
4.2.1.	Análisis de la solución del aspecto técnico	34
4.2.1.1.	Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas y entre otros)	34
4.2.1.2.	Dimensiones de terreno	35
4.2.1.3.	Vida Útil	36
4.2.1.4.	Geología del Suelo	37
4.2.1.5.	Posibilidad del material de cobertura	39
4.2.1.6.	Área natural protegida por el estado	40
4.2.1.7.	Pendiente del terreno	42
4.2.2.	Análisis de la solución del aspecto social	45
4.2.2.1.	Propiedad del terreno	45
4.2.3.	Análisis de la solución del aspecto ambiental	46
4.2.3.1.	Análisis de la selección de sitio del área propuesta	46
4.2.3.2.	Distancia a la población más cercana	49
4.2.3.3.	Distancia a Granjas de Crianza de Animales	50
4.2.3.4.	Distancia a fuentes de Aguas Superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos.	50
4.2.3.5.	Orientación dominante del viento	52
4.3.	Diseño	53
4.3.1.	Zonificación del distrito para el estudio de caracterización	56
4.3.1.1.	Distribución de las muestras a partir de un mapa catastral	57
4.3.1.2.	Determinación del tamaño y distribución de la muestra para viviendas	57
4.3.1.3.	Determinación de la Generación Per-cápita de los Residuos Sólidos domiciliarios	59
4.3.1.4.	Determinación de la Generación de Residuos Sólidos Municipales de Origen NO domiciliario	60
<b>CAPITULO V</b>		<b>63</b>
<b>CONSTRUCCIÓN</b>		<b>63</b>
5.1.	Construcción	63
5.1.1.	Fases de construcción del relleno sanitario	63
5.1.2.	Composición física de los Residuos	62
5.1.3.	Presupuesto de la construcción:	65
5.1.4.	Detalle de construcción:	66
5.2.	Pruebas y resultados	76
5.2.1.	75	

5.2.1.1.	Selección del método	76
5.2.1.2.	Proyección de la Población	76
5.2.1.3.	Generación total y producción	76
5.2.1.4.	Cálculo del Volumen de Residuos Sólidos	79
5.2.1.5.	Cálculo de la cantidad del relleno sanitario estabilizado	79
5.2.1.6.	Cálculos del área requerida	79
5.2.1.7.	Diseño de la Trinchera o Zanja-Volumen de la Zanja (vz)	80
5.2.1.8.	Cálculo de Generación de Lixiviados	81
5.2.1.9.	Dimensionamiento de Drenes	84
5.2.1.10.	Dimensionamiento de los canales pluviales	85
5.2.1.11.	Dimensionamiento del canal Trapezoidal con	85
5.2.1.12.	Chimeneas	88
5.2.1.13.	Edificación Administrativa	88
5.2.1.14.	Instalaciones Sanitarias	89
5.2.2.	Monitoreo y valoración:	90
CONCLUSIONES		91
TRABAJOS FUTUROS		92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		93
ANEXOS		97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de generación de RSM	14
Tabla 2. Clasificación de residuo	15
Tabla 3. Tipificación de residuos sólidos municipales (%) en América Latina y el Caribe	16
Tabla 4. Tipos de rellenos sanitarios	17
Tabla 5. Superficies de terreno en función a la vida útil	19
Tabla 6. Criterios de valoración del terreno	22
Tabla 7. Recolección de datos	29
Tabla 8. Matriz de calificación de distancias a infraestructuras existentes	34
Tabla 9. Infraestructuras existentes	35
Tabla 10. Puntuación con Respecto al área de terreno	35
Tabla 11. Área del Terreno	35
Tabla 12. Puntuación con Respecto a la vida útil	36
Tabla 13. Vida Útil	36
Tabla 14. Puntuación con Respecto a la Permeabilidad	39
Tabla 15. Permeabilidad del Terreno	39
Tabla 16. Puntuación con Respecto a distancia a la posibilidad del material de cobertura	40
Tabla 17. Material de Cobertura	40
Tabla 18. Puntuación con Respecto a Áreas Naturales Protegidas	42
Tabla 19. Terrenos con referencia a Áreas Naturales Protegidas	42
Tabla 20. Matriz de calificación.	44
Tabla 21. Pendiente del Terreno	45
Tabla 22. Puntuación Propuesta por el Equipo Técnico	45
Tabla 23. Propiedad de los terrenos ofertados	46
Tabla 24. Etapas para la elección del sitio de implementación del proyecto	47
Tabla 25. Matriz de calificación de distancias con población más cercana.	49
Tabla 26. Calificación del área seleccionada	49
Tabla 27. Matriz de calificación de distancias con granjas más cercana.	50
Tabla 28. Calificación del área seleccionada	51
Tabla 29. Matriz de calificación de distancias con Aguas Superficiales.	52
Tabla 30. Calificación del área seleccionada	52
Tabla 31. Dirección del viento predominante	53
Tabla 32. Criterio de Selección del terreno de implantación del proyecto	54
Tabla 33. : Población Empadronada para Caracterización del Distrito de Ocoruro	57
Tabla 34. Distribución de las Muestras por Zona	58
Tabla 35. Resumen Composición Física de Residuos Domiciliarios por Tipo	59
Tabla 36. Generación de residuos sólidos No domiciliarios	60
Tabla 37. Residuos no domiciliarios de mayor potencial de valorización	62
Tabla 38. Etapas de Construcción del Proyecto	63
Tabla 39. Resumen composición física de los RS domiciliarios y No domiciliarios por tipo.	64
Tabla 40. Presupuesto de ejecución de obra.	65

Tabla 41 Proyección poblacional del distrito de Ocoruro para el año 2017 – 2031	77
Tabla 42. Detalle del PPC del Distrito de Ocoruro	78
Tabla 43. Dimensionamiento de las Trincheras.	80
Tabla 44. Dimensionamiento de la poza para acopio transitorio de lixiviados	83
Tabla 45. Drenes para lixiviados: características de secciones por tipo de rellenos.	84
Tabla 46. Detalle de los parámetros para el cálculo de la descarga máxima de diseño.	86
Tabla 47. Coeficiente de escorrentía y área basados en tipo de suelo.	89
Tabla 48. Ambientes de la edificación administrativa	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Ubicación geográfica .....	29
Figura. 2. Columna estratigráfica generalizada local .....	34
Figura. 3. Mapa de áreas naturales protegidas .....	37
Figura. 4. Mapa fidiográfica de las áreas en estudio .....	39
Figura. 5. Mapa geomorfológico de las áreas en estudio .....	40
Figura 6. Dirección promedio anual del viento – Estación Meteorológica Regional Yauri .....	48
Figura 7. Proceso metodológico para el dimensionamiento del relleno sanitario .....	51
Figura. 8. Diagrama de flujo del proceso operacional de un relleno sanitario .....	52
Figura. 9. Representación gráfica del relleno sanitario .....	53
Figura. 10. Identificación de residuos sólidos .....	59
Figura. 11. Representación del dimensionamiento de una zanja .....	80
Figura. 12. Cálculo de los elementos del canal Trapezoidal con H canales .....	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico .....	95
Anexo 2. Composición de los residuos sólidos .....	98
Anexo 3. Modelado 3D vista aérea del relleno sanitario .....	99
Anexo 4. Modelado 3D entrada del relleno sanitario.....	100
Anexo 5. Modelado 3D Vista frontal de trinchera de disposición final.....	101
Anexo 6. Modelado 3D Vista isométrica del relleno sanitario. ....	102
Anexo 7. Modelado 3D Vista isométrica del área administrativa. ....	103

## RESUMEN

El estudio realizado fue en el distrito de Ocoruro, provincia de Espinar, departamento del Cusco sobre la propuesta de diseño de relleno sanitario manual en pequeñas poblaciones. Con el objetivo de identificar los parámetros técnicos, sociales y ambientales y dar la propuesta de diseño de relleno sanitario manual que permita la disposición final de la generación de desechos sólidos del distrito de Ocoruro. Se realizó el método científico, siendo no experimental y la metodología cualitativa y el diseño de investigación es descriptivo, finalmente el corte de investigación es del tipo transversal. Finalmente se identificaron los parámetros técnicos, sociales y ambientales que deben contemplarse para dar la propuesta de dimensionamiento de relleno sanitario manual que brinde la disposición final de la generación de desechos, se concluyó también que el terreno óptimo para la propuesta del proyecto debe tener un área mayor o igual a 5 hectáreas para una vida útil entre 10 y 20 años, la producción per cápita fue de 663,50 kg/día o 242,18 t/ha/año, mientras que la cantidad de residuos sólidos compactados estimado fue de 538,17 m<sup>3</sup>/año y el volumen estabilizado fue de 440,32 m<sup>3</sup>/año, el volumen del material de cobertura resultó en 108 m<sup>3</sup>/año y el volumen del relleno sanitario acumulado anualmente fue de 547,96 m<sup>3</sup>/año, considerando un área por rellenar de 0,2798 ha o 2798,67 m<sup>2</sup>.

**Palabras claves:** Relleno sanitario, Relleno manual, Espinar Cusco, Parámetros de Selección de terreno, Diseño de relleno.

## **ABSTRACT**

The study carried out was in the district of Ocoruro, province of Espinar, department of Cusco on the proposed design of manual landfill in small towns. With the objective of identifying the technical, social and environmental parameters and giving the manual landfill design proposal that allows the final disposal of solid waste generation in the Ocoruro district. The scientific method was carried out, being non-experimental and the qualitative methodology and the research design is descriptive, finally the research section is of the transversal type. Finally, the technical, social and environmental parameters that must be considered to give the manual landfill sizing proposal that provides the final disposal of waste generation are identified. It is also concluded that the optimal land for the project proposal must have an area greater than or equal to 5 hectares for a useful life between 10 and 20 years, the per capita production was 663.50 kg/day or 242.18 t/ha/year, while the estimated amount of compacted solid waste was 538.17 m<sup>3</sup>/year and the stabilized volume was 440.32 m<sup>3</sup>/year, the volume of the cover material resulted in 108 m<sup>3</sup>/year and the volume of the annual accumulated sanitary landfill was 547.96 m<sup>3</sup>/year, considering an area to be filled of 0.2798 ha or 2798.67 m<sup>2</sup>.

Keywords: Sanitary landfill, Manual landfill, Espinar Cusco, Land selection parameters, Landfill design.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son una de las problemáticas con un origen en el crecimiento poblacional y el aumento del consumo de bienes y/o productos que se ha transformado en algo perjudicial para la salud ambiental (1). Toda actividad ocasionada por el ser humano genera residuos como subproducto, los cuales, a mayor introducción de los mismos, generan un mayor aumento de residuos (2). Las actividades llevan a que la consecuencia inmediata sea la eliminación de los residuos sólidos, depositándolos en lugares lejanos y botaderos no autorizados, sin criterio técnico o en mares y ríos (3).

El presente proyecto tiene como finalidad proponer un diseño de relleno sanitario para el distrito de El Tambo mediante la valorización de los residuos aprovechables, para ello, se realizaron estudios previos para la selección de área donde se construirá el relleno sanitario. La metodología empleada fue la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado. Según los resultados de la evaluación, se propone la alternativa 01, que cuenta con un área de 6.51 hectáreas y un perímetro de 1084 metros. Además, el sitio elegido se encuentra a una distancia aproximada de 630 metros de las viviendas y la longitud que lo separa del río Shullcas (río más cercano) es de 2761 metros. El diseño de la infraestructura abarca un área de 6.51 hectáreas que contará con un relleno sanitario semimecanizado con diez zanjas cuyas medidas son de 121.18 metros de largo, 35 metros de ancho y una profundidad de 4 metros. Asimismo, contará con 365 celdas de 73 por 5 con cuyas dimensiones de 7 metros de largo y 1.66 metros de ancho y una profundidad de 4 metros, dos plantas de valorización: una de reciclaje y una de compostaje, entre otras áreas complementarias como: pesaje, servicios higiénicos, comedor y una vida útil de 10 años.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. *Planteamiento del problema.*

Dentro del territorio peruano, se producen más de 234 000 toneladas de desechos sólidos, con solo 118 rellenos sanitarios y más de 1500 botaderos de basura, siendo solo 1477 toneladas de residuos que se incorporan a la cadena productiva del reciclaje, indicando que toda la producción de Residuos Sólidos Municipales (RSM) está enfocada en incrementar el volumen, siendo el problema principal la correcta gestión de los residuos sólidos (5).

El MINAM, en su estudio de caracterización de residuos sólidos por parte de los gobiernos locales del año 2015, informa que el 53,16 % son materia orgánica, el 18,64 % no son aprovechables, el 18,64 % son aprovechables y el 6,83 % son reciclables. Estos indicadores establecen que no todos deberían ir directo a los botaderos, ya que muchos pueden tener un tratamiento adecuado dentro de la gestión que puede brindarse (6).

En la plataforma SIGERSOL, informan que solo 3.309.712 toneladas (50 %) de residuos se disponen en un relleno sanitario, dejando el 50 % expuesto a una disposición que ha incrementado el número de botaderos a cielo abierto, convirtiéndolos en una práctica general (7).

Dentro de la provincia de Espinar, sí continúa el crecimiento poblacional, aumentando la demanda de recursos naturales y, a su vez, la generación diaria de RSM este problema acarreará una situación física, ambiental y monetaria (8). En primer lugar, la población actual de 32 217 habitantes con una generación per cápita de 0,72 kg/hab/día (9).

Por ello, el presente proyecto de investigación plantea establecer la propuesta de un relleno sanitario para brindar un tratamiento de los desechos sólidos municipales del distrito de Ocoruro, evitando que se deposite los RSM en el botadero, ya que los residuos no recolectados terminan en terrenos baldíos, quebradas o se incinera, contribuyendo con estas acciones a una continua contaminación ambiental.

Actualmente, en la región del Cusco solo se cuenta con dos rellenos sanitarios, uno manual y el otro semimecanizado. La región del Cusco cuenta con 13 provincias y 114 distritos, de los que no se llega a atender la demanda de todas las provincias, dándose poca importancia por parte de los gobiernos locales, los cuales también están obligados a dar una solución a esta problemática. Los alcaldes provinciales y distritales en sus planes de gobierno no contemplan el atender o priorizar dicha necesidad, por lo que, año tras año, es desatendida esta necesidad, dando prioridad a otras infraestructuras poco importantes. Asimismo, la cultura poblacional no apoya en proponer la construcción a esta infraestructura, así mismo el desconocimiento por parte de las autoridades de turno tiene un papel de importancia. Es así que se identifica al distrito de Ocoruro de la provincia de Espinar para su atención y proponer un diseño de relleno sanitario manual, según las normativas vigentes, la principal atención a esta problemática es la disposición final, ya que el tratamiento y otras propuestas para una adecuada gestión de los residuos sólidos no sería económicamente rentable. Esto sobre todo por la cantidad de residuos sólidos generados por la reducida cantidad poblacional.

### **1.1.2. Problema general.**

- ¿Qué parámetros técnicos, sociales y ambientales deben contemplarse para implementar una propuesta de relleno sanitario manual que permita la disposición final de la generación de desechos sólidos en el distrito de Ocoruro, provincia de Espinar - Cusco?

### **1.1.3. Problemas específicos.**

- ¿Qué parámetros técnicos se requieren para el diseño de un relleno sanitario?
- ¿Qué parámetros ambientales y sociales se requieren para el diseño de un relleno sanitario?
- ¿Qué clase de diseño de relleno sanitario es el más apropiado para el distrito de Ocoruro, provincia de Espinar - Cusco?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general.**

- Identificar los parámetros técnicos, sociales y ambientales y dar la propuesta de diseño de relleno sanitario manual que permita la disposición final de la generación de desechos sólidos en el distrito de Ocoruro, provincia de Espinar - Cusco.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Identificar los parámetros ambientales y sociales del estudio de selección de terreno y el estudio de caracterización de residuos sólidos.
- Identificar los parámetros técnicos para el dimensionamiento y cálculo del relleno sanitario.
- Proponer qué clase de diseño de relleno sanitario es el más apropiado para el distrito de Ocoruro, provincia de Espinar - Cusco.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Aspecto ambiental.**

El MINAM, en su *“VI Informe Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal”*, indica que el déficit del manejo de los residuos sólidos en el Perú está marcado por la insuficiencia de terrenos adecuados para una correcta disposición final, ya que el cálculo requiere de aproximadamente 200 infraestructuras para un correcto tratamiento, además, al existir un número pequeño de espacios en comparación con el número de botaderos, es importante buscar alternativas en el origen, como la caracterización y la valorización.

De continuar con la situación problemática, las consecuencias son impactos negativos en el medio ambiente como la contaminación de suelos, de aguas, de la atmósfera, problemas paisajísticos, a la Biodiversidad biológica y afectaciones a la salud en forma de enfermedades. Por ello, es de vital importancia evaluar la gestión de los residuos sólidos para evitar repercusiones y consecuencias en este aspecto.

### **1.3.2. Aspecto social.**

El desarrollo económico promueve la existencia de una mayor demanda de recursos naturales que al extraerse altera y degrada el medio ambiente. Se relaciona este factor con el nivel de pobreza y el poco desarrollo económico de algunos sectores, aunque el problema principal en las ciudades es la falta de una gestión ambiental adecuada involucrando a los actores sociales quienes son los generadores de desechos (10).

Por ello, en el Perú se debe de generar una cultura ambiental, debiendo aportar a la sociedad para una adecuada gestión, para lograrlo se debe promover la educación ambiental en todos los estratos sociales.

### **1.3.3. Aspecto tecnológico.**

Al analizar la cadena de valor del tratamiento de desechos sólidos, se estudió la viabilidad de la implementación de una planta de valorización, pero, al realizar las estimaciones correspondientes, se determinó que no era viable tanto técnica como económicamente, ya que el factor de GPC de residuos sólidos del distrito de Ocoruro es muy bajo para justificar este procesamiento de desechos sólidos.

Por lo tanto, las especificaciones técnicas dentro del diseño de proyectos como los de rellenos sanitarios son herramientas útiles en todos los aspectos tecnológicos, siendo de mayor importancia en la toma de decisiones. La investigación aportará con parámetros de diseño que se establecerán en los resultados del trabajo final, que pueden ser utilizados en futuras investigaciones para sitios con similar población y características socio-demográficas.

## **1.4. Importancia**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un llamado para proteger a la naturaleza y garantizar que la población viva en un ambiente sostenible en el transcurso del tiempo. El objetivo 11, adoptado por el Perú, manifiesta que las ciudades deben ser inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Al estar en constante crecimiento poblacional, el sitio de estudio mejorará sus condiciones de vida y dispondrá correctamente de los residuos, además que un relleno

sanitario genera fuentes de empleo y concientiza a la población sobre el cuidado ambiental.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### **2.1.1 Antecedentes nacionales.**

Pereda y Vigo (11), en su trabajo de pregrado titulado “*Diseño de relleno sanitario para el distrito de Magdalena*”, dirigen sus esfuerzos en dar respuesta al problema relacionado con la disposición final de residuos sólidos en el distrito de Magdalena, Cajamarca. El propósito de este trabajo se fundamentó en el dimensionamiento de un relleno sanitario para el distrito de Magdalena, Cajamarca. Para esto fue necesario definir los rangos de caracterización de los residuos sólidos originados en la población de estudio. De igual forma, se siguió una metodología trazada en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM), en la cual se establecen las normativas de diseño, construcción y zonas específicas del relleno sanitario.

El espacio de terreno necesario para la infraestructura de disposición final es de 2.055,80 m<sup>2</sup> y cuenta con una disponibilidad para almacenar 12.399,79 m<sup>3</sup> de residuos a lo largo de su vida útil que se estima de cinco años aproximadamente. Al mismo tiempo, se consideró un área total del relleno sanitario de 1.3 hectáreas que conforman distintas áreas complementarias tales como:

- Poza de lixiviados
- Zona de material de cobertura
- Canales de drenaje
- Áreas administrativas.

En el estudio “*Efecto del diseño de un relleno sanitario en la percepción de disposición de residuos de los pobladores de Chincha Alta - Ica*” de Sota (12), al estudiar la consecuencia del diseño de un relleno sanitario en la población de Chincha Alta-Ica, la metodología aplicada fue cuantitativa a través de encuestas con una muestra de 68 personas. Los resultados indicaron que el 100 % de la población concuerda con que la utilidad de diseñar el relleno es beneficioso para ellos. El diseño tuvo efectos positivos, debido a una gestión adecuada y la reducción de los puntos más afectados por la acumulación de basura que afecta

a todas las viviendas, estableciendo claramente que estos proyectos son benéficos y necesarios.

Pérez y Sánchez, en su estudio titulado *“Propuesta para el diseño de relleno sanitario para el distrito de Baños del Inca”* (13), dentro del distrito de Baños del Inca realizaron el análisis de un diseño de una propuesta de relleno sanitario. Se basaron en la información de caracterización de residuos municipales 2019 – 2023. La metodología utilizada es la referente a la guía para diseño y construcción de infraestructuras (14). Los resultados indican que, para el año 2031, la población será de 53 047 habitantes, con un área requerida de 57191,85 m<sup>2</sup>, siendo la vida útil de al menos 10 años. Concluyendo que esta propuesta es viable bajo normas técnicas.

Huaccoto y Huarachi, en su estudio titulado *“Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno”* (15), proponen, en Acora – Puno, el diseño de un relleno sanitario implementando geomembrana. La metodología utilizada aplicó el método científico cuantitativo a nivel preexperimental. Los resultados indican que la población, dentro de 15 años, ascenderá a 4301 habitantes, lo que generará 29 mil toneladas de residuos y un área de 0,94 hectáreas para disponerlos. Por lo tanto, se diseñó un relleno de tipo manual, operando con método combinado e impermeabilizado con geomembrana de 2 mm en toda la trinchera.

### **2.1.2 Antecedentes internacionales.**

Díaz y Vallejo (16), en su proyecto de investigación *“Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica – Cesar”*, proponen como objetivo general: diseñar un relleno sanitario de tipo manual. Tomando en cuenta las particularidades geodésicas de la zona a estudiar, se empleó la metodología de construcción de celdas, la cual está fundamentada en superponer aquellos residuos que previamente fueron compactados sobre un terreno llano. El proceso de impermeabilizar la base del relleno se ejecutó en cinco etapas:

- Subrasante, se ejecutó el ensayo Proctor y descapote para fijar la proporción entre la masa y humedad del suelo.
- Aplicación de una cubierta de arcilla de grosor de 0.4 metros (m)
- Instalación de una Geomembrana de polipropileno, esta se caracteriza por tener una alta densidad con un espesor de 1.5 milímetros (mm) como mínimo.

- Revestimiento mediante un material geotextil, el cual brinda una protección más eficiente.
- Canto rodado.

En El Salvador, Fernández, en su investigación titulada *“Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de La libertad, departamento de La libertad. Universidad de El Salvador”* (17), desarrolló un trabajo de investigación, cuyo objetivo general se fundamentó en diseñar un relleno sanitario manual para la disposición final de residuos sólidos producidos por la municipalidad liberteña. Para este proyecto, se efectuaron diversos estudios elementales requeridos para el diseño de las instalaciones, al igual que la selección del área a implantar, estudio topográfico, hidrológico, geotécnico, geológico y la identificación de los desechos. La metodología empleada para la construcción será del tipo trinchera, acoplándose a las circunstancias topográficas y freáticas del terreno. En este mismo sentido, el material utilizado para cubrir el área se obtiene del material removido al excavar las celdas. La vida útil establecida para el relleno se estimó en aproximadamente nueve años de duración, sin embargo, esta puede extenderse debido a la implementación de programas de reutilización y compostaje, disminuyendo de manera significativa el volumen de desechos sólidos que recogerá el relleno sanitario.

Duarte (18), en su trabajo de investigación *“Propuesta técnica para la implementación de una planta de tratamiento”*, plantea la propuesta de analizar técnicamente los desechos sólidos con la finalidad de disminuir o suprimir por completo el deterioro potencial para la salud humana y el medio ambiente a través del apoyo de procesos que se fundamentan en el reciclaje, la reutilización o la recuperación de los residuos. Todo esto fundamentado en la cuantificación y la identificación de los desechos sólidos de la municipalidad, mediante un estudio se calcula el alcance de la zona a tratar, las premisas de ejecución y la manipulación de los procesos de planta, tomando en cuenta cada conjunto de acciones de tratamiento como: separación, área de compostaje, reciclaje y el relleno en sí, permitiendo, de manera efectiva, la creación de una nueva estrategia para la gestión de los residuos sólidos del territorio y determinar la factibilidad económica del negocio de reciclaje y compostaje. Por lo tanto, se alcanzaron las siguientes conclusiones:

- Se consiguió como resultado que el 54 % de los residuos producidos, son compatibles con la operación de los procesos inmersos en el compostaje. Esto se determina gracias al método

Takakura, el 26 % de estos residuos corresponden a la implementación de un tratamiento de reciclaje, mientras que el restante 19 % de la fracción tendrá como disposición final un relleno sanitario.

- Por otro lado, se apreció que, en la porción inorgánica que podría reutilizarse, se registró un total de seis tipos de materiales que pueden incluirse en el proceso de reciclaje donde, por semana, se podrían separar y recuperar 11.925 kg para la comercialización. En relación a la disposición final de la fracción restante, se considera imperativo un relleno sanitario con una extensión de 5.8 hectáreas.

## **2.2. Bases teóricas**

### ***2.2.1 Fundamentos teóricos de la investigación.***

- Residuos sólidos

Se entiende como todas aquellas sustancias de las que el generador dispone según la normativa ambiental vigente, siendo la inadecuada disposición impactos negativos al ambiente. Estableciendo su correcta disposición con las siguientes operaciones: almacenamiento, minimización, aprovechamiento, segregación en la fuente, comercialización, recolección, disposición final y transporte (19).

- Fuentes generadoras de RSM

La producción de residuos sólidos es directamente proporcional a las acciones que se realizan dentro de un entorno social. El incremento de consumos de primera necesidad ha incrementado mundialmente la tasa de generación indicando que de 0,5 se pasó a 1 kg/hab/día, indicando un aumento del 50 % (20). En la siguiente tabla, se presenta las principales fuentes generadoras.

**Tabla 1.**

*Fuentes de generación de RSM*

<b>Fuente</b>	<b>Porcentaje de residuos</b>
Domicilios	50 – 75
Comercios	10 – 20
Instituciones	5 – 15
Industrias pequeñas	5 – 30
Limpieza y barrido público	10 - 20

Fuente: Solórzano (21)

- **Clasificación de RSM**

La mayoría de los residuos sólidos urbanos se clasifican en función del origen de donde provienen, siendo esta mayoría clasificada como materia orgánica. En la siguiente tabla, se encuentra la clasificación de los residuos y la descripción de estos.

**Tabla 2.***Clasificación de residuos*

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Materia orgánica	Restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares
Madera, follaje	ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas.
Papel	papel blanco tipo bond, papel periódico, otros
Cartón	cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto
Vidrio	vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde.
Plástico PET	botellas de bebidas, gaseosas, aceites.
Plástico duro	frascos, bateas, otros recipientes.
Bolsas	bolsas chequeras o de despacho.
Tetrapak	envases de leche, jugos, etc.
Metal	latas de atún, leche, conservas, fierro, envases de gaseosa en lata, marcos de ventana, etc.
Telas, textiles	restos de telas, textiles
Caucho, cuero, jebe	restos de cartuchos, cuero o jebes.
Pilas	residuos de pilas.
Restos de medicinas, focos, etc.	restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares.
Residuos sanitarios	papel higiénico, pañales y toallas higiénicas
Residuos inertes	a, tierra, piedras y similares.
Otros (Especificar)	aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo.

Fuente: MINAM (22)

- **Composición de RSM**

La composición de residuos está identificada como la cantidad en peso o porcentaje de los diferentes residuos, siendo este una característica importante de diseño y una de las partes más conflictivas del dimensionamiento, ya que existen dentro de los municipios algunos problemas en lo que concierne al registro de la composición de sus RSM. En la siguiente tabla, están expresados algunos ejemplos de composición de residuos municipales.

**Tabla 3.***Tipificación de residuos sólidos municipales (%) en América Latina y el Caribe*

<b>Pais/Ciudad</b>	<b>Cartón y papel</b>	<b>Metal</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Textiles</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Orgánicos y putrescibles</b>	<b>Otros e inertes</b>
República dominicana	8				9	75	
Barbados	20				9	59	12
Bélice	5	5	5		5	60	20
Costa Rica	20,7	2,1	2,3	4,1	17,7	49,8	3,3
Perú	7,5	2,3	3,4	1,5	4,3	54,5	25,9
Caracas	22,3	2,9	4,5	4,1	11,7	41,3	11,2
Asunción	10,2	1,3	3,5	1,2	4,2	58,2	19,9
Ecuador	9,6	0,7	3,7		4,5	71,4	
Guatemala	13,9	1,8	3,2	0,9	8,1	63,3	8,8
México	20,9	3,1	7,6	4,5	8,4	44	11,5

Fuente: Sáez y Urdaneta (20)

- **Relleno sanitario**

Técnica utilizada para la ubicación de materiales considerados desechos en el suelo, a fin de no originar daño al medio ambiente y, al mismo tiempo, sin ocasionar contrariedades o algún tipo de riesgo para la salud y la seguridad pública, utilizando bases teóricas y prácticas de Ingeniería para confinarlos en una zona lo más pequeña posible, comprimiendo su volumen al mínimo y, así, cubrirlos con un manto de material de cobertura con la continuidad que sea requerida, por lo menos al fin de cada jornada (23).

- **Tipos de rellenos sanitarios**

En este tipo de descripción, el enfoque se refiere a la forma de confinamiento que se le da a los desechos, en su respectiva celda. Muchas veces existe la ayuda de maquinaria pesada como excavadoras (relleno mecanizado) o solo con herramientas menores (relleno manual). Este tipo de diferencia está marcada por el número de habitantes y el volumen que estos generan, siendo una población

elevada la que tendría un relleno mecanizado y, a su vez, una pequeña población tendría uno manual, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4.**

*Tipos de rellenos sanitarios*

<b>Criterio</b>	<b>Manual</b>	<b>Semi mecanizado</b>	<b>Mecanizado</b>
Capacidad de disposición de RSM	Hasta 6 ton/día	Superior 6 hasta 50 ton/día	Más de 50 ton/día
Características de la operación	Las actividades se realizan con herramientas y forma manual  Se utiliza maquinaria solo para corte y acopio de tierra.	Las actividades se realizan con equipos multiuso (retroexcavadora o minicargador).	Obligatoriamente se realiza con maquinaria pesada, de uso exclusivo.  La maquinaria está acorde a la cantidad de residuos, suelo y condición climática.  El equipo mínimo consta de un tractor de orugas D6D o equivalente, cargador frontal 950 o equivalente y volquete de 14 m <sup>3</sup>
Periodicidad del uso de maquinaria	Esporádica, solo cuando es necesario	Frecuentemente	Permanente

Fuente: MINAM (24)

- **Métodos constructivos**

Los rellenos sanitarios se identifican por tres tipos para su construcción: Tipo área, tipo trinchera y combinado (área y trinchera). La diferencia entre ellos se marca por la cantidad de desechos y la topografía del terreno (24).

- **Método de trinchera o zanja**

Este método consiste en efectuar remociones de terreno en forma de trincheras o zanjas con una determinada profundidad, siendo ejecutado por maquinaria pesada. Los residuos se acomodan para luego ser compactados y cubiertos con material adecuado. Es utilizado en terrenos planos y ondulados, teniendo cuidado con la escorrentía que podría ir a la zanja.

- Método de área

Se realiza por medio de excavaciones que cumplen con los lineamientos de planificación, de ser posible se dispone el material en otras áreas. En este método, el material es depositado sobre un terreno previamente impermeabilizado con lo que se forman plataformas de varias altitudes. Se utiliza en terrenos comúnmente planos y donde es posible cavar zanjas o trincheras.

También es utilizado para rellenar vacíos naturales o canteras abandonadas, siendo el suelo acondicionado para la disposición de residuos. Las celdas se forman en función de la superficie del terreno y conformando taludes para su estabilización, se apoyan en la pendiente natural, siendo los residuos dispuestos en el cimientado del talud, extendiendo y apisonados, cubriendo diariamente con una capa de tierra (iniciando desde el fondo hacia arriba).

- Combinación de ambos métodos

La combinación de los métodos mencionados anteriormente se realiza debido que mantienen similar disposición de los residuos. Es aquí donde se empieza cubriendo las acumulaciones por debajo de la superficie, para, posteriormente, subir de forma vertical mediante la sucesión de plataformas o capas.

- Parámetros de diseño de un relleno

- Área necesaria y vida útil

Este parámetro está destinado para la obra de infraestructura siendo realizado en coordinación entre la municipalidad provincial y distrital. Entre algunos aspectos a considerar están los siguientes: la utilización de superficie y el plan de expansión urbana deben ser compatibles, la minimización de impactos ambientales por la construcción, disponibilidad de material de cobertura, ubicarse a una distancia no menor de 500 m de poblaciones, estar alejada de 500 m de fuentes de agua, entre otras.

Los períodos de vida útil, tal como establece la *“Guía de diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales”* (14), son: tres años, no menor a 10 años y no menor a 15 años. En la siguiente tabla, se relaciona el área necesaria con el tiempo de vida útil.

**Tabla 5.***Superficies de terreno en función de la vida útil*

	<b>Celda transitoria y relleno sanitario manual  (6 ton/día)</b>	<b>Celda transitoria y relleno sanitario semi mecanizada  (50 ton/día)</b>	<b>Celda transitoria, relleno sanitario mecanizado y relleno seco.  (100 – 800 ton/día)</b>
Superficie para vida útil de 3 años (celda)	0,25 ha	1,45 ha	3,00 ha (15,00 ha)
Superficie para vida útil de 10 años (relleno sanitario)	0,75 ha	3,30 ha	10,00ha (25,00 ha)
Vías, campamento, infraestructura	4,00 ha	5,25 ha	10,00 ha (10,00 ha)
Superficie mínima recomendable	5,00 ha	10,00 ha	(23,00 ha) (50,00 ha)

Fuente: MINAM (14)

- Cálculo de cantidades volumétricas de residuos sólidos

Para la realización de este cálculo, se requiere disponer de la información estadística y de la demografía de la población, es decir la cantidad poblacional. De igual forma, la producción originada de la población de estudio en habitantes por día (hab/día) y la generación de residuos sólidos no domiciliarios asimilables a residuos sólidos municipales, con lo cual se establece la tasa anual de incremento de la producción per cápita de residuos sólidos (R.R.S.S.). Para proyectar la población a futuro, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Pf = Pi * (1 + t)^T$$

(1)

Donde:

Pf = Población futura

Pi = Población inicial

t = tasa de crecimiento anual

T = tiempo en años

Es así que se construye una matriz donde se coloca el número de años de diseño del relleno, los años calendario (por ejemplo, 2016 a 2025), producción diaria de residuos domiciliarios y no domiciliarios, cantidad de RRSS almacenados en papeleras, cantidad de RRSS producto del barrido y la generación de RSM que resulta de la sumatoria de los ítems anteriores. Con esta información, se obtiene la data necesaria para el volumen de residuos aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de RRSS} \left( \frac{m^3}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Cantidad} \left( \frac{\text{toneladas}}{\text{año}} \right)}{\text{Densidad mínima proyectada} \left( \frac{\text{toneladas}}{m^3} \right)} \quad (2)$$

- Cantidad de admisión de las trincheras

Este parámetro de diseño requiere calcular el volumen (V) que receptorá cada trinchera o plataforma para satisfacer la necesidad del relleno, por lo tanto, se aplica la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{3}H(A * B + C * D + \sqrt{A * B * C * D}) \quad (3)$$

Donde:

A = Largo de base mayor

B = Ancho de base mayor

C = Ancho de base menor

D = Largo de base menor

H = Altura

El volumen calculado se aplica para cada trinchera o terraplén, siendo el volumen total la sumatoria de todos estos aspectos en unidades de metros cúbicos.

- Cálculo del área requerida
  - a) Celda diaria: La disposición de residuos en la celda diaria requiere de un volumen de residuos diarios a situar, horas punta, equipamiento disponible y modalidad de operación. Para obtener el volumen de celda requerido, se aplica la fórmula (2). La altura de las capas se asume de acuerdo con el tipo de relleno sanitario, la superficie se obtiene al dividir el volumen de celda para la altura promedio. La longitud del frente de descarga es un dato otorgado por el operador, por lo tanto, la longitud de avance relaciona la superficie para el frente de descarga. El ancho y largo de la celda diaria está dado por las dimensiones de los frentes de trabajo.
  - b) Capacidad útil: Se obtiene tomando en cuenta el volumen anual de residuos. El volumen total a disponer se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$Volumen\ total = \sum \frac{GM}{DRC} + VMC$$

(4)

Donde:

GM = Generación municipal (ton/año)

DRC = Densidad de residuos sólidos compactados (ton/m<sup>3</sup>)

VMC = Volumen de material de cobertura (m<sup>3</sup>/año)

Luego de obtener esta información para cada año, se procede a acumular estos valores con lo que obtiene el volumen del relleno sanitario acumulado en metros cúbicos.

- c) Área requerida para disponer residuos: El volumen acumulado (m<sup>3</sup>) indica el volumen de las celdas para la vida útil de relleno, con este parámetro más la altura que alcanzan los residuos dispuestos (m) se obtiene la superficie requerida para disponer residuos (SDR) en metros cuadrados.

$$SDR = \frac{\text{Volumen acumulado}}{\text{Altura}}$$

(5)

- Características del terreno

Los factores más importantes a considerar son las características del terreno y su geología, para esto se deben realizar estudios con lo que se obtienen parámetros con los que se diseña, acondiciona y prepara el terreno para la obra civil. Siendo los estudios más comunes las pruebas de percolación y análisis de permeabilidad del suelo. Pero un estudio de mecánica de suelo considera aspectos como: estratigrafía e identificación de suelos, ensayos de campo, ensayos de laboratorio, caracterización de suelos, condiciones de cimentación, entre otros.

Para la selección del área de terreno, el MINAM establece la Matriz de Calificación para la Preselección de Área para Disposición Final y/o Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, calificando con los siguientes puntajes: 0 a 195 regular (no aceptable), 195 a 355 moderado (aceptable) y 355 a más bueno (primera opción).

**Tabla 6.**

*Criterios de valoración del terreno*

<b>Puntaje ponderado total</b>	<b>Calificación</b>
0-195	Terreno no aceptable - Regular
195-355	Terreno aceptable – Moderado
355 a más	Terreno aceptable de primera opción – Bueno

Fuente: MINAM (14)

- Lixiviados

La generación de lixiviados es una característica que requiere de diseño ya que, el material a disponer en las celdas generará un residuo líquido conocido como lixiviado luego de un proceso de descomposición. Este compuesto se combina con el agua de escorrentía fluyendo por los canales diseñados para su evacuación. El tratamiento que se da a los

lixiviados contempla la degradación anaeróbica, piscinas aireadas, lagunas biológicas y precipitación química. Para el diseño del sistema de recolección, recirculación y drenaje de lixiviados se calculan los siguientes parámetros:

a) Dimensionamiento para manejo de lixiviados:

El volumen de lixiviados está en función de la precipitación, ya que las lluvias por medio de la escorrentía superficial caen dentro del área del relleno, por lo que incrementa los lixiviados infiltrándose en el terreno. Por ello, se emplea la metodología suiza con la fórmula mostrada a continuación:

$$Q = \frac{(1 * P * A * K)}{t} \quad (6)$$

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviados (l/seg)

P = Precipitación máxima anual (mm/año)

A = Área de la plataforma (m<sup>2</sup>)

K = Coeficiente del grado compactación de basura, 0,25 – 0,50 (débil compactación), 0,15 – 0,25 (fuerte compactación)

Con lo antes mencionado acerca de la precipitación, este parámetro tiene consideraciones y criterios dentro del dimensionamiento, es así que para el drenaje fluvial es necesario obtener los datos de precipitación máxima en 24 horas de varios años, la precipitación máxima para un período de retorno de 50 y 100 años, estimar el caudal por el método racional y determinar el coeficiente de escorrentía, con lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad (7)$$

El área de drenaje se calcula con la fórmula anterior, misma que permite obtener varios resultados como el área hidráulica, radio hidráulico, velocidad, entre otros. Con lo que se determina el tipo de flujo y se verifican las velocidades dentro de los canales.

Una vez obtenido el cálculo de las precipitaciones pluviales mensualizadas, se realiza la sumatoria de mes a mes, con lo cual se obtienen datos para determinar el promedio máximo y mínimo, y se estima la precipitación diaria anual y la máxima precipitación mensual. Con los resultados de la máxima precipitación, se obtienen los caudales de generación de lixiviados mensualizados. Al realizar la sumatoria de todos los caudales, se obtiene el volumen anual, por lo tanto, el volumen de almacenamiento de la poza de lixiviados.

- Poza de almacenamiento de lixiviados

Luego de estimar el caudal diario (m<sup>3</sup>/día) del lixiviado producido, se efectúa el diseño de la poza de lixiviados. En este tipo de poza, la metodología a implementar es la de trincheras y se usa el cálculo de volumen (V) mediante la fórmula:

$$V = \frac{1}{3} h(a * b + c * d) \sqrt{b + c * d}$$

(8)

- Manejo de gases

Al mantener los lixiviados por un periodo de tiempo determinado, se generan gases que requieren un manejo incrementando de la elevación de los drenes erguidos y rellenando con material rocoso mediano en relación con el aumento de la capa de residuos. Los drenes se equipan con madera y malla metálica (tipo gavión) o con cilindros metálicos. La construcción culmina con la colocación de un quemador para aliviar la combustión generada del biogás.

Existen dos alternativas para tratar los gases: la implementación de capturar y quemar los gases, con lo cual, se reducen emisiones tanto para una generación mayor a 200 ton/día como para una generación menor a 200 ton/día. Para definir las dimensiones dentro de un relleno sanitario manual, la sección cuadrada tipo gavión debe mantener un tamaño mediano (5" a 10" de diámetro, con un área de 0.16 m<sup>2</sup> (0.4 x 0.4 m), así como los drenes verticales deben distribuirse cada 15 m, con un área de influencia de 225 m<sup>2</sup>.

### **2.2.2 Términos básicos.**

En este apartado, se definirán los términos que se abordan dentro del trabajo, para utilizar toda la información establecida en el glosario de la *“Guía de diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales”* (14), siendo los siguientes:

- Botadero

Depósito inapropiado de grandes cantidades de desechos en carreteras y sitios públicos, zonas rurales, urbanas, o abandonadas que originan riesgos salubres o relacionadas con el medio ambiente. Estos depósitos se presentan fuera de toda Ley, norma y carecen de autorización.

- Celda

Construcción situada internamente en un relleno sanitario, en el cual, se depositan y compactan los residuos finalmente.

- Celda Transitoria

Constituyen infraestructuras para disposición final de residuos municipales, con características similares a la celda de relleno sanitario, su habilitación se sustenta en una declaratoria de emergencia que debe contar con opinión favorable de la DGRS del MINAM.

- Ciclo de vida

Fases que guardan estrecha relación entre ellas, las cuales, consisten en adquirir o producir materias primas para la fabricación, distribución, valorización o algún tipo de uso para finalmente eliminarla como residuo.

- Compactación

Consiste en la acción de ejercer presión sobre algún material para suprimir a su mínima expresión los vacíos existentes en él. El objetivo de realizar la compactación en los rellenos sanitarios es reducir el volumen de espacio que utilizarán los residuos sólidos con la finalidad de conseguir una mayor estabilidad y vida útil.

- Disposición final

Son aquellos procesos u operaciones que tienen como finalidad, el correcto procesamiento y disposición en un área específica de los residuos, como último paso en su gestión de forma perpetua, salubre y segura ambientalmente.

- Gestión integral de residuos

Se refiere a toda acción técnica, administrativa, de enlace, concertación, esbozo, implementación y valoración de políticas, procedimientos y esquemas de operación de la administración adecuada de los residuos sólidos.

- Lixiviado

Sustancia líquida derivada esencialmente de las precipitaciones pluviales las cuales se filtran a través del material de cubierta que se encuentra sobre los mantos de residuos, acarreando considerables cantidades de materia orgánica y diversos contaminantes.

- Relleno sanitario

Se trata de una instalación que tiene como propósito la disposición para la gestión sanitaria y ambientalmente segura de los residuos municipales en la superficie o bajo tierra, fundamentados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.

- Residuos municipales

Son residuos que se originan de la gestión municipal de los mismos, estos están compuestos por los residuos domiciliarios y no domiciliarios (abarcando actividades de comercio, playas y otras actividades urbanas). Estos residuos se recolectan a través de las facilidades de limpieza gubernamental.

- Residuos orgánicos

Aquellos restos biodegradables o en putrefacción. Estos alcanzan a formarse en el entorno de la administración municipal o no municipal.

- Residuos Inorgánicos no aprovechables

Son un tipo de material que ya fue utilizado y que ya no puede ofrecer ningún tipo de probabilidad de reincorporación o aprovechamiento en un nuevo proceso de producción.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución**

#### ***3.1.1. Método de la investigación.***

En este trabajo de investigación, se aplicó el método científico, por lo que se implementó una metodología científica, analizando y recolectando distintos autores como Abreu (25) que manifiesta la importancia del método de la observación, el cual es la base de toda investigación, se estudian y conoce las características más comunes que se reflejan en un conjunto de realidades para elaborar una propuesta. En ese sentido, corresponde considerar estudios de caracterización los cuales serán el cimiento para implantar un relleno sanitario manual, con el fin de segregar y disponer los residuos sólidos producidos en el distrito de Ocoruro.

Se implementó una metodología científica, según Hernández-Sampieri et. al. (26), ya que se procuró la obtención de resultados de gran relevancia, tras estudiar cómo se relacionan las variables de estudio. Complementando con lo planteado por Arroyo (27) en relación a la implementación de una metodología general analítica - deductiva, en consecuencia, al examinar el conocimiento desde una perspectiva universal con el fin de lograr alcanzar escenarios concretos, como es debidamente expresado en el argumento de la gestión de los residuos sólidos.

#### ***3.1.2. Tipo de investigación.***

La investigación empleada es de tipo aplicada no experimental porque hay un principio de investigación, un requerimiento de un distrito, que busca una alternativa de solución innovadora que se adapte a las necesidades basándose en conocimientos científicos y tecnológicos. Según SINACYT (28), el desarrollo tecnológico se puede definir como la implementación de los resultados de la indagación o de cualquier otra forma de discernimiento irrefutable, según un régimen o diseño en específico, todo esto para la fabricación de materia prima, bienes,

metodologías, técnicas que muestran una esencial mejora, previo al inicio de su fabricación o uso comercial.

Según Bunge (29), “La ciencia es aclaratoria: intenta explicar los hechos en términos de leyes y las leyes en términos de principios. Los científicos no se satisfacen con representaciones detalladas; además de indagar cómo son las cosas, intentan responder a por qué: por qué acontecen los hechos como ocurren y no de otra manera”. Por ello, la investigación busca detallar de modo profundo los hechos que afectan directamente a los problemas de una colectividad o una ciudad y proyectar una propuesta para la mejora de la gestión integral de los residuos sólidos del distrito Ocoruro, provincia de Espinar - Cusco.

### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación de la propuesta de relleno sanitario en Ocoruro es no experimental, siendo la metodología cualitativa y el diseño de investigación es descriptivo, finalmente el corte de investigación es del tipo transversal. La finalidad del estudio de una propuesta de un relleno sanitario, procurando ofrecer un medio que lleve a solventar el problema de la degradación ambiental y tratar de eliminar aquellas brechas que aún se encuentran presentes, en lo relacionado a la disposición final de los residuos sólidos.

Para realizar todo este trabajo, desarrollamos el siguiente diseño de investigación, siendo una investigación de tipo tecnológico:

- Recolección de datos por parte de los estudiantes para el diseño de relleno sanitario como es el caso del estudio de caracterización de residuos sólidos, el dato más relevante será la GPC para determinar la cantidad total de residuos sólidos que genera el distrito, este dato será sumamente importante para determinar el tamaño del relleno y el espacio (Ha) que se requerirá y entre otras, así también se procede a recoger los datos primordiales del estudio de selección de terreno, el cual nos permitirá saber dónde estará ubicada el futuro relleno sanitario del distrito, en todo este proceso de los estudios preliminares los estudiantes han sido partícipes.

- Se procede a realizar estudios básicos como el estudio topográfico, estudio de suelos, esto con la finalidad de determinar la topografía del terreno y diseñar el tipo de relleno, así también las dimensiones de las celdas, las ubicaciones de las distintas infraestructuras que requiere un relleno sanitaria manual, el estudio de suelos nos permitirá conocer el tipo de suelo con el que contamos para determinar la profundidad y el tipo de geomembrana a colocar, también conocer y determinar el proceso constructivo entre otras; es importante precisar que los estudiantes son participes en todas estas etapas a fin de que los cálculos sean acordes.
- Con los datos obtenidos, se procede a distribuir el área administrativa y de control, vías de acceso interno y externo, cunetas laterales para las aguas superficiales, área de clasificación y compostaje, tratamiento de lixiviados, área de abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura, celdas para la disposición final con todas las infraestructuras necesarias, en este diseño se propone que las celdas sean con cobertura, debido a que en los estudios previos se determina que hay fuertes precipitaciones pluviales por lo que se generaría mayor cantidad de lixiviados, para dicho fin se realizarán cálculos matemáticos utilizando formulas ya existentes, así también se utilizara software como es el caso de AutoCAD, ArcGis, H canales, Power Cost, Excel y entre otros.

### **3.3. Técnicas de recolección de datos**

En la realización del presente trabajo de investigación, se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos, con el propósito de recoger datos de manera eficaz.

**Tabla 7.**

*Recolección de datos*

Técnica	Descripción
La observación	Coherente con el método específico del escudriñamiento; se considera como una herramienta de compilación de los tangibles, de la implementación del método científico.
Revisión de documentos	Se considera documento público, donde se encontrará información respecto al estudio de caracterización, selección de terreno y entre otras, perteneciente al distrito de Ocoruro.
Fuentes Abiertas	Desde la base de datos del INEI se logró obtener datos sumamente importantes siendo este una página gubernamental pública al que se puede acceder desde los sitios de internet.

Fuente: Elaboración propia (2022)

### **3.4. Técnicas de análisis y procesamiento de datos**

Al analizar y procesar la información resultante, se utilizaron una serie de técnicas consonantes a la estadística inferencial y descriptiva, tales como medidas de predilección central para conservar la producción per cápita que permitió el cálculo del diseño y el dimensionamiento del relleno sanitario y el software de dibujo computarizado AutoCAD para la preparación de planos constructivos requeridos, así como la utilización de Power Cost Presupuestos P4.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

#### **4.1. Identificación de requerimientos**

Para la “Propuesta de diseño del relleno sanitario manual ubicado en el distrito de Ocoruro, Provincia de Espinar – Cusco 2022”, se ha elegido la zona de estudio que está compuesta por un relieve diverso, desde áreas con particularidades llanas hasta pendientes con considerable pronunciación, consecuentes de estar formadas por áreas de selva y sierra, en las cuales, uno de los principales recursos es el agua y por lo tanto de una gran importancia, por todo lo descrito anteriormente que hace que la zona posea una vasta reserva de agua.

a) Ubicación política:

- Departamento: Cusco.
- Provincia: Espinar.
- Distrito: Ocoruro.
- Comunidad: Ocoruro.

b) Coordenadas de ubicación UTM:

- Este: 271032.42
- Norte: 8333609.55
- Altitud: 4.122 msnm.

c) Ubicación geográfica:

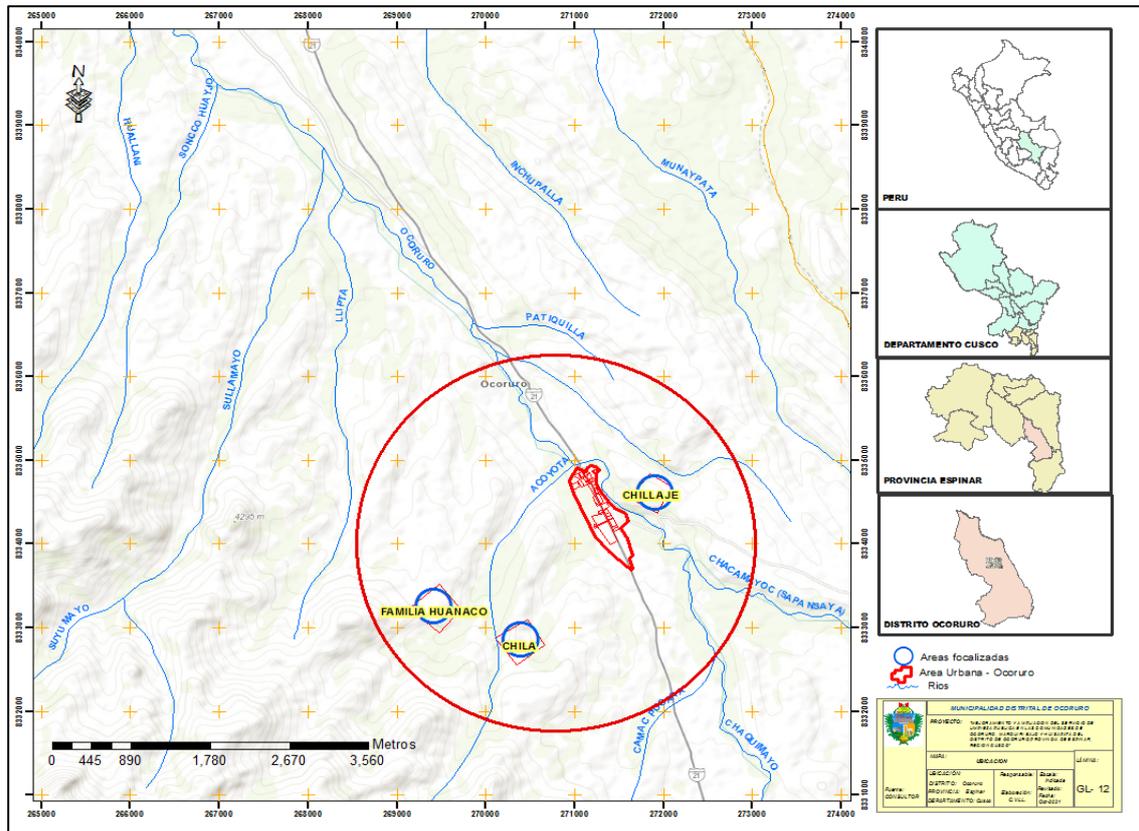
- Por el Norte: Distrito de Pallpata
- Por el Este: Distrito de Pallpata
- Por el Oeste: Distrito de Espinar – Tisco Arequipa
- Por el Sur: Distrito Condorama – Tisco Arequipa

Los requerimientos requeridos para identificar los aspectos ambientales, técnicos y sociales se encontrarán en los estudios de selección de terreno, estudio de caracterización y entre otros los cuales se detallan:

- Distancia a la población más cercana (m)
- Distancia a granjas de crianza de animales (m)
- Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos (m)
- Distancia a fallas geológicas
- Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos).
- Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros).
- Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)
- Área del terreno siendo el estudio topográfico (m<sup>2</sup>)
- Vida Útil
- Dirección predominante del viento (contraría a la población más cercana).
- Pendiente del terreno (topografía)
- Geología del suelo y estudio de suelos (permeabilidad)
- Profundidad de la napa freática (m)
- Posibilidad del material de cobertura.
- Cuenta con barrera sanitaria natural
- Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal km).
- Uso actual del suelo y del área de influencia
- Opinión Pública
- Área natural protegida por el estado.
- Área Arqueológica
- Propiedad del terreno
- GPC.
- Población futura
- Estudios previos

**Figura. 1.**

*Ubicación geográfica*



Fuente: Municipalidad Distrital de Ocoruro (30)

## 4.2. Análisis de la solución

La municipalidad del distrito de Ocoruro ha elaborado distantitos instrumentos de gestión con participación de los graduandos, que sirvió de aporte para precisar los razonamientos técnicos de la elección del sitio, estudio de caracterización y entre otros para la: “propuesta de diseño del relleno sanitario manual ubicado en el distrito de Ocoruro, Provincia de Espinar – Cusco 2022.

### 4.2.1. Análisis de la solución del aspecto técnico.

#### 4.2.1.1. Estudios previos al diseño.

Los estudios previos son el estudio de topografía y el estudio de suelos, estos estudios nos permiten obtener todos los datos, como el área del terreno para la distribución de las distintas infraestructuras que se requieran y se realizaran los distintos planos requeridos. Así,

también, se debe realizar e interpretar el estudio de suelos lo que nos permitirá conocer el tipo de suelo del área del terreno.

#### 4.2.1.2. Generación per cápita de residuos sólidos.

Para calcular la GPC de residuos sólidos, se calcula por cada habitante del distrito y este se realiza mediante el estudio de caracterización de los residuos sólidos, el cual se elabora de acuerdo con las normas vigentes del Perú. Este estudio se realiza previo al dimensionamiento y al cálculo del diseño de relleno sanitario, del mismo modo obtendremos la composición, la densidad y humedad que son parámetros técnicos, realizando la revisión de documentos públicos que han sido elaborados con el aporte de los tesistas.

#### 4.2.1.3. Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas y entre otros).

En el entorno del área seleccionada para la implantación del relleno sanitario, no se aprecia ningún tipo de Infraestructuras tales como:

- Represas
- Instalaciones de refinación
- Construcciones Hidroeléctricas

Cabe resaltar que hay un represamiento denominado Sutunta, al margen derecho del río Ocoruro, el mismo que se encuentra a más de 10 kilómetros de distancia, lo cual, da como resultado que las áreas no comprometen a las infraestructuras existentes.

**Tabla 8.**

*Matriz de calificación de distancias a infraestructuras existentes*

Matriz de Calificación		Criterio de Calificación	
Descripción	Puntaje	Descripción	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	No Cumple (Infraestructura existente se encuentra a menos de 500 m)	1
Bueno	5	Cumple (Infraestructura existente se encuentra a más De 500 m)	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 9.***Infraestructuras existentes*

N°	Propiedad / Parcela	Distancia A Infraestructuras Existentes (M)	Puntaje
1	Chila	No Existe	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**4.2.1.4. Dimensiones de terreno.**

La dimensión del terreno es de mucha importancia para facilitar los procesos asociados a la gestión de los residuos sólidos, cuanto más extensión tenga el área habrá mayor facilidad de la disposición final de los mismos, el área en selección tiene una pendiente menor a 12 %, Para este parámetro, se tiene establecido que el terreno óptimo tiene un área mayor o igual a 5 hectáreas para una proyección de vida útil entre 10 y 20 años.

**Tabla 10.***Puntuación con Respecto al área de terreno*

Criterio de Calificación			
Descripción	Puntaje	Descripción	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	< A 5 Ha	1
Bueno	5	≥ A 5 Ha	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 11.***Área del terreno*

N°	Propiedad/Parcela	Área Ha.	Criterio	Puntaje
1	Chila	1.20	< A 5 Ha	1

Fuente: Elaboración propia (2022)

El área de Chila es un área que cuenta con menos a cinco hectáreas de área, las áreas tienen una estrecha relación con la producción per-cápita de los residuos sólidos en la población, en vista que el distrito de Ocoruro tiene una producción per-cápita de 0.58 Kg/día/hab de residuos sólidos y la población total es 1.104 Hab. El área designada es óptima para una proyección de vida útil.

#### 4.2.1.5. Vida útil.

Para las consideraciones de vida útil, se tiene que el terreno debe cumplir con una proyección entre 10 y 20 años de vida útil, tomando en cuenta que el distrito de Ocoruro tiene una producción per-cápita de 0.58 Kg/día/hab de residuos sólidos y la población total es 1.104 Hab, por lo que está garantizado la proyección de vida útil.

**Tabla 12.**

*Puntuación con respecto a la vida útil*

Matriz De Calificación		Criterio De Calificación	
Descripción	Puntaje	Descripción	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	10 Años De Vida Útil	1
Moderado	3	15 Años De Vida Útil	3
Bueno	5	20 Años De Vida Útil	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 13.**

*Vida útil*

N°	Propiedad/Parcela	Criterio	Puntaje
1	Chila	10 Años De Vida Útil	1

Fuente: Elaboración propia (2022)

#### **4.2.1.6. Geología del suelo.**

##### **a) Estratigrafía regional:**

La formación Yauri es una Secuencia sedimentaria lacustrina de origen volcánico, conformada por estratos horizontales delgados de areniscas y limonitas intercaladas con tufos volcánicos en capas delgadas. Son de color pardo amarillento a crema, bastante débiles, laminadas y friables. Presenta algunas estructuras de estratificación primaria (micropliegues, slumps, escape de gases, fallas sin-sedimentarias, entre otros).

Por otro lado, la formación Ichocollo, es una formación que se encuentra comprendida dentro del Grupo Tacaza. Los afloramientos se distribuyen al sur de la Zona Corocchohuayco en el AEA, en las nacientes del río Liquinomi. Está compuesto por lavas gris oscura a gris violáceas, de composición andesítica a andesítico-basáltica. Se disponen en paquetes estratificados de 10 cm a 30 cm de espesor. Su relación espacial es discordante con respecto a las secuencias de la Formación Casa Blanca y al Batolito Andahuaylas-Yauri.

##### **b) Geología local:**

La zona presenta formaciones de Suelos Hidromórficos (Q-t), estos corresponden a los suelos que cubren depósitos fluvio-glaciales, constituidos por arcillas, limos y arenas de origen orgánico, sin plasticidad, saturadas y suaves.

También hay gran presencia de Depósitos Aluviales (Q-al), este tipo de yacimiento pertenece a materiales depositados y transportados por la labor del agua de escorrentía. Está conformado por gravas pobremente degradadas, con matriz areno-limosa, de color marrón y gris claro a oscuro, compactos a sueltos, saturados a húmedos, con poca plasticidad en las zonas donde hay cuantiosas cantidades de material fino o sin plasticidad. La proporción del material gravoso suele ser de 50 % – 55 %, las arenas entre 20 %– 25 % y el material fino es menor al 4 % del volumen general. Pueden formarse terrazas en uno o ambos márgenes de los cauces de ríos, con grosores de hasta 30 m.

Figura. 2.

Columna estratigráfica generalizada local

ERA	PERIODO	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales		Gravas, cantos y bloques con matriz arenosa, poco limo, compacto.	
		Pleistoceno	Depósitos Fluvioaluviales		Grava limoarenosa, compacta a densa, forma y terrazas y bancos.	
			Depósitos Fluvioglaciares		Gravas y cantos con arena limosa, compactos a densos.	
			Depósitos Morrénicos		Grava arcillosa con poca arena, firmes a duros, saturados.	
	Neógeno	Plioceno	Fm. Yauri			Depósitos lacustrinos de conglomerados, limos y cenizas volcánicas, frágiles, poco consolidados y muy fosilíferos.
			Grupo Barroso	Fm. Casanuma		Lavas andesíticas frescas, gris oscuro, intercalado con delgados niveles de tobas andesíticas y dacíticas.
		Fm. Huaycha			Toba lapilli, brecha y aglomerados andesíticos dacíticos, frescos, poco fracturados.	
		Paleógeno	Oligoceno	Batolito Andahuaylas - Yauri		
	Eoceno					
	Paleoceno					
MESOZOICO	Cretácico	Superior	Fm. Arcurquina / Ferrohamba		Caliza y dolomía en bancos y estratos gruesos, moderada carsticidad, presenta fuertes plegamientos y orientaciones caóticas por zonas.	
		Medio	Fm. Murco		Limolita y lutita gris rojiza a violácea con delgados estratos de arenisca arcosa, resistencia baja, moderado fracturamiento.	
		Inferior	Fm. Huallhuani		Arenisca cuarzosa y cuarcita en estratos medios y gruesos, delgadas capas de limolita, resistencia media a alta.	

Fuente: Modificado INGEMMET

Tomando en consideración que el grado óptimo de Permeabilidad: Permeable es  $> 1 \times 10^{-6}$  con parámetro (1), Semi Permeable  $1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-11}$  con parámetro (3) e Impermeable  $1 \times 10^{-12} - 1 \times 10^{-15}$

**Tabla 14.***Puntuación con respecto a la permeabilidad*

Matriz de Calificación		Criterio de Calificación	
Descripción	Puntaje	Descripción	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	Permeable	1
Moderado	3	Semi Permeable	3
Bueno	5	Impermeable	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 15.***Permeabilidad del terreno*

N°	Terreno	Permeabilidad Del Terreno	Puntaje
1	Chila	Semi Permeable	3

Fuente: Elaboración propia (2022)

Analizando la permeabilidad del terreno relacionada directamente con la geología, se determina que todos los terrenos tienen características de semi permeables determinados directamente por la geología presente en ellos.

#### **4.2.1.7. Posibilidad del material de cobertura.**

Para el análisis de material de cobertura, se realizó la verificación en campo y un análisis con información secundaria que permita estimar el volumen de material de cobertura o tierra, que cumpla con las necesidades de cantidad de material para cubrir los residuos sólidos que se dispongan en el lugar, de tal forma que permita: tener material para un adecuado manejo para la operación general del proyecto (5), material de cobertura adecuado (3), escasez de cobertura (1).

**Tabla 16.***Puntuación con respecto a distancia a la posibilidad del material de cobertura.*

Matriz De Calificación		Criterio De Calificación	
Descripción	Puntaje	Descripción	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	Sin Material De Cobertura	1
Moderado	3	Material De Cobertura Parcialmente Adecuado	3
Bueno	5	Material De Cobertura Adecuado Para Operación Total Del Proyecto	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 17.***Material de cobertura*

N°	Terreno	Material de Cobertura	Puntaje
1	Chila	Material de Cobertura Parcialmente Adecuado	3

Fuente: Elaboración propia (2022)

Según el análisis de campo, se tiene material de cobertura que garantiza el buen manejo de los residuos sólidos en la zona con una proyección de vida de 10 a 20 años.

#### **4.2.1.8. Área natural protegida por el Estado.**

Con respecto a las Áreas Naturales Protegidas por el Estado, en el distrito de Ocoruro y las áreas en selección se ubican libres de las ANP, no compromete a ninguna área natural protegida, según la información SERNANP.



**Tabla 19.**

*Terrenos con referencia a áreas naturales protegidas*

N°	Terreno	Área Natural Protegida	Puntaje
1	Chila	Fuera De Área Natural Protegida	5

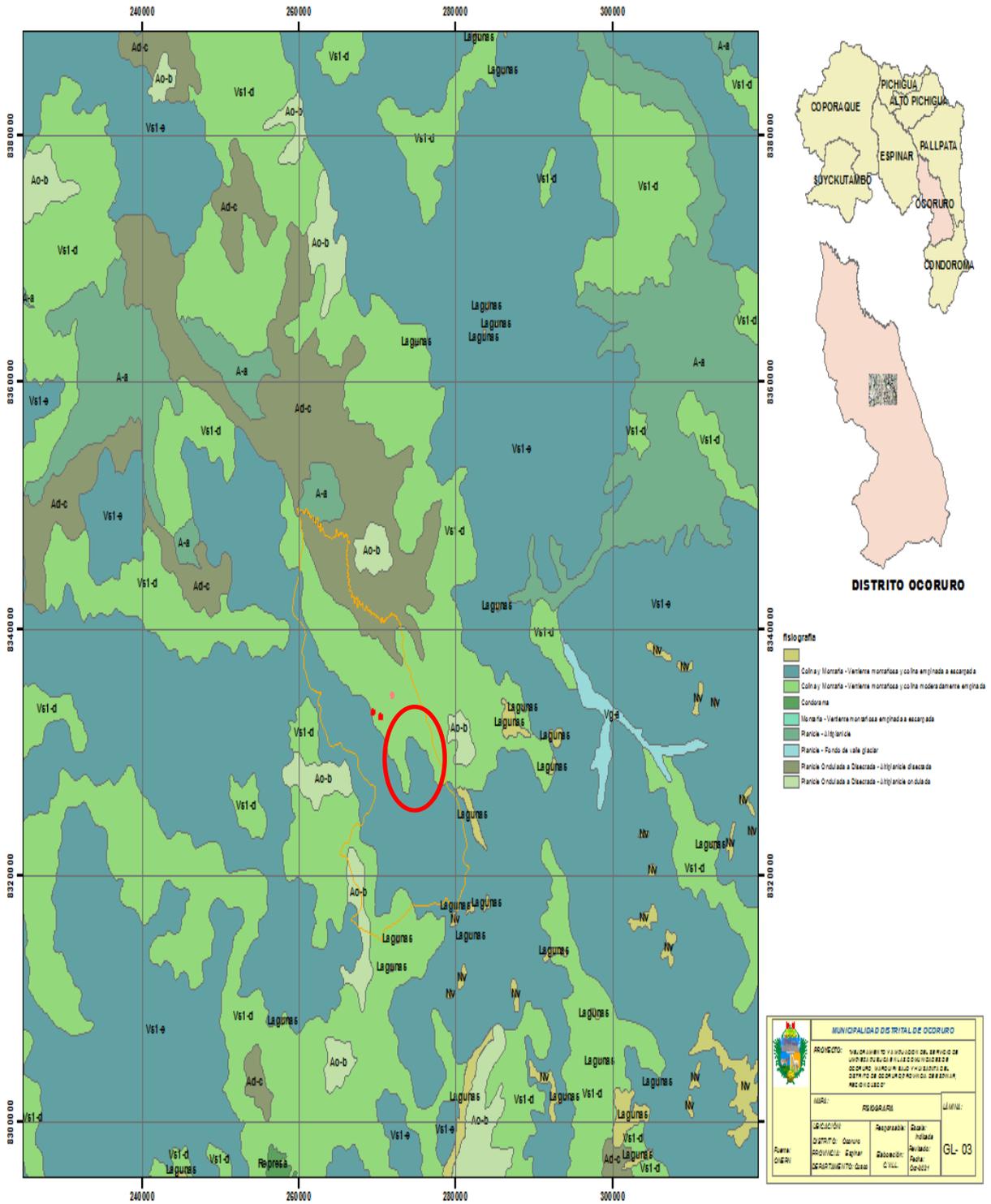
Fuente: Elaboración propia (2022)

#### **4.2.1.9. Pendiente del terreno**

Geomorfológicamente, la pendiente en la selección se presenta de Colina y lomada en roca sedimentaria y Fisiográficamente tiene una característica de formación de Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina moderadamente empinada, (ver mapa fisiográfico N.º 3 y geomorfológico N.º 9), según la información de los mapas las áreas en selección tienen una pendiente ligeramente inclinada, de las ponderaciones, plano a ligeramente inclinado 0 – 10 %, empinado 10-20 %, muy empinado >20 % (30).

**Figura. 4.**

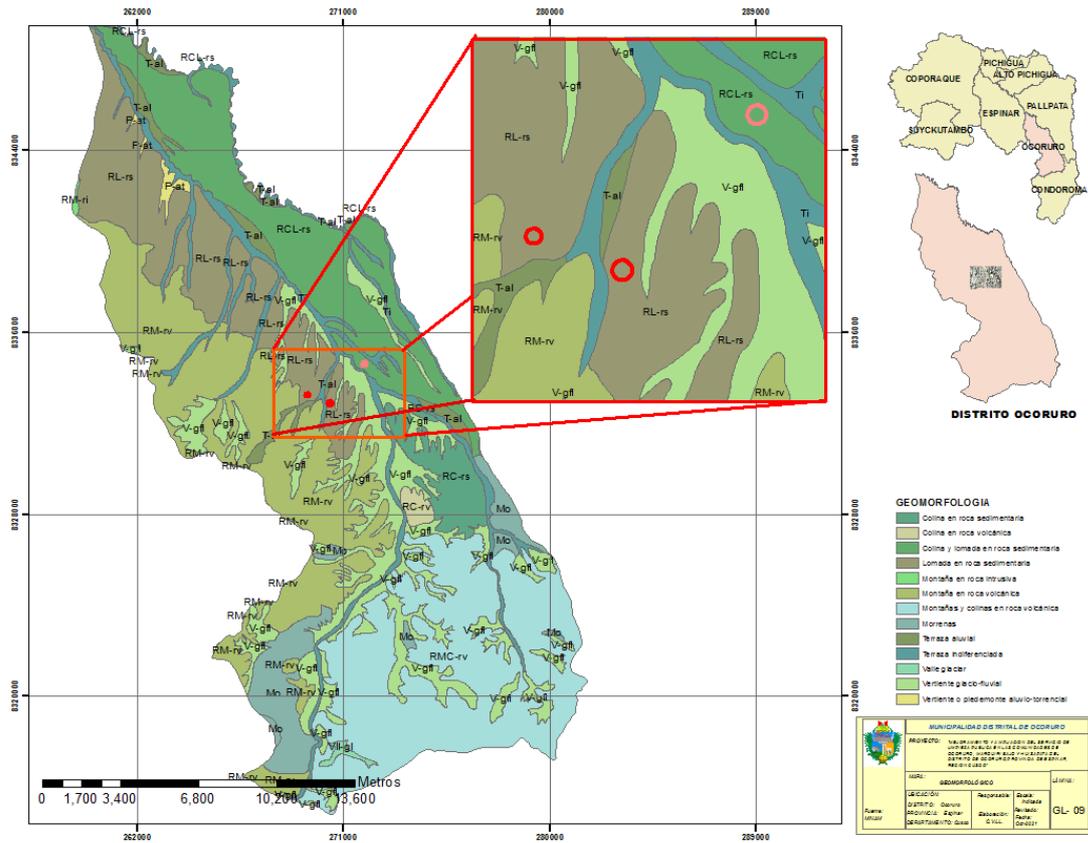
*Mapa de fisiografía de las áreas en estudio*



Fuente: Municipalidad Distrital de Ocururo (30)

**Figura. 5.**

*Mapa geomorfológico de las áreas en estudio*



Fuente: Municipalidad Distrital de Ocoruro (30)

**Tabla 20.**

*Matriz de calificación*

Matriz de Calificación		Criterio de Calificación	
Descripción	Puntaje	Descripción	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	Muy Empinado >25%	1
Moderado	3	Empinado (12 A 25%)	3

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 21.***Pendiente del terreno*

N°	Propiedad/Parcela	Pendiente del Suelo	Puntaje
1	Chila	Ligeramente inclinado (0 A 12 %)	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

El área de estudio se encuentra enmarcada con un Empinado a Ligeramente Inclinado, un indicador que favorecerá la operación de actividades a futuro.

#### 4.2.2. Análisis de la solución del aspecto social.

##### 4.2.2.1. Propiedad del terreno.

En el parámetro de propiedad de terreno, es recomendable que el terreno cuente con documentación reglamentaria que le permita la ejecución de una obra sobre él, estas estarán evaluadas bajo el criterio del consultor como: terreno saneado (5 punto), terreno no saneado (1 puntos) y terreno sin datos (0 puntos).

**Tabla 22.***Puntuación propuesta por el equipo técnico*

Matriz De Calificación		Criterio De Calificación	
Descripción	Puntaje	Descripción	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	Presentación Parcial De Documentación Del Terreno	1
Bueno	5	Presentación Total De Documentación Del Terreno	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 23.***Propiedad de los terrenos ofertados*

N°	Terreno	Propiedad Del Terreno	Puntaje
1	Chila	No Data	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tomando como referencia la “*Guía para el Diseño y Construcción de Relleno Sanitario*” (31), se estipulan incuestionables parámetros técnicos aplicados a la elección del terreno de implantación, al mismo tiempo, esta supone criterios para que las instituciones comisionadas suministren el consentimiento de licencias ambientales para la construcción del relleno sanitario. Por lo tanto, es imperativo tomar en consideración las particularidades del área de implantación y así, finiquitar la valoración.

#### **4.2.3. Análisis de la solución del aspecto ambiental.**

##### **4.2.3.1. Análisis de la selección de sitio del área propuesta.**

Para la realización del estudio, para la selección del terreno más adecuado para la implementación del proyecto, se consideraron diversos criterios técnicos para caracterizar de manera eficiente si el terreno propuesto es apto para la realización de la: “*Propuesta de diseño del relleno sanitario manual ubicado en el distrito de Ocoruro, Provincia de Espinar – Cusco 2022*”, así mismo, se consideraron las siguientes etapas.

**Tabla 24.**

*Etapas para la elección del sitio de implementación del proyecto*

Etapa 1	Determinación de los parámetros de valoración; se definieron los parámetros se van a utilizar para el proceso de evaluación, el parámetro debe ser cuantificable a fin poder comparar el valor en diferentes alternativas (31).
Etapa 2	Definir los valores de referencia y las opciones de calificación por cada parámetro que se utilizó en la selección, estos valores se encuentran en total coherencia con lo determinado en las normas, reglamentos o normas técnicas específicas y en el proceso de no hallarse regulados en función de referencias nacionales o internacionales especializadas en la gestión de residuos (31).
Etapa 3	Definir la importancia del parámetro: Esto consiste en determinar un peso a cada parámetro en función de la evaluación inicial del conjunto de alternativas, es recomendable tener como base el peso que se les asignará a los parámetros sociales y luego al resto de los parámetros técnicos, según la realidad propia de la zona (31).

Etapas 4

Definir el sistema de calificación: Es recomendable para efectuar una elección de la zona o terreno más adecuado, para la implantación de una futura planta de tratamiento, esta se puede especificar en una escala compuesta de calificación, donde se considere la valoración de la calidad del resultado en relación al parámetro como positivo (+) cuando está acorde según los parámetros, negativo (-) cuando ocurre lo opuesto, igualmente se valora la magnitud del resultado respecto a su alejamiento y/o acercamiento a los valores límites de referencia según la siguiente sub escala: 1: para los menos alejados, 2: para los valores prudentemente alejados y 3: para los valores muy alejados) (31).

Fuente: Sandoval (31)

El resultado del máximo puntaje ponderado, se relaciona con el resultado de multiplicar el puntaje por el valor de importancia.

De igual manera, el modelo para la preselección de terreno sobre la base de aceptación social se ha definido en los siguientes procesos:

Proceso 1: Consulta directa mediante visitas de campo personalizadas a las Comunidades Campesinas y Predios Privados para saber el grado de aceptación social respecto al ofrecimiento para vender terrenos a la Municipalidad Distrital de Ocoruro y estrategias sociales a utilizar para los terrenos técnico ambientalmente óptimos, todo esto ya que, la municipalidad no cuenta con áreas adecuadas para este tipo de infraestructuras.

Proceso 2: Coordinación conjunta con las diferentes áreas de la municipalidad, para coordinar con las Comunidades Campesinas y Predios Privados su total aceptación social sobre los terrenos técnico ambientalmente óptimos.

Todo esto enmarcado dentro de la legislación del Decreto Supremo 014 – 2017 – MINAM.

Artículo 109. La municipalidad provincial en coordinación con la Municipalidad distrital, identifica los espacios geográficos en su jurisdicción para implementar infraestructuras de disposición final de residuos sólidos (32).

Teniendo en cuenta que el área de interés está situada en el distrito de Ocoruro, en un ecosistema que no solo existe una gran diversidad de climas, plantas, animales, entre otros, sino una diversidad de poblaciones quechua hablantes, que viven en comunidades campesinas, con costumbres propias y, según la cosmovisión andina, ellos tienen una manera distinta de ver el mundo.

Para los pobladores de las comunidades andinas, todas las cosas de su mundo tienen vida. Los cerros, lagunas (cochas), puquios, etc. A las cuales, guardan un gran respeto, de igual modo, la tierra no es una porción de suelo que sirve solo de soporte para el crecimiento de las plantas, el desarrollo de la agricultura, si no la tierra es apreciada como la Pachamama, un ser vivo que es la madre de todo cuanto existe, incluso de los miembros de la comunidad humana.

Es esta la razón por la cual los pobladores no sienten mucha confianza con la propuesta del proyecto, más aún si se trata de vulnerar sus espacios naturales, teniendo en cuenta que, con las tareas de sensibilización y campañas de educación e información a través de instituciones educativas, organizaciones sociales, haciendo uso de medios de comunicación radiales y televisivas, banner de información, etc., es posible revertir su forma de percibir el proyecto, informando que se trabajará en constante respeto y equilibrio entre el hombre y la naturaleza del mismo modo, buscando que la sociedad pueda tener mayor accesibilidad y mejor percepción del proyecto de manera positiva.

#### **4.2.3.2. Distancia a la población más cercana.**

El área donde se prevé la construcción del proyecto está enmarcada dentro de la comunidad campesina de Ocoruro y, en ella, está el centro poblado de Ocoruro – (Distrito de Ocoruro), haciendo una evaluación con respecto a distancia de la población con las áreas seleccionadas. Podemos afirmar que el área en selección Chila, evaluada a 1000 m de Radio, no afecta a la población de Ocoruro, lo cual lo convierte en un área favorable para la instalación de la infraestructura de relleno sanitario para el distrito de Ocoruro.

**Tabla 25.***Matriz de calificación de distancias con población más cercana*

Matriz De Calificación	Criterio de Calificación		
	Descripción	Puntaje	Criterio
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	500 m a 1000 m	1
Moderado	3	1001 m a 1500 m	3
Bueno	5	≥ 1501 m	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 26.***Calificación del área seleccionada*

Calificación			
Propiedad / Parcela	Distancia a Población más Cercana (m)	Nombre de la Población	Puntaje
Chila	≥ 1501 m	C.P Ocoruro	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**4.2.3.3. Distancia a granjas de crianza de animales.**

Tratándose de la distancia a granjas de crianza de animales, las comunidades campesinas se caracterizan por desarrollar una crianza de animales de manera extensiva, lo que significa a campo abierto, con ganadería no mejorada. Cabe resaltar en la zona no existen granjas de crianzas estabuladas y las parcelas de pastoreo son de dimensiones mayores a 50 Hectáreas, lo que indica la construcción de la infraestructura para relleno sanitario no afectaría de manera negativa ya que se instalarán cercos de protección al contorno de la infraestructura.

**Tabla 27.***Matriz de calificación de distancias con granjas más cercanas*

Matriz De Calificación		Criterio De Calificación	
Descripción	Puntaje	Criterio	Puntaje
No Dato	0	No Dato	0
Regular	1	500 m a 1000 m	1
Moderado	3	1001 m a 1500 m	3
Bueno	5	≥ 1501 m	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 28.***Calificación del área seleccionada*

Calificación			
Propiedad / Parcela	Distancia a Granjas más Cercanas (m)	Nombre De La Población	Puntaje
Chila	≥ 1501 m	C.P Ocoruro	5

Fuente:  
Elaboración

propia (2022)

#### **4.2.3.4. Distancia a fuentes de aguas superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos.**

El área seleccionada está localizada entre las coordenadas UTM WGS84 N 8309590 a 8383132 y UTM WGS84 E 233584 a 290716, se puede ubicar en los departamentos de Puno y Cusco, provincias de Melgar, Lampa y Espinar distritos de Ocuvi, Espinar, Ocoruro, Condorama, Alto Pichigua, Pichigua Pallpata y Llallí. El río Salado emerge entre los cerros Auquirane y Nazacara en la pampa Quintanilla a los 5.000 m.s.n.m., circulando desde sus orígenes con el nombre de río Collpaccoto hasta llegar en dirección Noroeste a la laguna Sutunta. Partiendo desde la salida de la laguna, ocupa el nombre de río Suruma hasta acoplarse con el río Jaruma, lugar donde cambia de nombre a río Salado. La cuenca del río Salado abarca 2.414.9 Km.<sup>2</sup>, constituyendo el 11.2 % del ámbito del ATDR/Sicuni. La cuenca posee forma de triángulo prolongada con punta, presentando particularidades

geomorfológicas determinadas sobre la base de extensas planicies, preponderando una geodesia fluctuante.

De acuerdo con el estudio hidrobiológico, también está ubicada en las formaciones de Acuitardos Metamórficos y Sedimentarios, que tienen las características de formaciones que también pueden acumular agua, pero que la transfieren con lentitud. El agua, al fluir de manera muy lenta hacia los depósitos, estos demorarán una gran cantidad de tiempo en recobrar de nuevo su nivel, luego de una extracción. Debido a esto, el caudal que se podría explotar es cuantiosamente reducido comparándolo con el caso de un acuífero de forma que resulta escasamente beneficioso para el aprovisionamiento humano. Sin embargo, pudiesen ser suficientes para abastecer a comunidades pequeñas.

**Tabla 29.**

*Matriz de calificación de distancias con aguas superficiales*

Matriz De Calificación		Criterio De Calificación	
Descripción	Puntaje	Criterio	Puntaj
No Dato	0	No Dato	e
Regular	1	0 m a 500 m	0
Moderado	3	501 m a 1000 m	1
Bueno	5	≥ 1001 m	3
			5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 30.**

*Calificación del área seleccionada*

N°	Propiedad/Parcela	Distancia a Aguas Superficiales (m)	Puntaje
1	Chila	0 m a 500 m	3

Fuente: Elaboración propia (2022)

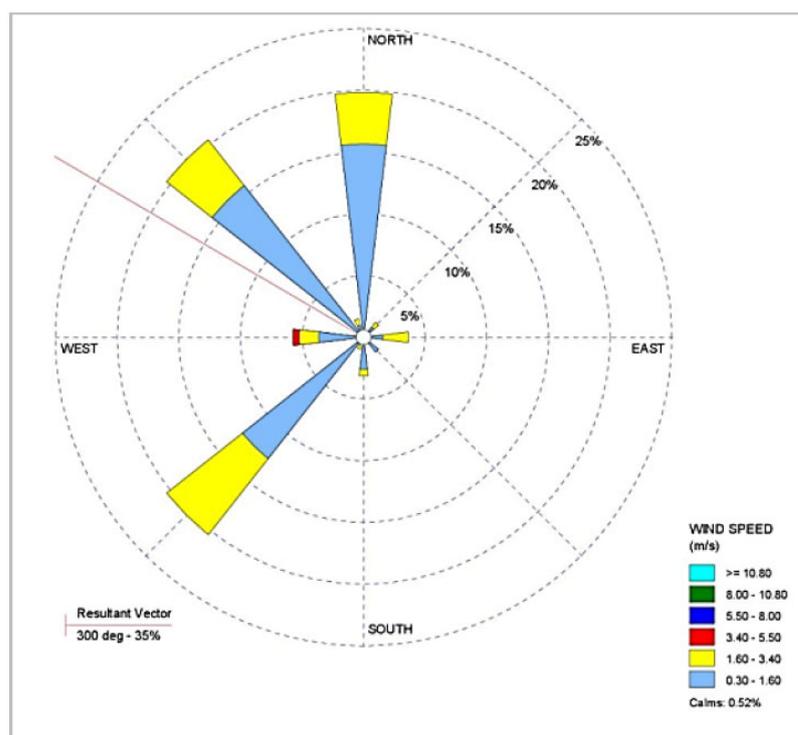
#### 4.2.3.5. Orientación dominante del viento.

El viento es el desplazamiento del aire principalmente horizontal. El comportamiento de los vientos de superficie es regularmente coherente con los escenarios topográficos del área y diferencias de presión existentes.

Para determinar la dirección preponderante del viento, es necesario tomar en cuenta las estaciones meteorológicas Regional Yauri – Espinar y el estudio MEIA - Antapaccay: Estaciones convencionales con admisión de información en tiempo retrasado, como referencia, estableciendo la orientación del viento, de Noroeste 301 ° a Sureste 140 °, esto quiere decir que las direcciones son contrarias a la población más cercana (30).

**Figura 6.**

*Dirección promedio anual del viento - Estación Meteorológica Regional Yauri*



Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 31.**

*Dirección del viento predominante*

N.º	Propiedad/Parcela	Criterio	Puntaje
1	Chila	Contrario a la población	5

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 32.

Criterio de Selección del terreno de implantación del proyecto

MATRIZ - PRESELECCIÓN DEL ÁREA PARA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, EN EL DISTRITO DE OCOURO, PROVINCIA DE ESPINAR- CUSCO										
FUENTE: Guía para el Diseño y Construcción de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos.										
Ítem	Parámetro	Decreto Legislativo n.º 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento, aprobado mediante el Decreto Supremo n.º 014-2017-MINAM que en el Título IX, Capítulo V, Artículos 109, 110 y 111.	Consultoría	Factor de Ponderación (%)	ÁREA EN ESTUDIO HUANACO		ÁREA EN ESTUDIO - CHILA		ÁREA EN ESTUDIO - CHILLAJE	
					Puntaje por Ítem de Alternativa de Terreno 1	Calificación por Ítem de Alternativa Terreno	Puntaje por Ítem de Alternativa de Terreno 2	Calificación por Ítem de Alternativa Terreno	Puntaje por Ítem de Alternativa de Terreno 7	Calificación por Ítem de Alternativa Terreno
					Puntaje por Grados	Puntaje	Puntaje por Grados	Puntaje	Puntaje por Grados	Puntaje
					NO DATO	0	NO DATO	0	NO DATO	0
					Regular	1	Regular	1	Regular	1
					Moderado	3	Moderado	3	Moderado	3
					Bueno	5	Bueno	5	Bueno	5
					( )					
					= Factor (%)					
1	Distancia a la población más cercana (m)	>500 (*)	no dato = 0, 500m a 1000m = 1, 1001m a 1500m = 3, ≥ 1501m = 5	6	5	30	5	30	0	0
2	Distancia a granjas de crianza de animales (m)	>500 (*)	no dato = 0, 500m a 1000m = 1, 1001m a 1500m = 3, ≥ 1501m = 5	6	3	18	5	30	1	6
3	Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos (m)	>500 (*)	no dato = 0, 1-500 = 1, 501- 1000 = 3, ≥ 1001 = 5	6	1	6	3	18	1	6
4	Distancia a fallas geológicas	>500 (*)	no dato = 0, 500- 1000 = 1, 1001- 1500 = 3, 1501- 2000 = 5	6	5	30	5	30	5	30
5	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)		no dato = 0, baja vulnerabilidad (5), Mediana Vulnerabilidad (3), Alta Vulnerabilidad (1)	6	0	0	1	6	1	6
6	Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros)		no dato = 0, no cumple (infraestructura existente a menos de 500 m) = 1, si cumple (infraestructura existente a más de 500 m)	5	5	25	5	25	5	25
7	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	> 13000 (*)	no dato = 0, no cumple (distancia menor a 13, 000 m) = 1, si cumple (distancia mayor a 13, 000 m) = 5	5	5	25	5	25	5	25
8	Área del terreno (m <sup>2</sup> )		no dato = 0, < a 5 Ha = 1, 2 a 5 Ha = 5	5	5	25	1	5	1	5
9	Vida Útil		no dato = 0, 30 Años de vida útil = 1, 15 a 30 = 3 y 30 Años = 5	5		25	1	5	1	5
10	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)		no dato = 0, Contrario a la población más cercana (5), a favor de la población más cercana (1)	4	5	20	5	20	5	20
11	Pendiente del terreno (topografía)		no dato = 0, muy empinado > 25% = 1, empinado (12 a 25%) = 3, ligeramente inclinado (0 a 12%) = 5	4	5	20	5	20	5	20
12	Geología del suelo (permeabilidad)		no dato = 0, permeable = 1, semipermeable = 3, impermeable = 5	4	3	12	3	12	3	12
13	Profundidad de la capa freática (m)		no dato = 0, Profundidad < 10 metros (1), Profundidad > 10 m (5)	4	5	20	5	20	5	20
14	Posibilidad del material de cobertura		no dato = 0, Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (5), material de cobertura parcialmente adecuado (3), sin material de cobertura (1)	3	5	15	3	9	3	9
15	Cuenta con barrena sanitaria natural		no dato = 0, Presencia de Barrena sanitaria natural (5) Presencia de barrena sanitaria natural parcial (3) sin barrena sanitaria natural (1)	4	1	4	1	4	1	4
16	Accesibilidad al Área (distancia a vía de acceso principal km)		no dato = 0, Acceso en buen estado (5) Acceso en Mal estado (3), sin acceso (1)	4	1	4	1	4	1	4
17	Uso actual del suelo y del área de influencia		no dato = 0, cultivo e n limpio y cultivo seco = 1, pastos cultivados y forestal de seiva = 3, pastos naturales y erialzo = 5	4	5	20	5	20	5	20
18	Opinión Pública		no dato = 0, terreno privado = 1, terreno comunal = 3	5	1	5	3	15	1	5
19	Área natural protegida por el estado		no dato = 0 dentro de l área natural protegida = 1, involucra indirectamente al área natural protegida = 3, fuera del área natural protegida = 5	5	5	25	5	25	5	25
20	Área Arqueológica		no dato = 0, existencia de restos arqueológicos = 1, s 500m Franja de servidumbre = 3, existencia de restos arqueológicos = 5	5	5	25	5	25	5	25
21	Propiedad del terreno		no dato = 0, Saneado (5), No Saneado (1)	4	0	0	5	20	0	0
Calificación por Alternativa					100		354		368	
						1		2		3

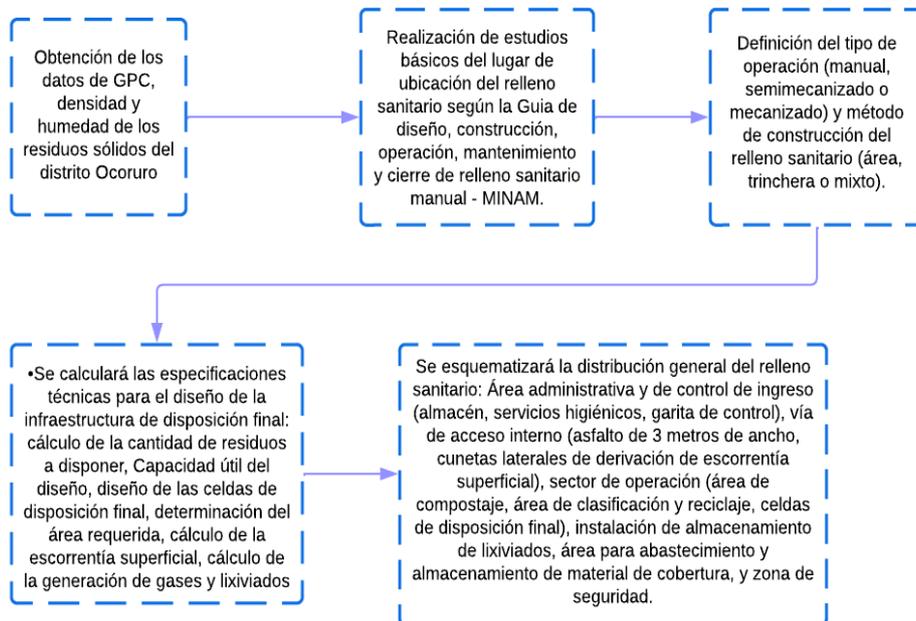
Fuente: Elaboración propia (2022)

### 4.3. Diseño

A continuación, se muestra la oferta técnica de construcción para la caracterización y el procesamiento de los residuos sólidos inorgánicos. También, los distintos espacios propuestos entre los cuales podemos mencionar: el relleno sanitario, la planta de residuos sólidos reaprovechables y el área de compostaje. Tomando en cuenta el ingreso de 565,82 Kg/m<sup>3</sup> de residuos sólidos domiciliarios, 26,55 Kg/m<sup>3</sup> de residuos sólidos no domiciliarios.

Figura 7.

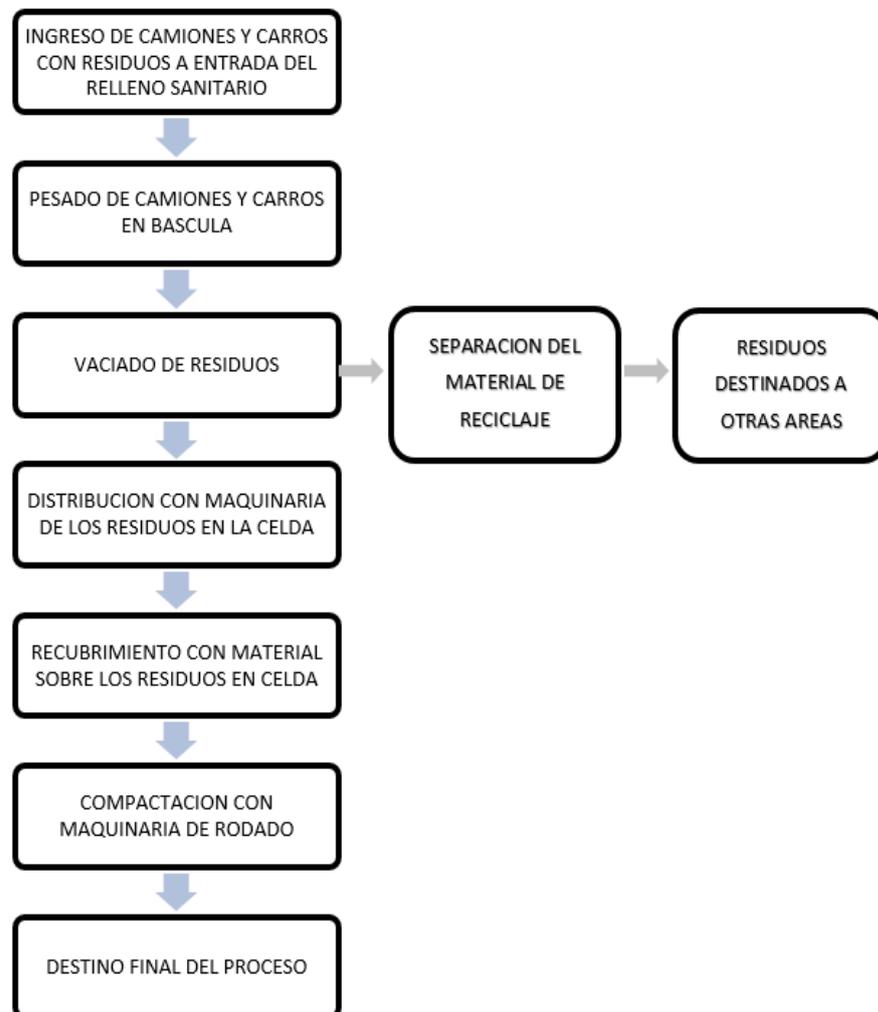
*Proceso metodológico para el dimensionamiento del relleno sanitario*



Fuente: Elaboración propia (11)

**Figura. 8**

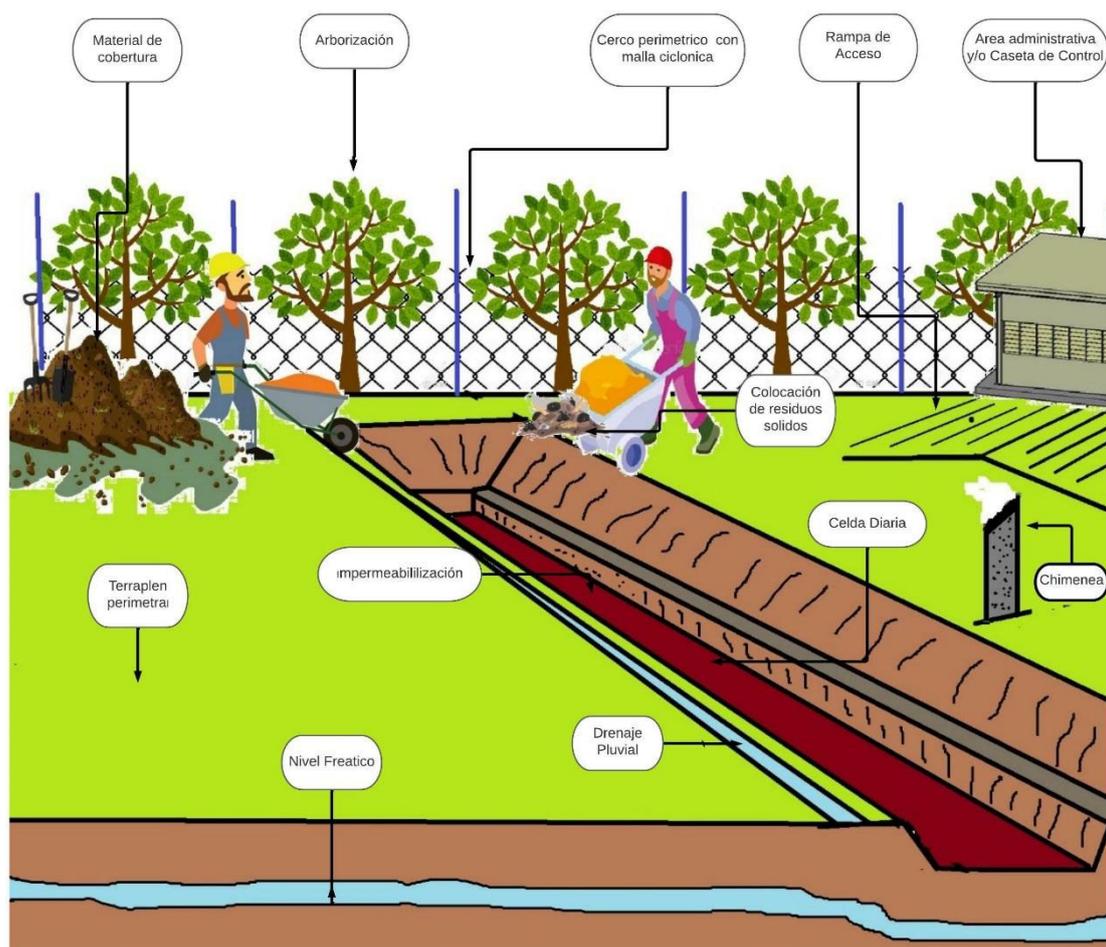
*Diagrama de flujo del proceso operacional de un relleno sanitario*



Fuente: Ojeda (10)

**Figura. 9**

*Representación gráfica del relleno sanitario*



Fuente: Elaboración propia (2022)

#### **4.3.1. Zonificación del distrito para el estudio de caracterización.**

Se ha tomado para la realización de la muestra a las comunidades de Ocoruro, Huisapata, Marquiri Bajo y Alto Marquiri que pertenecen al distrito, y que son quienes formarán parte del servicio de limpieza pública; por lo que la muestra se estimó en 63 viviendas distribuidas en todo el distrito, quienes participaran en el estudio de caracterización (30).

La estrategia de intervención para realizar la caracterización de los residuos sólidos del distrito de Ocoruro se encuentra distribuida de acuerdo a la siguiente zonificación.

**Tabla 33.***Población empadronada para caracterización del distrito de Ocoruro*

N.º	Descripción	N.º Familias	Población
1	Comunidad de Ocoruro	51	172
2	Comunidad Huisapata	11	24
3	Comunidad Marquiri Bajo	9	27
4	Comunidad Alto Marquiri	11	45
	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>268</b>

Fuente: Elaboración propia (2022)

**4.3.1.1. Distribución de las muestras a partir de un mapa catastral.**

Es importante la determinación de la muestra de las viviendas, dado que es la referencia más sensible para realizar las estimaciones correspondientes a la generación de residuos sólidos domiciliarios, en lo correspondiente a generación per-cápita, composición y densidad fundamentalmente.

La fórmula para determinar el número de muestra para el desarrollo del estudio de caracterización de los residuos sólidos del distrito de Ocoruro 2022, para ello; aplicamos la siguiente fórmula, con la información de las viviendas del distrito al año del censo nacional de población y vivienda. Para el estudio a continuación, se toma como variable de muestra el origen domiciliario, debido a que habitualmente el conjunto y la constitución de los residuos sólidos que se acarrea al sitio de disposición final está condicionado por el número de residuos generados o recolectados (30).

#### 4.3.1.2. Determinación del tamaño y distribución de la muestra para viviendas.

a) Determinación del número de muestra:

Se aplica la siguiente fórmula para determinar el número de muestra:

$$\frac{Z^2 - \alpha/2 \sigma^2}{(N - 1)E^2 \pm Z^2_{1-\alpha/2} \sigma^2}$$

Datos:

n= muestra de las viviendas

N= total de viviendas

Z= nivel de confianza 95%=1.96 desviación

$\sigma$  = estándar

E= error permisible.

Datos del Distrito:

n= Muestra de número de viviendas a ser estudiadas

N= total de viviendas ( )

Z= Nivel de confianza 95% (1.96)

$\sigma$ = Desviación estándar (0.25 kg/hab./día)

E= Error permisible (0.056 Kg/hab./día)

$$n = \frac{(1.96)^2(478)(0.25)^2}{(478 - 1)(0.061)^2 + (1.96)^2(0.25)^2}$$

$$n = \frac{3.8416 \times 478 \times 0.0625}{477 \times 0.003721 + 3.8416 \times 0.0625} = \frac{114.7678}{2.015017} = 57$$

Se tiene el número de 57 Viviendas.

Se considera adicionar una muestra de contingencia viviendas siendo del 10 % la muestra se tiene un total de 63 viviendas.

**Tabla 34.**

***Distribución de las muestras por zona***

Zona De Muestreo	Viviendas	% De Hogares
Ocoruro, (Sector C. Ocoruro)	51	63
Ocoruro, (Sector C. Huisapata)	11	13
Ocoruro (Sector C. Marquiri Bajo)	9	11
Ocoruro, (Sector C. Alto Marquiri)	11	13
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia (2022)

**4.3.1.3. Determinación de la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios**

**Tabla 35.**

***Resumen composición física de residuos domiciliarios por tipo***

Detalle	Kg	%
Residuos Aprovechables	318.83	82.65
Residuos Orgánicos	227.70	59.02
Residuos Inorgánicos	91.13	23.62
Residuos No Reaprovechables	66.95	17.35
<b>Total</b>	<b>385.78</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia (2022)

Para la realización de esta caracterización, se procedió a vaciar el contenido sobre la manta de plástico para hacer la separación de los componentes del montón y clasificar los materiales por tipo en:

Materia orgánica (restos de alimentos, cáscaras de fruta y vegetales, excrementos de alimentos menores, huesos y

similares), madera, follaje (ramas, tallos, raíces ,hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas), papel (papel blanco tipo bond, papel periódico otros), cartón, vidrio, plástico PET (Botellas de bebidas, gaseosas), plástico duro (frascos, bateas, plaguicidas y envases de pintura), Residuos inertes, Residuos sanitarios ( toallas higiénicas, pañales y papel higiénico).

Luego de separar, registrar y pesar estos residuos. Se realizan estudios sobre la solución más eficiente para el servicio de limpieza pública y el permisible reutilizamiento de los residuos aprovechables.

Los residuos que han sido clasificados se depositan en bolsas para, a continuación, ser amontonados y transportados a su disposición final (30).

Según el análisis de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Ocoruro, se ha encontrado que el componente inorgánico es el mayor porcentaje encontrado en el estudio de la composición, esto debido a que el distrito se encuentra ubicado en una zona rural, la materia orgánica es de 9.6 %, otro porcentaje que llama la atención con un 14 % es el material inerte, que es eliminado y desechado como residuo domiciliario (30).

#### **4.3.1.4. Determinación de la generación de residuos sólidos municipales de origen NO domiciliario.**

Para el análisis de la producción de los residuos sólidos de origen NO domiciliario, se realizó lo siguiente:

Inicialmente, se entregó diariamente a cada fuente participante una bolsa de color celeste con medidas 65x 45 pulgadas con el código de la fuente, para depositar los desechos sólidos producidos a lo largo del día. Posteriormente, se procedió a realizar la recolección de las bolsas que contenían los residuos, a cambio se procedió a la entrega de una bolsa sin usar de características similares. Este proceso se realizó repetidamente durante un periodo de tiempo de ocho días.

Al mismo tiempo, se realizó un registro de la recolección en el formato adecuado y cualquier acotación del día u observación.

Concluido el recorrido de recolección, las muestras se transportaron al local municipal, en el cual se realizó la caracterización.

**Tabla 36.**

*Generación de residuos sólidos No domiciliarios*

Fuente de Generación	Código	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
		Kg							
Tienda	C-1		5,3	5,8	5,4	4,5	6,7	12,5	3,5
	C-2		2,4	2,1	0,5	6,7	0,9	1	3,6
	C-3		2,3	0,6	2,02	1,8	2	1,2	1,5
	C-4		2,8	1,15	1,1	2,1	1,2	0,7	4
Taller de Confecciones	C-5		5,5	3,5	3,5	5,2	3,3	10,2	2,4
Restaurante	C-6		1,6	2	1,2	4,2	3,6	2,7	2,2
	C-7		1,1	0,5	0,8	1,3	0,5	0,9	0,8
Institución Educativa	C-8		1,8	0,25	0,3	0,6	1,7	0,5	0,7
Posta Medica	C-9		2	0,4	0,3	0,1	0,4	0,5	7
Planta de Lácteos	C-10		2,1	0,3	0,7	0,4	1,2	1	0,8
Municipalidad	C-11		3,2	3	4,5	3,8	3,5	4,2	4,5

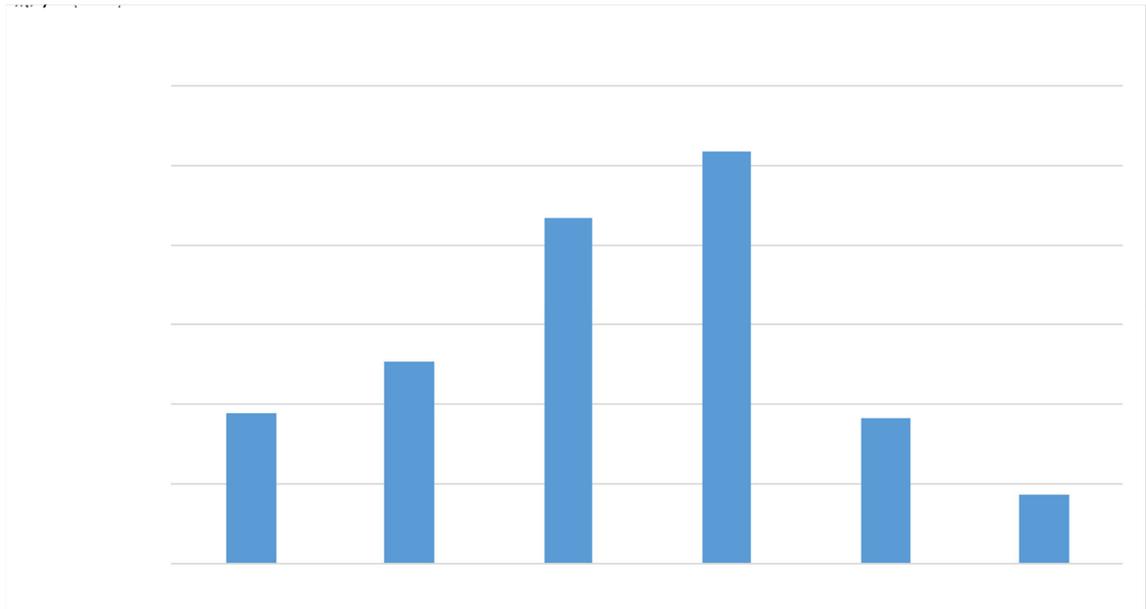
Fuente: Elaboración propia (2022)

Considerando que, según el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales, se estima que con la implementación de un relleno sanitario y un PSF-RS efectivo se podría recolectar al día 0,24 Ton/día de residuos sólidos inorgánicos reaprovechables y al año 86,62 Ton lo que podría generar un ingreso de S/ 52.733,19 nuevos soles con una población de 1.124 viviendas activas y monitoreadas.

De igual manera, se pudo determinar que se recolectarían 10,36 Ton/año de botellas plásticas, 3,65 de metales, 3,76 de papel, 8,69 de vidrio, 5,07 de cartón y 1,71 Ton/año de textiles, como lo muestra la figura a continuación.

**Figura. 10.**

*Identificación de residuos sólidos*



Fuente: Elaboración propia (2022)

Con estas estimaciones, se finiquita que los residuos que muestran un mayor potencial de ser valorizados son los plásticos, como, por ejemplo.

**Tabla 37.**

*Residuos No domiciliarios de mayor potencial de valorización*

Residuos No Domiciliarios

El Pet (Aceite Y Botellas De Bebidas),
Pead (Botellas De Lácteos, Shampoo, Detergente Líquido,)
Pebd-4 (Empaques De Alimentos
Empaques De Plástico De Papel Higiénico
Empaques De Detergente)
Pp-5 (Baldes, Tinas, Rafia, Estuches Negros De Cd, Tapas De Bebidas),
Ps-6 (Tapas Cristalinas De Cd, Micas, Vasos De Yogurt, Cubetas De Helado)
Pvc-3 (Tuberías De Agua),
Papel Blanco
Periódico
Mixto (Páginas De Cuadernos, Revistas, Otros Similares)
Cartón Blanco (Liso Y Cartulina),
Marrón (Corrugado),
Mixto (Tapas De Cuaderno, Revistas),
Vidrio Transparente
Otros Colores (Marrón - Ámbar, Verde, Azul, Entre Otros
Tetrabrik (Envases Multicapa), Metales Ferrosos Y Aluminio.

Fuente: Elaboración propia (2022)

## **CAPÍTULO V**

### **CONSTRUCCIÓN**

#### **5.1. Construcción**

Para describir el alcance del objetivo general del proyecto, se debe tomar en absoluta consideración la identificación y clasificación de los residuos sólidos inorgánicos reaprovechables y efectuar una comparativa con los antecedentes de cantidad de residuos recogidos al año. De esta manera, determinar cómo la propuesta de la implementación de un relleno sanitario favorecería el valorizar estos residuos, tomando como base que el PSF- RS se efectuó en la ausencia de instalaciones apropiadas para el acopio, ni tampoco ningún tipo de tratamiento adecuado de los residuos, por lo que es necesario contar con un área para la realización de una adecuada valorización y al recolectar toda la información requerida para obtener una propuesta se supuso lo siguiente.

### 5.1.1. Fases de construcción del relleno sanitario.

Tabla 38.

#### *Etapas de construcción del proyecto*

Fase	Actividad
Fase I: Actos preparatorio	Estudio de caracterización de RR.SS.
	Estudio de Selección de terreno
	Estudio de Suelos
	Estudio topográfico
	Adquisición de terreno
	Diseño de relleno sanitario
Fase II: Obras Preliminares	Elaboración de expediente técnico
	Replanteo topográfico
	Movimiento de tierras
	Transporte de materiales y medidas de seguridad
Fase III: Construcción	Cimentaciones (Obras de Concreto Armado)
	Construcción de Bases (Zapatatas), Columnas, Vigas y techado de celdas
	Construcción de Cerco perimétrico
	Construcción de canales perimetrales
	Instalación de Geomembrana en celdas
	Construcción de poza de lixiviados y otras infraestructuras
Fase IV: Administración, Operación y mantenimiento	La administración se le designará a la MDO

Fuente: Elaboración propia (2022)

### 5.1.2. Composición física de los residuos sólidos.

Para determinar la composición física de los RS tanto domiciliarios como No domiciliarios, se clasificaron los materiales por tipo en: materia orgánica (vegetales, cáscaras de fruta y restos de alimentos, huesos y excrementos de alimentos menores), follaje (hojas, tallos ramas y raíces), papel (papel periódico y papel blanco tipo bond), madera, vidrio, cartón, plástico duro (plaguicidas, envases de pintura, bateas y frascos), plástico PET (gaseosas y botellas de bebidas), residuos inertes (piedra y tierra) y residuos sanitarios (toallas higiénicas, pañales y papel higiénico).

Los criterios de selección de los elementos se basan en estar al tanto de la disposición de los residuos y, así, sobre una buena fundamentación, de estudios enfocados encontrar la solución óptima para el servicio de limpieza pública y el potencial de reaprovechamiento de los residuos recuperables. De la separación y el análisis realizados sobre las muestras obtenidas de RS domiciliarios, se elaboró un cuadro detallado que se muestra en el anexo N.º 4. La tabla 31 resume los resultados obtenidos de la caracterización física de los RS domiciliarios y No domiciliarios, respectivamente.

**Tabla 39.**

*Resumen composición física de los RS domiciliarios y No domiciliarios por tipo*

Detalle	RS domiciliarios		RS No domiciliarios	
	Kg	%	Kg	%
Residuos Aprovechables	318,83	82,65	133,63	85,02
Residuos Orgánicos	227,70	59,02	91,40	58,15
Residuos Inorgánicos	91,13	23,62	42,23	26,87
Residuos no Reaprovechables	66,95	17,35	23,55	4,98
TOTAL	385,78	100%	157,18	100%

Fuente: Elaboración propia (2022)

### 5.1.3. Presupuesto de la construcción.

El presupuesto de obra se realiza en Power Cost Presupuesto V4, realizando todas las partidas que requiere para la ejecución.

**Tabla 40.**

*Presupuesto de ejecución de obra.*

Departamento CUSCO  
Provincia ESPINAR  
Distrito OCORURO

Costo a :

Item	Descripción Sub presupuesto	Costo Directo
01	COMPONENTE 01: OBRAS PROVISIONALES, TRABAJO PRELIMINAR, SEGURIDAD Y SALUD ET	524,931.86
02	COMPONENTE 02: ACTIVIDADES PREVIAS A LA DISPOSICION FINAL RR.SS.	793,724.67
03	COMPONENTE 03: INFRAESTRUCTURA DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SC	1,651,574.63
04	COMPONENTE 04: GESTION TECNICA Y ADMINISTRATIVA	175,067.35
05	COMPONENTE 05: ADECUADAS PRACTICAS DE LA POBLACION	42,488.25
<b>SUB TOTAL COSTO DIRECTO</b>		<b>3,187,786.76</b>
	<b>Mano de Obra</b>	611,970.49
	<b>Materiales</b>	1,753,526.26
	<b>Equipo</b>	822,290.01
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>3,187,786.76</b>
	GASTOS GENERALES (15.52%)	494,775.10
	GASTOS DE SUPERVISION (4.49%)	143,281.00
	GASTOS DE ELABORACION DE EXPEDIENTE TECNICO (1.12%)	35,718.50
	GASTOS DE LIQUIDACION (0.44%)	13,968.00
	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>3,875,529.36</b>

Son : TRES MILLONES OCHOCIENTOS SETENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS VEINTINUEVE CON 36/100 SOLES

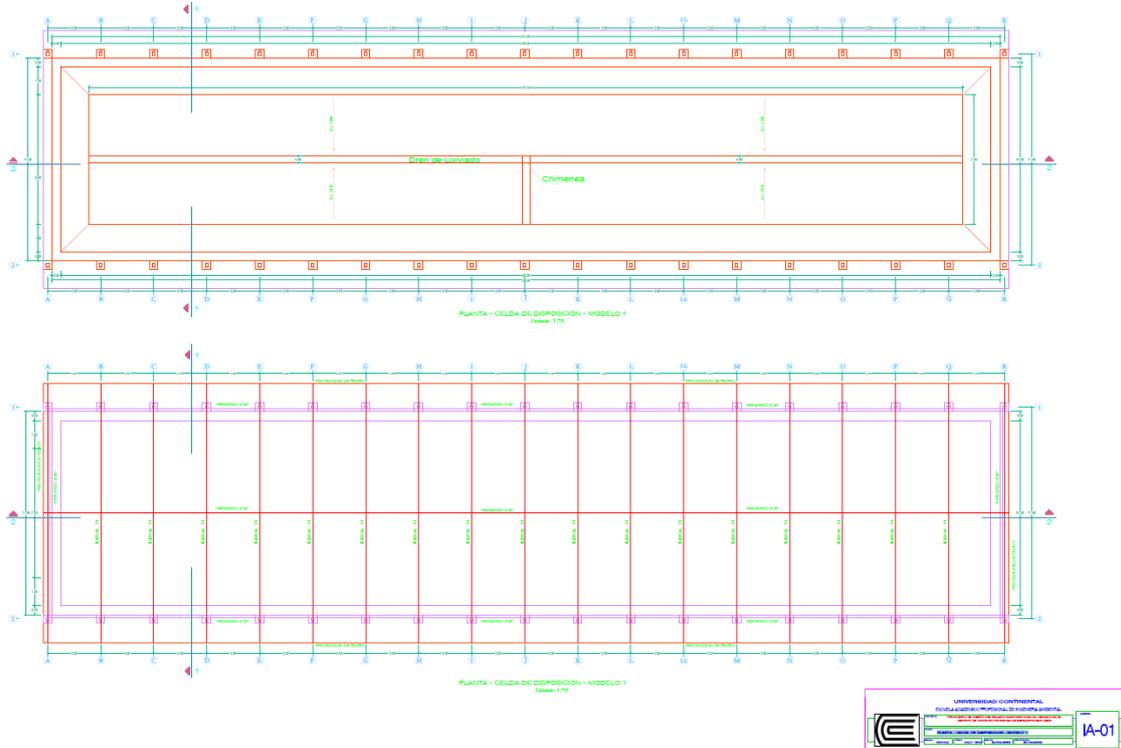
Fuente: Elaboración propia (2022)

#### 5.1.4. Detalle de construcción.

Para el detalle de construcción, se utiliza el software AUTOCAD 2020, dibujándose los detalles de construcción se anexa los planos.

#### Plano 1.

##### Vista Planta - Celda de Disposición

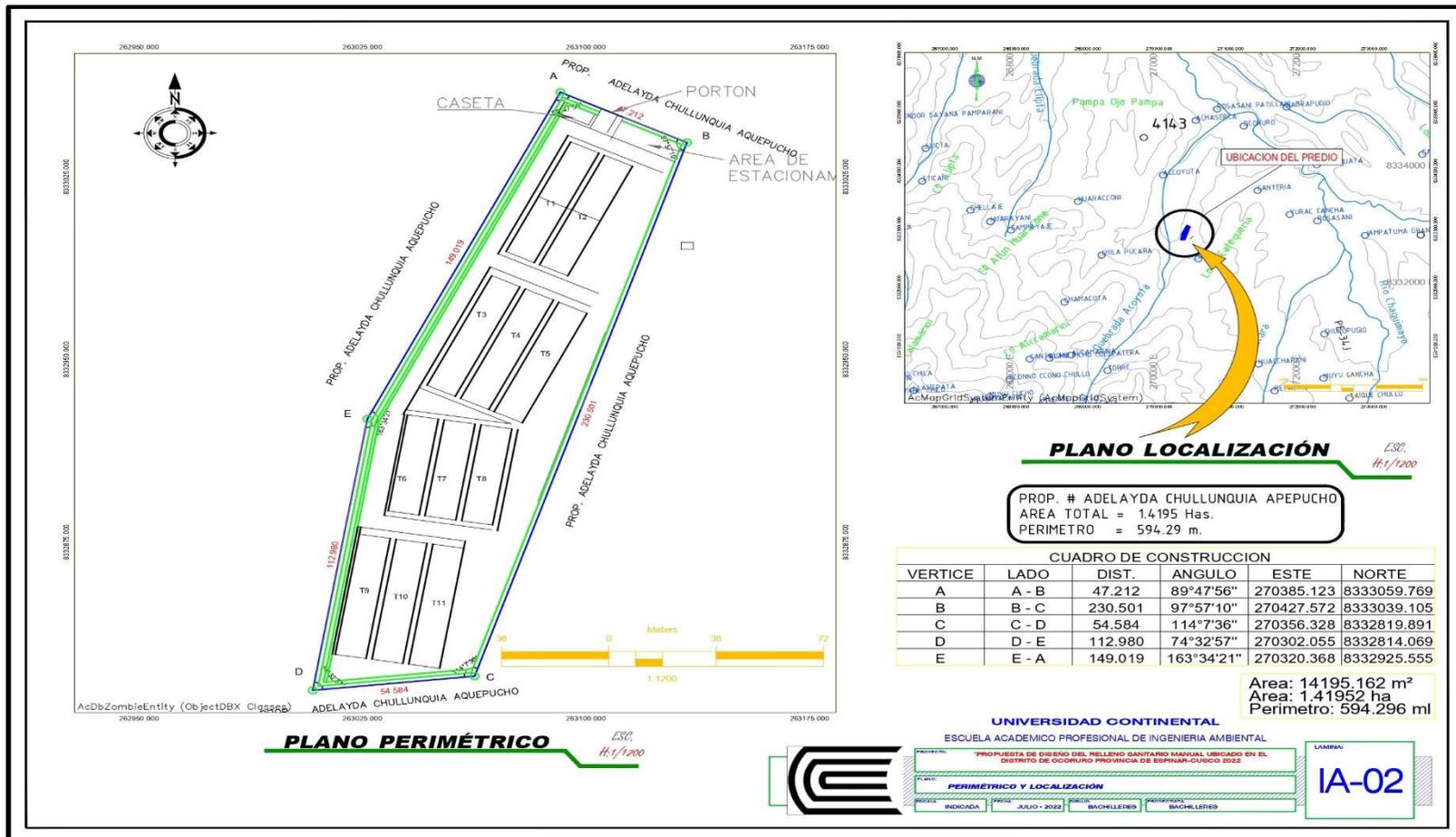


Nota: Vista de planta de las celdas del relleno sanitario. Se pueden observar detalles constructivos de la estructura, así como el drenaje de lixiviados y chimeneas.

Fuente: Elaboración propia (2022)

## Plano 2.

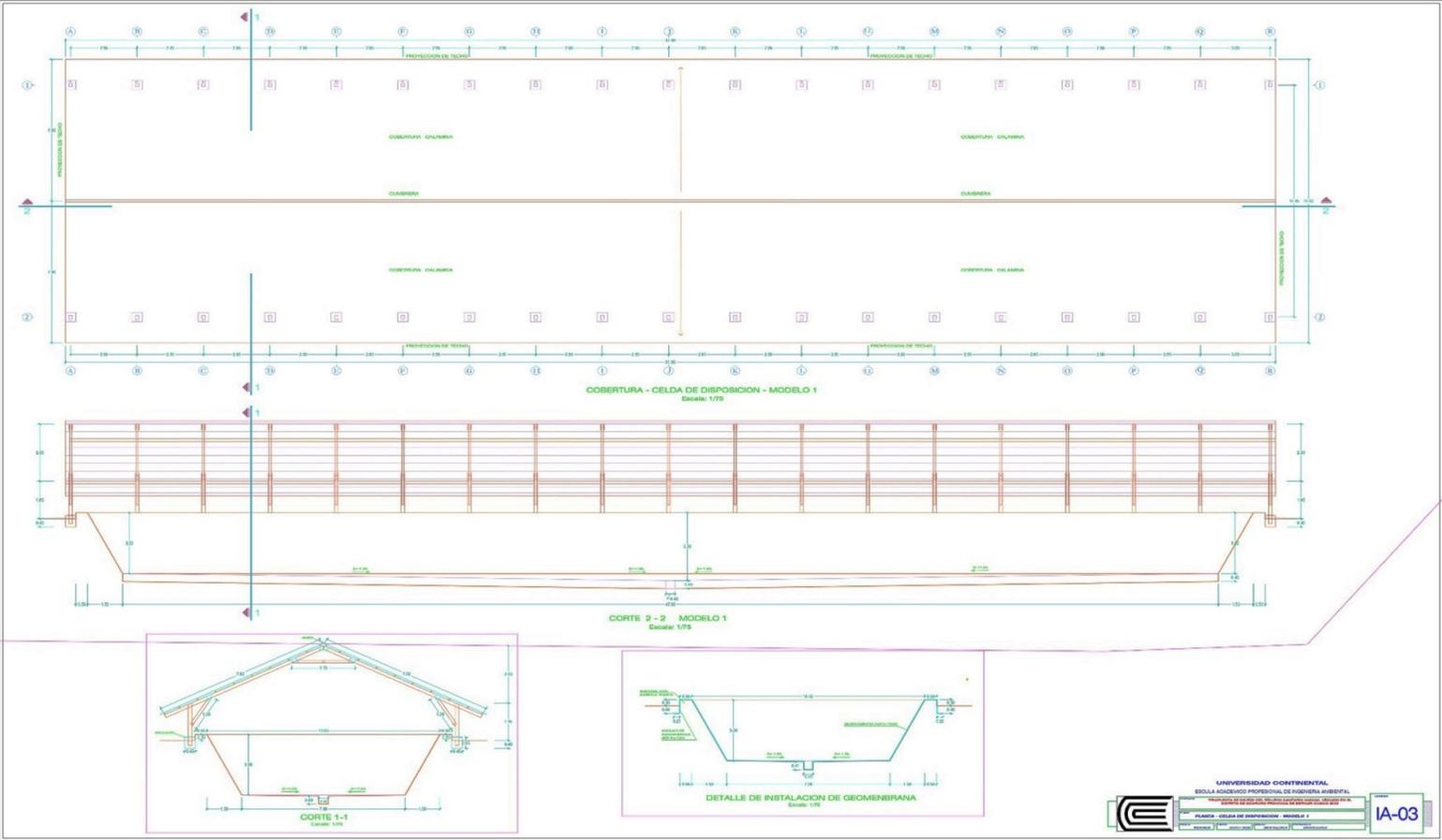
### Ubicación y Localización del área de implantación del proyecto



Fuente: Elaboración propia (2022)

**Plano 3.**

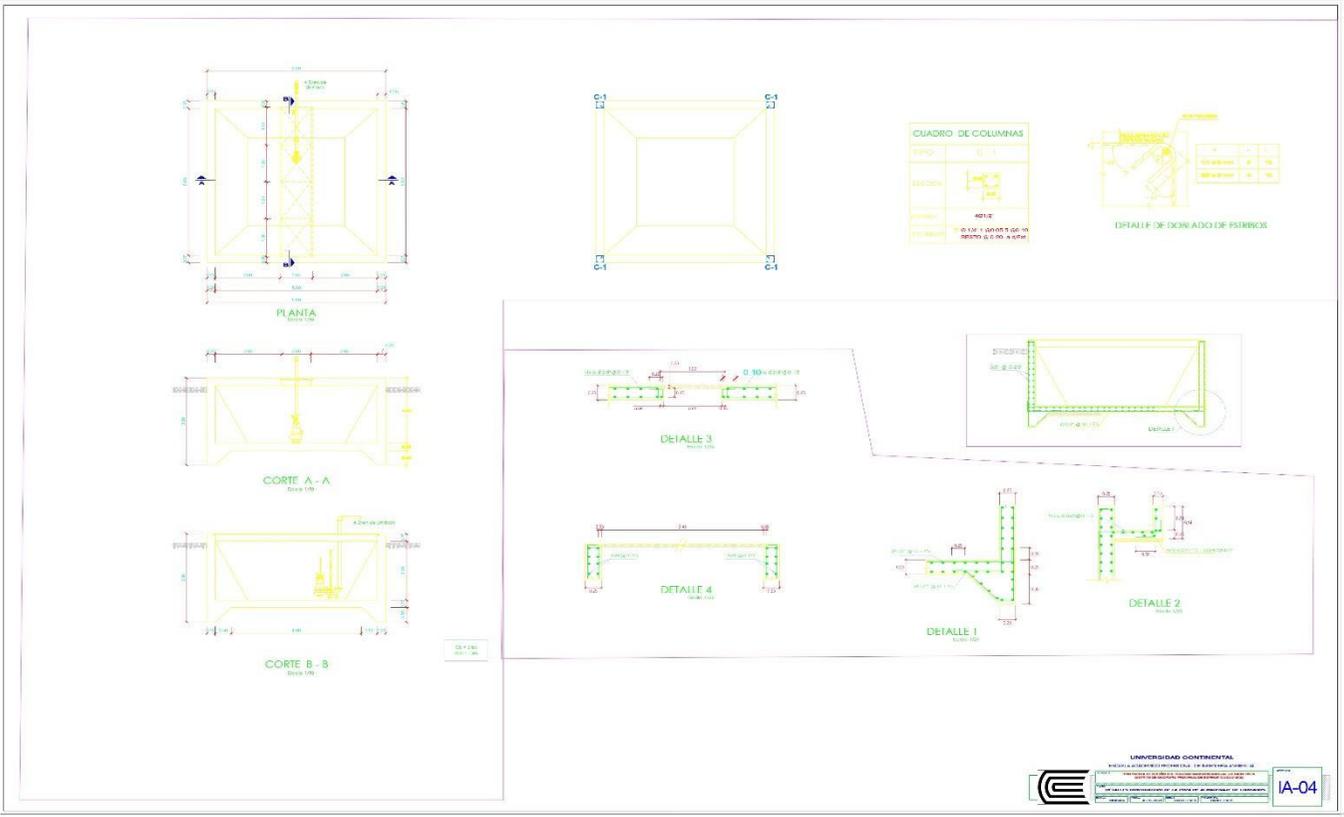
*Vistas de planta, cortes transversales y frontales de las celdas de disposición*



Fuente: Elaboración propia (2022)

**Plano 4.**

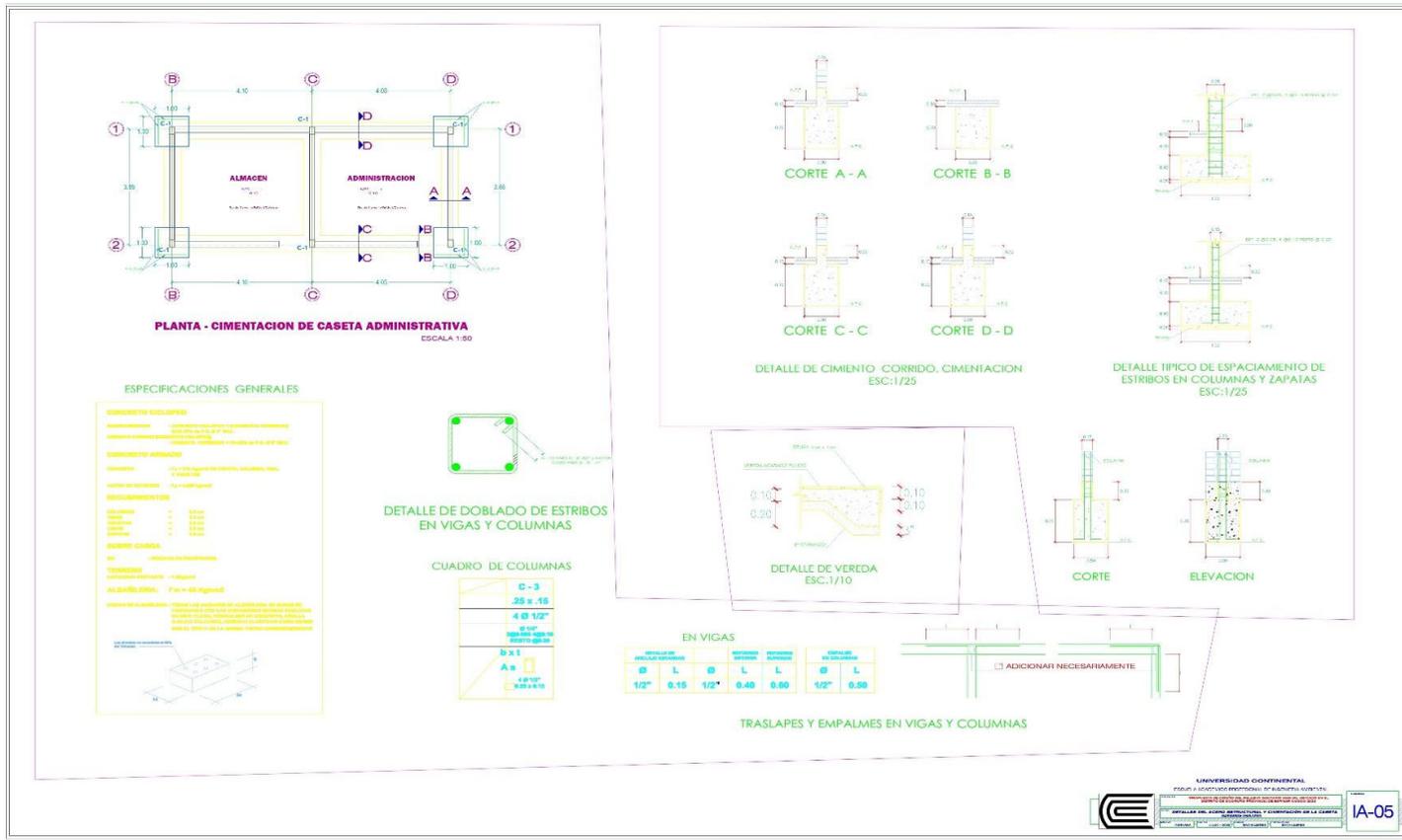
*Detalle de la poza de lixiviados*



Fuente: Elaboración propia (2022)

## Plano 5.

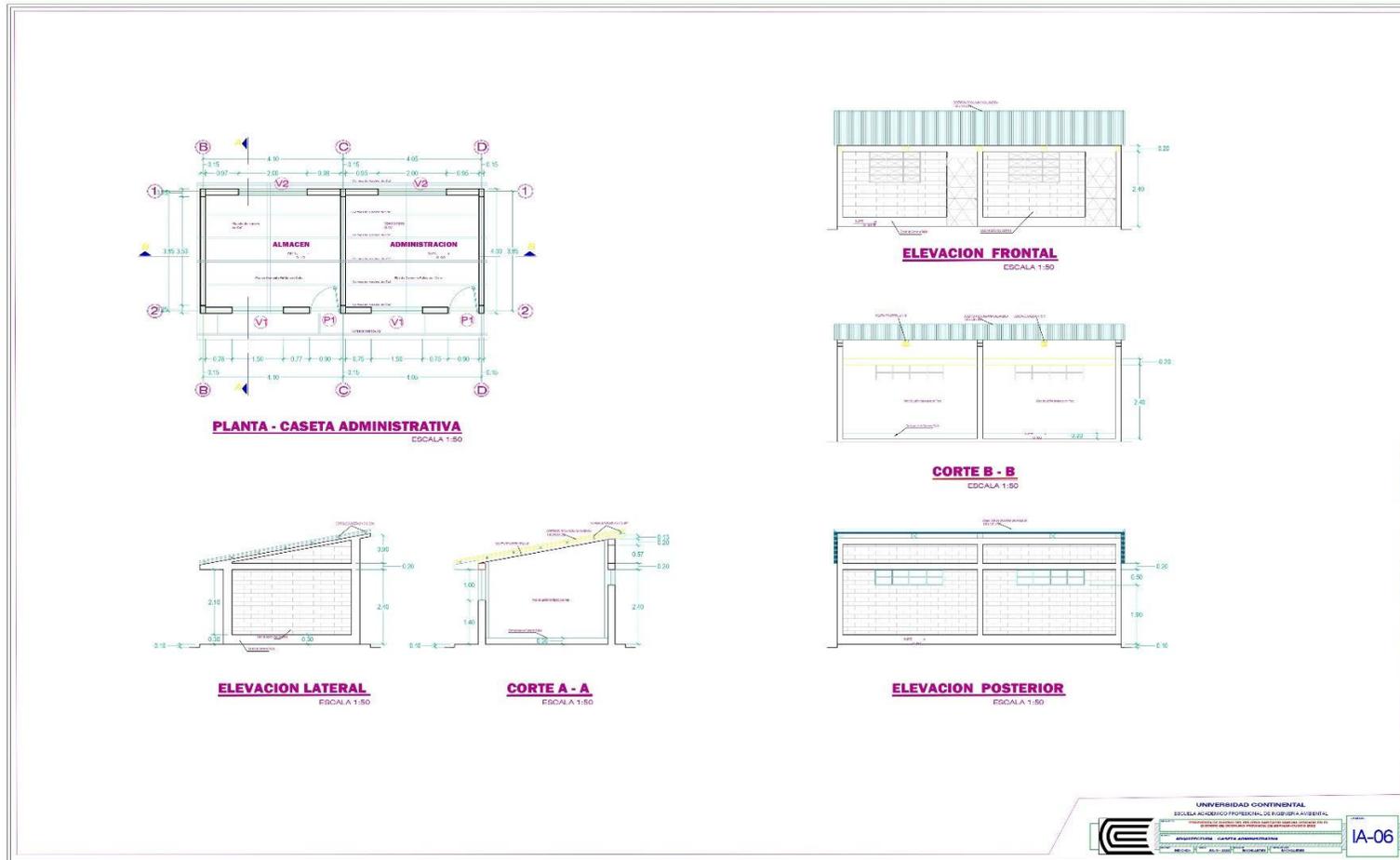
### Detalle del acero estructural y cimentación de la caseta administrativa



Fuente: Elaboración propia (2022)

## Plano 6.

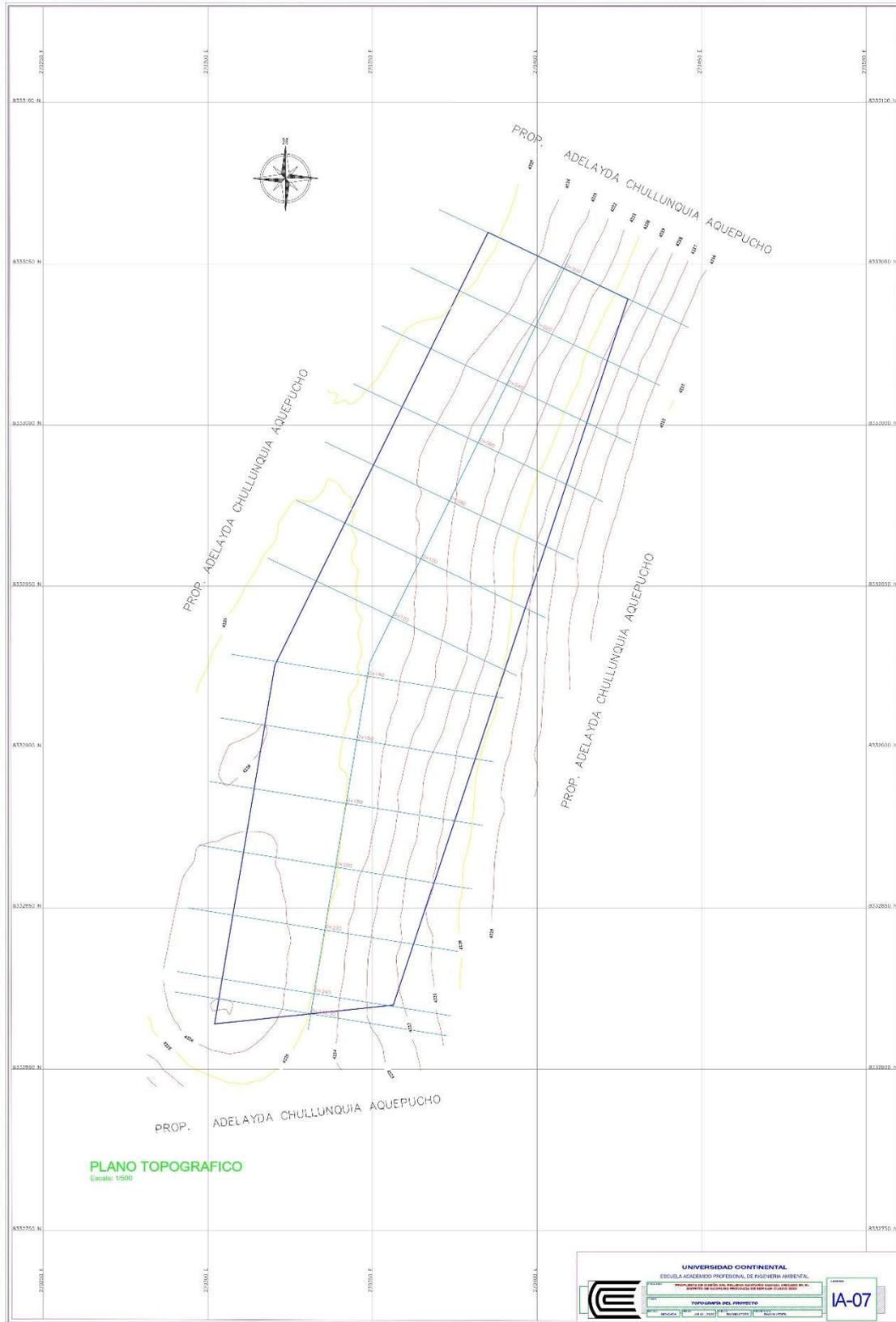
Vistas de planta, frontal y transversal de la caseta administrativa



Fuente: Elaboración propia (2022).

# Plano 7.

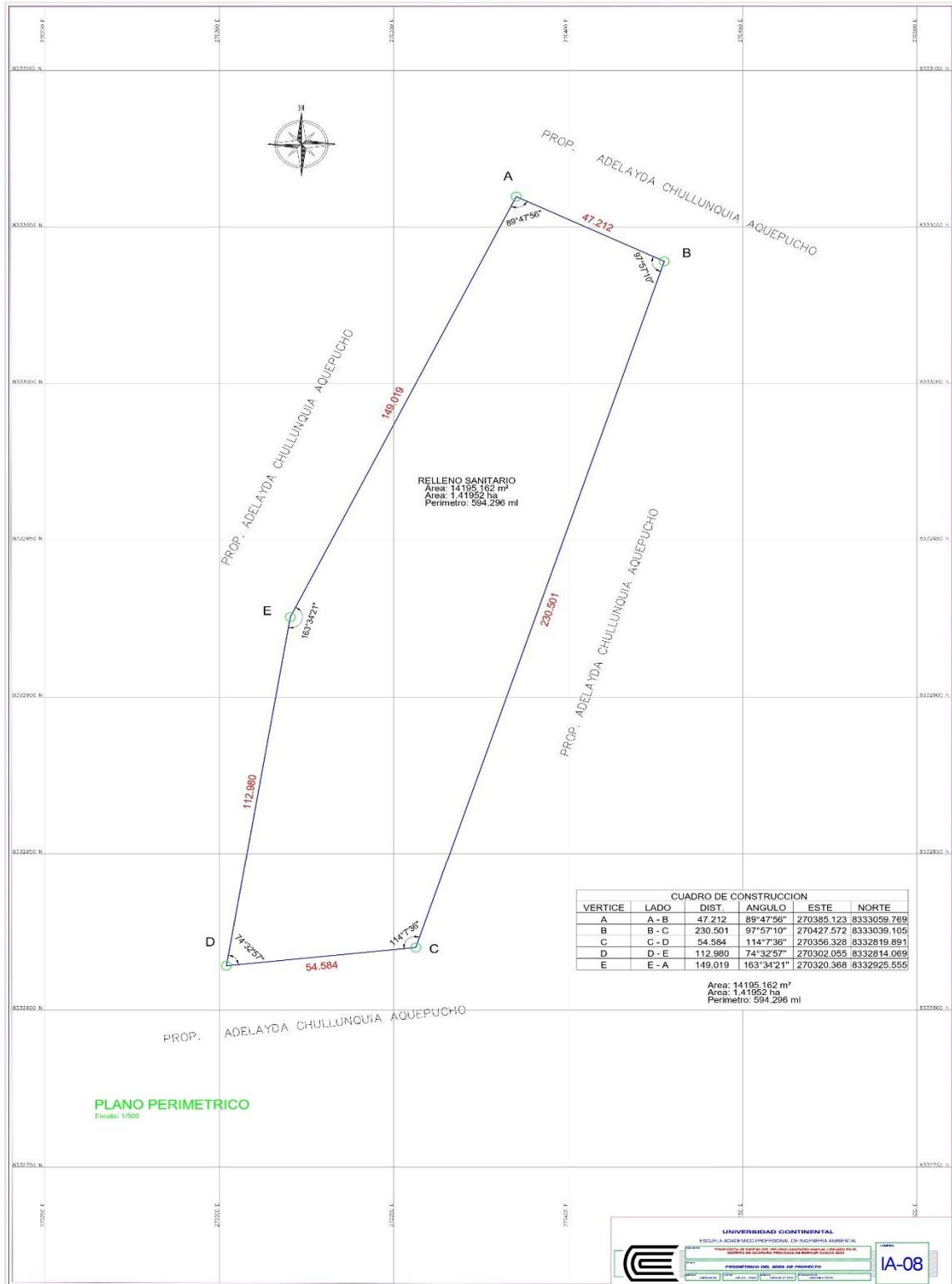
## Topografía del área del proyecto



Fuente: Elaboración propia (2022)

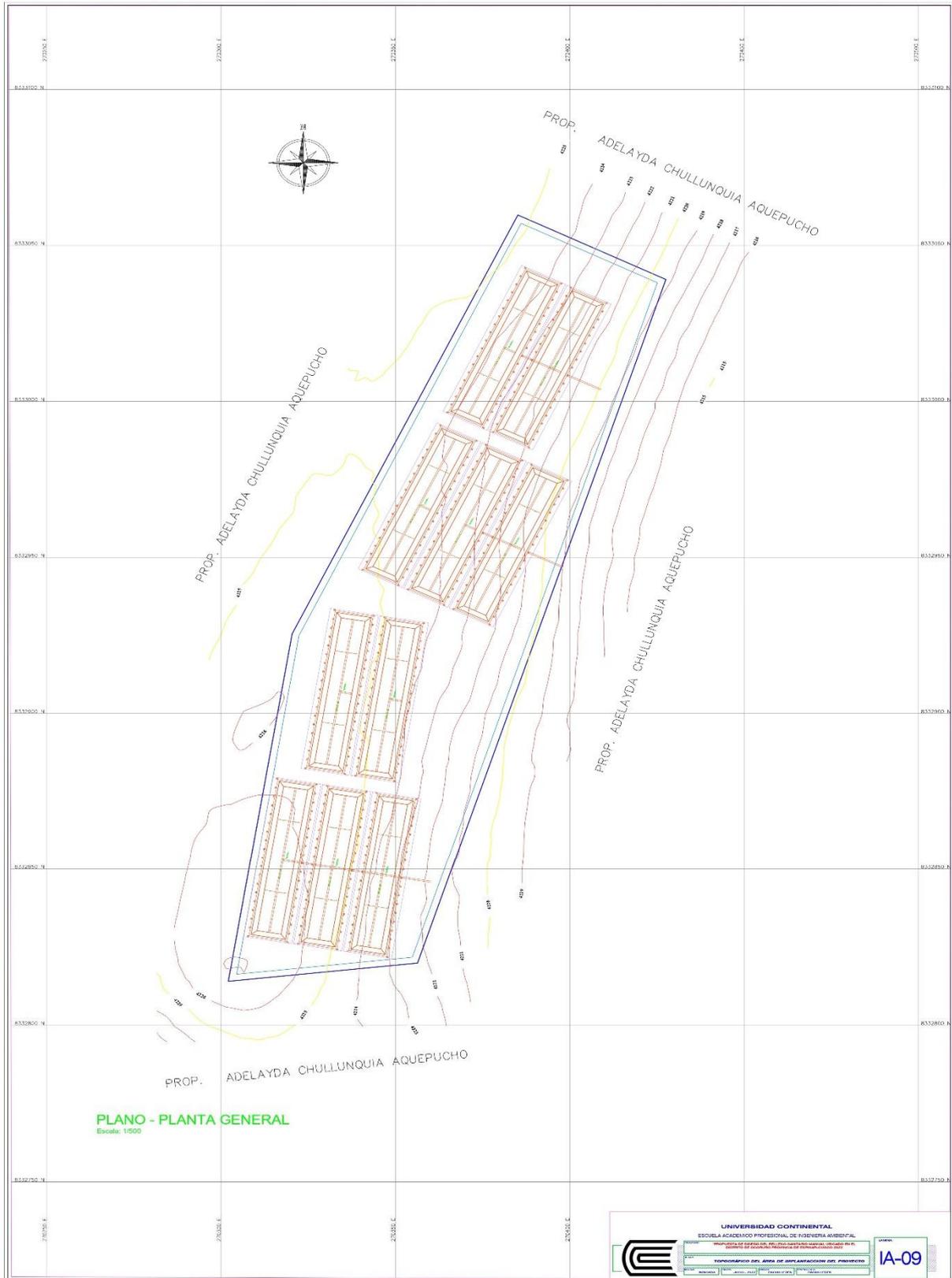
# Plano 8.

## Perimétrica del área del proyecto



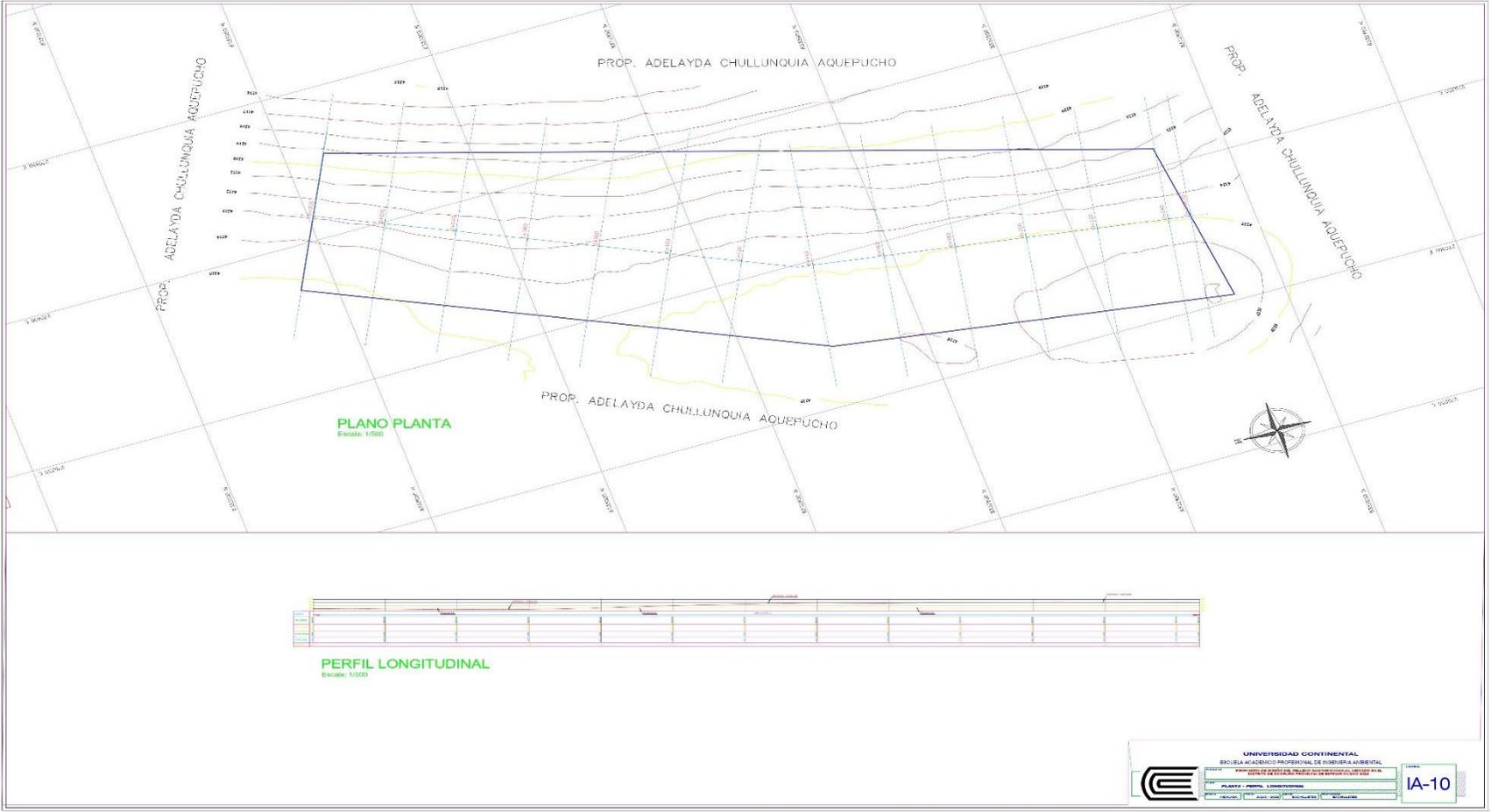
Fuente: Elaboración propia (2022)

**Plano 9.**  
**Topográfico del área de implantación del proyecto**



Fuente: Elaboración propia (2022)

**Plano 10.**  
*Perfil Longitudinal del área del proyecto*



Fuente: Elaboración propia (2022)

## **5.2. Pruebas y resultados**

Este proyecto de investigación posee objetivos congruentes, primeramente, con el dimensionamiento del terreno requerido para la implantación del relleno sanitario y con la identificación del volumen de residuos sólidos inorgánicos reaprovechables formados en acciones domiciliarias y no domiciliarias que muestran una favorable valorización potencial.

### **5.2.1. Cálculo y dimensionamiento del diseño del relleno sanitario.**

#### **5.2.1.1. Selección del método.**

Al tener en cuenta la topografía del terreno, las características del suelo y la profundidad del nivel freático, el método a emplear para la construcción del relleno sanitario que se acopla a las características mencionadas es de zanja o trinchera. Es así que, se requiere una amplia disposición de terreno para el acceso que cumpla con los siguientes requerimientos: un ancho de 6 m, separación de trinchera a trinchera de 3,5 m a 4 m, canal de aguas pluviales de 1m de ancho (variable) y, el cerco vivo deberá estar separado entre 2 m a 2,5m (dos filas) alrededor del cerco perimétrico para la poza de lixiviados, área de segregación, área de estacionamiento, caseta de control, vivero forestal u otros espacios que se pueda requerir. Por ende, para la aplicación de este método se requiere una superficie de aproximadamente 1,5 ha.

#### **5.2.1.2. Proyección de la población.**

Basados en que los resultados de la tasa de crecimiento poblacional del distrito de Ocoruro fueron negativos, se utilizaron los datos poblacionales del último censo del año 2017 de la provincia de Espinar – Cusco (INEI, 2017). La población urbana del distrito fue proyectada desde el año 2017 al año 2031, con una tasa de crecimiento anual de 0,30 %, y una población inicial de 1104 habitantes. En la tabla 32, se presenta la proyección de la población del distrito de Ocoruro desde el año 2017 hasta el año 2031.

**Tabla 41***Proyección poblacional del distrito de Ocoruro para el año 2017 – 2031*

<b>Número de años</b>	<b>Población proyectada</b>	<b>Año</b>
<b>1</b>	1104	2017
<b>2</b>	1107	2018
<b>3</b>	1111	2019
<b>4</b>	1114	2020
<b>5</b>	1117	2021
<b>6</b>	1121	2022
<b>7</b>	1124	2023
<b>8</b>	1127	2024
<b>9</b>	1131	2025
<b>10</b>	1134	2026
<b>11</b>	1138	2027
<b>12</b>	1141	2028
<b>13</b>	1144	2029
<b>14</b>	1148	2030
<b>15</b>	1151	2031

Fuente: Elaboración propia (2022)

La proyección de la población del distrito de Ocoruro correspondiente al año 2031 es de 1151 habitantes. Éste resultado fue utilizado como base para el cálculo de la producción per cápita y la generación diaria de residuos sólidos totales.

#### **5.2.1.3. Generación total y producción per cápita de residuos sólidos.**

Para analizar la generación de residuos sólidos domésticos del distrito de Ocoruro, se efectuó un control diario del peso de los residuos producidos en cada una de las viviendas establecidas en la muestra.

Por otro lado, para analizar la generación de los residuos sólidos de origen no domiciliario, se dispuso el mismo procedimiento descrito anteriormente, registrando el peso de los residuos generados en cada fuente participante.

En general, la producción per cápita "ppc" o "gpc" fue calculada usando el resultado del estimado del peso de RSM (Kg/vivienda/día) dividido para el número de habitantes estimado para 10 años; resultando un PPC de 0,594 Kg/hab/día (el detalle se muestra en la tabla 33). Mientras que, la cantidad de residuos sólidos producidos se calculó utilizando la producción per cápita y el número de habitantes, obteniendo un valor de 663,50 kg/día y, un valor anual de 242,18 t/año. Así mismo, la densidad promedio de los residuos sólidos en el distrito de Ocoruro fue de 159,63 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 42.**

*Detalle del PPC del distrito de Ocoruro*

Población Urbana Del Distrito	Ppc Domiciliaria	Generación De Rs Domiciliaria	Generación De Rs No Domiciliaria	Generación De Servicio De Barrido	Generación Municipal	Ppc Municipal
A	B	C= A*B	D	E	F=C+D+E	G= F/A
1014 Hab.	0,558 Kg/Hab/Día	565,82 Kg/m <sup>3</sup>	26,55 Kg/m <sup>3</sup>	10	602,36 Kg/m <sup>3</sup>	0,594 Kg/Hab/Día

Fuente: Elaboración propia (2022)

#### **5.2.1.4. Cálculo del volumen de residuos sólidos.**

- Cálculo del volumen compactado durante todo un año de los residuos sólidos: 538,17 m<sup>3</sup>/año.
- Cálculo del volumen estabilizado durante todo un año de los residuos sólidos: 440,32 m<sup>3</sup>/año.

#### **5.2.1.5. Cálculo de la cantidad del relleno sanitario estabilizado.**

- Cantidades de material de cobertura: Hace referencia a la cantidad de tierra necesaria para cubrir los residuos recién compactados. Su cálculo se basa en el 20 % del volumen de residuos recién compactados, por lo que se obtuvo un valor de 108 m<sup>3</sup>/año.

- Cantidades del relleno sanitario acumulado anualmente:  
547,96 m<sup>3</sup>/año.

#### **5.2.1.6. Cálculos del área requerida.**

Para el cálculo del Área por Rellenar se asumió una profundidad promedio de 6 metros, tomando en cuenta que las distancias son variables debido a la morfología del terreno en el cual se utilizan las medidas de 2,5 m a 3,5 m. El área por rellenar calculada fue de 0,1999 ha o 1999,05 m<sup>2</sup>. Mientras que para el Área Total por Rellenar se utilizó un factor de aumento F (éste es entre 20-40% del área que se deberá rellenar) para las áreas adicionales. En este caso se asumió 30% aplicando la Ecuación 9, y se obtuvo un área total por rellenar de 0,2798 ha o 2798,67 m<sup>2</sup>.

$$A_T = A_{RS} + (A_{RS} \times 30\%)$$

Donde:

AT = Área Total por Rellenar

ARS = Área por Rellenar

#### **5.2.1.7. Diseño de la trinchera o zanja-volumen de la zanja (vz).**

El cálculo del volumen de la zanja se realizó mediante el método de áreas promedio y alturas. Se utilizarán 7 zanjas con un dimensionamiento igual para todas (Tabla 34).

**Tabla 43.***Dimensionamiento de las trincheras*

Plataforma Única									
Descripción	Dimensiones							Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
	Ancho "A"	Avance "L"	Talud De Ancho	Talud De Avance	Altura "H"	Talud			
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	H	V		
Trinchera N° 1	10,00	50,00	4,00	44,00	3,00	1,0	2,0	972,65	972,65
Trinchera N° 2	10,00	50,00	4,00	44,00	3,00	1,0	2,0	972,65	1.945,30
Trinchera N° 3	10,00	50,00	4,00	44,00	3,00	1,0	2,0	972,65	2.917,94
Trinchera N° 4	10,00	50,00	4,00	44,00	3,00	1,0	2,0	972,65	3.890,59
Trinchera N° 5	10,00	50,00	4,00	44,00	3,00	1,0	2,0	972,65	4.863,24
Trinchera N° 6	10,00	50,00	4,00	44,00	3,00	1,0	2,0	972,65	5.835,89
Trinchera N° 7	10,00	50,00	4,00	44,00	3,00	1,0	2,0	972,65	6.808,54

Fuente: Elaboración propia (2022)

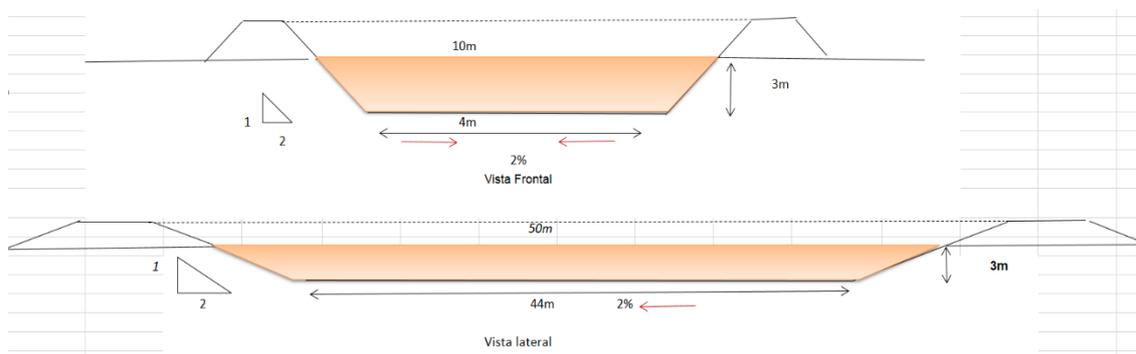
Las dimensiones de cada trinchera o zanja se distribuyen de la siguiente manera: La depresión de la zanja es de 3 metros en concordancia con el tipo de suelo, nivel freático, costos de excavación y tipo de equipo. El avance de la zanja mayor a 50 metros y 40 metros del talud de avance fue considerado también en función al tiempo de vida útil de la zanja, que por lo general es de aproximadamente 12 meses (32). El ancho mayor es de 10 metros mientras que el ancho del talud es de 4 metros, lo que

resulta beneficioso para evadir el traslado a una prolongada distancia.

Para el proyecto se traza la meta de la construcción de 7 taludes que se dispondrán alrededor del perímetro general al relleno y serán impermeabilizados con material arcilloso homogéneo, el cual, no debe estar conformado por menos del 35 % de su peso seco que permita el paso por la malla ASTM N° 200, con el objetivo de efectuar lo instaurado en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos ( $k \leq 1 \cdot 10^{-6}$ ) (30). Esta metodología de construcción es utilizada regularmente donde, los niveles de aguas freáticas son profundos, el terreno posee pendientes suaves y por lo tanto las zanjas pueden excavarse manipulando equipos estándar de movimiento de tierras.

**Figura. 11.**

*Representación del dimensionamiento de una zanja*



Fuente: Elaboración propia (2022)

#### **5.2.1.8. Cálculo de generación de lixiviados.**

Para determinar la generación del caudal medio de Lixiviados (Q), se describen las siguientes variables usadas para su cálculo:

- Precipitación media anual, la cual es similar en toda la provincia de Espinar, se estima en 775,8 mm; área superficial del relleno de 3.500,0 m<sup>2</sup>; número de segundos en un año y coeficiente que depende del grado de compactación de los RRSS (para suelos débilmente compactados se considera un valor de 0,25 – 0,5). El

resultado obtenido del cálculo del caudal medio de lixiviados (Q) fue de 0,04 L/s que equivale a 111,59 m<sup>3</sup>/mes.

- En cuanto al volumen de lixiviados, se estimó para un periodo (T) de 12 meses con lluvias consecutivas y con el caudal anteriormente calculado (Q). El volumen obtenido fue de 1.339,05 m<sup>3</sup>/año, este mismo se utilizó para calcular la distancia del régimen de zanjas para el (L) junto con una zona externa superior de la zanja (Az) de 500 m<sup>2</sup>. El resultado de L fue 2,68 m.

$$V = Q \times T$$

Donde:

V= volumen de lixiviados

Q= caudal medio de lixiviados

T= número Superlativo de lluvias en los meses consecutivos

$$L = \frac{V}{Az}$$

Donde:

L= Longitud del sistema de zanjas para el lixiviado

V= volumen de lixiviados

Az= área superficial de la zanja

El diseño de la poza para acopio temporal de lixiviados fue considerado, para tres pozas. Los detalles se muestran en la tabla 35. Posteriormente, se calculó el periodo de recirculación resultando un valor de 0,05.

$$V = \frac{1}{3} H \left( (A * B) + (C * D) + \sqrt{(A * B) + (C * D)} \right)$$

Donde:

A = Largo de base mayor

B = Ancho de base mayor

C = Ancho de base menor

D = Largo de base menor

H = Altura

$$\text{Periodo de recirculación} = \frac{\text{Volumen de recepción de la poza de lixiviados}}{\text{Volumen de lixiviados generados}}$$

**Tabla 44.**

*Dimensionamiento de la poza para acopio transitorio de lixiviados*

Plataforma Única									
Descripción	Dimensiones							Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> )
	Ancho "A"	Avance "L"	Talud De Ancho	Talud De Avance	Altura "H"	Talud			
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	H	V		
Poza N° 1	5,00	5,00	0,50	0,50	2,25	1,00	2,00	20,81	20,81
Poza N° 2	5,00	5,00	0,50	0,50	2,25	1,00	2,00	20,81	20,81
Poza N° 3	5,00	5,00	0,50	0,50	2,25	1,00	2,00	20,81	20,81

Fuente: Elaboración propia (2022)

Los drenajes principales y secundarios de la plataforma de aislamiento estarán completadas con un componente de drenaje (grava o arena), lo cual tiene como característica principal una conductividad hidráulica de mínimo 0.01 cm/s lo que evitará el acaparamiento de lixiviados en el área de aislamiento (30).

Según los resultados del estudio geotécnico, los rasgos sistemáticos de la zona, dejan ver la presentación de precipitaciones pluviales características de los meses de temperaturas más altas, que involucran que la producción de líquidos procedentes de la porción orgánica de los desechos sólidos pronto aumenten.

#### **5.2.1.9. Dimensionamiento de drenes.**

Dentro del dimensionamiento de drenes para captar y conducir lixiviados, se hizo uso de las especificaciones de la Tabla 13, mismas que se encuentran en la sección 13.9 de la "Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final

de residuos sólidos municipales-MINAM” (33, p. 172). Para el presente diseño se consideró una sección cuadrada de 0,16 m<sup>2</sup> (0,40 m x 0,40 m) con tubería HDP agujereada.

**Tabla 45.**

*Drenes para lixiviados: características de secciones por tipo de rellenos*

Tipo de relleno sanitario	Sección de drenes longitudinal y transversal (m <sup>2</sup> )	Observaciones
Manual	<p>Sección cuadrada: 0,40 m X 0,40 m = 0,16 m<sup>2</sup></p> <p>Sección trapezoidal:  <math>S = [(Bmy + Bm) \times H]/2</math>  <math>[(0,9 + 0,3) \times 0,3]/2 = 0,18</math> m<sup>2</sup></p>	<p>Dren de sección cuadrada excavada por debajo de la superficie base.</p> <p>Dren de sección trapezoidal habilitada sobre la capa de protección de la geomembrana.</p>

Fuente: Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales (33).

Mientras que, para el dimensionamiento de drenes verticales para gases, se consideró una sección rectangular del tipo gavión, preparada con madera y, rellena con piedras de tamaño mediano para un tipo de relleno sanitario Manual, con dimensiones de 0,40 m x 0,40 m; es decir 0,16 m<sup>2</sup> por cada celda (33).

#### **5.2.1.10. Dimensionamiento de los canales pluviales.**

Para el dimensionamiento de los canales pluviales se procedió, en primer lugar, con el cálculo de la descarga máxima de diseño (Q). Dentro de ésta, fue necesario calcular la variable I (Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)). El detalle de la misma se describe en la Tabla 37.

$$Q = 0.278C \times I \times A$$

Donde:

Q= Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C= Coeficiente de escorrentía

I= Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A= Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

$$I = \frac{KT^m}{T^n}$$

Donde:

I= Intensidad(mm/h)

T= Periodo de Retorno (mm/h)

t= Duración de la Lluvia (min)

K, m, n= Parámetros de ajuste (mm/h).

**Tabla 46.**

*Detalle de los parámetros para el cálculo de la descarga máxima de diseño*

Método Racional		
Cálculo De La Intensidad Máxima (Mm/Hora)	$I = \frac{K * T^m}{t^n}$	
Parámetros	Valor	Unidades
Tiempo De Duración (T) =	30	Minutos
Parámetros De Ajuste (Mm/H)	k	355,40
	m	0,11
	n	0,75
Periodo De Retorno (T) =	10	Años
Resultado De Intensidad =	35,5	Mm/H

Fuente: Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales (33).

Posteriormente, se procedió con el cálculo de las demás variables, por ende, para el coeficiente de escorrentía C fue necesario tomar en cuenta los tipos de suelo y áreas (33), mismos que se detallan en la tabla 38.

**Tabla 47.**

*Coefficiente de escorrentía y área basado en tipo de suelo*

Clasificación	Coefficiente De Escorrentía "C"	Área Km <sup>2</sup> "A"	"C" X "A"
Vegetación Ligera	0,55	0,03	0,01
Zonas De Edificios	0	0,00	0,00
Zonas Suburbanas	0	0,00	0,00
Praderas (Suelo Arcilloso)	0	0,00	0,00
Praderas (Suelo Arenoso)	0	0,00	0,00
Total		0,03	0,01

Fuente: Elaboración propia (2022)

Sobre la base del coeficiente de escorrentía ponderada "C" de 0,55, un área aporta de 0,03 Km<sup>2</sup> y una intensidad máxima 35,5 mm/h, la descarga máxima de diseño fue de 0,14 m<sup>3</sup>/s.

#### 5.2.1.11. Dimensionamiento del canal Trapezoidal con H canales.

En la figura 6, se especifican los elementos manejados para el cálculo del canal Trapezoidal con H canales.

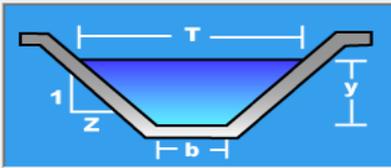
**Figura. 12.**

*Cálculo de los elementos del canal Trapezoidal con H canales*

Lugar:	<b>OCORURO-ESPINAR-CUSCO</b>	Proyecto:	<b>PROPUESTA DE DISEÑO DE</b>
Tramo:		Revestimiento:	<b>concreto Fc=175 kg/cm2</b>

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	<b>0.14</b> m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<b>0.25</b> m
Talud (Z):	<b>0.75</b>
Rugosidad (n):	<b>0.013</b>
Pendiente (S):	<b>0.02</b> m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	<b>0.1665</b> m	Perímetro (p):	<b>0.6662</b> m
Área hidráulica (A):	<b>0.0624</b> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<b>0.0937</b> m
Espejo de agua (T):	<b>0.4997</b> m	Velocidad (v):	<b>2.2437</b> m/s
Número de Froude (F):	<b>2.0272</b>	Energía específica (E):	<b>0.4230</b> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<b>Supercrítico</b>		

Fuente: Elaboración propia (2022)

#### **5.2.1.12. Chimeneas.**

Los gases que se generan mediante la degradación de la materia orgánica encerrada en los residuos sólidos, deben ser depuestos de forma permanente y vigilada, haciendo uso de chimeneas de 0,60 m de ancho por 0,60 m de largo; construidas por piedras (8" de diámetro) y soporte de madera, cada una poseerá un área de predomnio de 0,40 Km. y se van elevando en forma vertical, acorde que la celda va escalando. Este sistema de evacuación de gases se culmina, mediante la implantación de un cilindro metálico (de 55 galones de volumen) cortado por la mitad a 40 centímetros por encima del nivel del perfil terminado.

#### **5.2.1.13. Edificación administrativa.**

Se plantea utilizar está edificación con el fin de administrar las operaciones del relleno sanitario; será el lugar donde se efectuará el registro de los equipos que acarreen los residuos sólidos. Por lo que es necesario disponer esta edificación en una ubicación lo más próximo posible a la entrada principal al relleno sanitario (30). Esta clase de infraestructura está conformada por los ambientes presentados en la tabla a continuación.

**Tabla 48.**

*Ambientes de la edificación administrativa*

Caseta de Vigilancia y Control	8.26 m <sup>2</sup>
Caseta de Registro y Pesaje	4.28 m <sup>2</sup>
Caja para Balanza (Plataforma de ingreso y salida)	39.70 m <sup>2</sup>
Oficina administrativa	54.40 m <sup>2</sup>
Almacén para materiales y herramientas	30.46 m <sup>2</sup>
Comedor y cocina	30.18 m <sup>2</sup>
Servicios higiénicos y vestuario	38.04 m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia (2022)

#### **5.2.1.14. Instalaciones sanitarias.**

- Suministro de agua:

Se prevé instalar una red de tuberías de PVC para agua fría (clase A-10 roscada), por lo tanto, se instalarán dos tanques de 1.000 lts, los cuales, se abastecerán mediante camiones tipo cisterna. Estos tanques tendrán una altura de 4 m, para ellos se considera el vaciado de una losa de concreto como asiento y columnas de concreto, y el suministro de agua hacia las instalaciones del relleno a través, de una bomba hidráulica de 1 HP (30).

- Red de aguas residuales:

Este sistema estará conformado por:

- a) Un tanque séptico de 3,50 m<sup>2</sup> construido en cemento tipo V específico para infraestructuras (muro y losa).
- b) La salida e ingreso de las aguas negras se mueve a través de una tubería de PVC de 4".
- c) Se plantea la ventilación con la disposición de una tubería de 4" con una altura prominente de 2 m.

### **5.2.2. Monitoreo y valoración.**

Resulta de gran importancia la implementación de monitoreos constantes para instituir el nivel de eficiencia de los trabajos de sensibilización ambiental que deben estar encargados de los organizadores ambientales, segregar en la fuente y de la recolección de residuos sólidos reaprovechables. Por lo tanto, se estipula que se deben elaborar fichas de control de gestión que ayudarán como herramientas de evaluación para así determinar si resultan positivas o no, las actividades y el acatamiento de éstas, tomando como base esta información manifestaremos estrategias para cumplir efectivamente las actividades dadas:

- Las residencias bajo monitoreo que cumplan con el programa de recolección selectiva y segregación en fuente, se les concederá una bonificación ambiental que equivale a un descuento del 15% de sus contribuciones de baja policía al mes y una cancelación de incentivos cada 6 meses.
- Asimismo, al finalizar las tareas habituales se realizarán reuniones con la recolección selectiva y promotores ambientales para la elaboración de una propuesta de matriz FODA y reconocer donde estuvieron las fortalezas, circunstancias beneficiosas, problemas y las intimidaciones

que surgen diariamente a medida que se van desempeñando los trabajos dados del programa.

## CONCLUSIONES

- Se identificaron los parámetros técnicos, sociales y ambientales que deben contemplarse para implementar una propuesta de relleno sanitario manual que brinde la disposición final de la generación de desechos sólidos en el distrito de Ocoruro, provincia de Espinar – Cusco. Tras la identificación y el análisis de los parámetros, se ha seleccionado el terreno donde se propondrá el proyecto, tomando como base la matriz de calificación para la preselección de área para la disposición final y/o planta de tratamiento de residuos sólidos del MINAM.
- Se diseñó un relleno sanitario manual teniendo en cuenta que en el Departamento del Cusco existe solo un relleno sanitario semimecanizado en la provincia de Urubamba y, en el Perú, se cuenta solo con 52 rellenos sanitarios a nivel nacional reconocidos por el (MINAM) y cerca de 1585 botaderos en un aproximado de 1973 hectáreas degradadas. En ese sentido, los tesisistas buscan y proponen una alternativa de solución, por lo que la implementación del presente proyecto sería beneficiosa para poblaciones pequeñas con habitantes menor a 5000, con el único fin de reducir los impactos a la salud ambiental, pública y a la biodiversidad, los estudiantes plantean este diseño para estas poblaciones que no cuentan con esta infraestructura, no requiriéndose un presupuesto alto para su ejecución, los estudiantes aportan con este diseño al distrito de Ocoruro y poblaciones con características similares dejando ya los estudios y cálculos.
- De igual forma, se consiguió realizar el dimensionamiento del área del terreno y volumen de residuos sólidos para su disposición final, donde se efectuó un trabajo de gabinete y de campo para calcular la generación per cápita de residuos sólidos y, al mismo tiempo, determinar el volumen de estos que tendrían disposición final en el relleno sanitario. Se concluyó que el terreno óptimo para la propuesta del proyecto debe tener un área mayor o igual a 5 hectáreas para una proyección de vida útil entre 10 y 20 años. Se concluye que los resultados de la proyección poblacional, para el año 2031, fue de 1151 habitantes y la producción de residuos sólidos per cápita fue de 663,50 kg/día o 242,18 t/ha/año. Mientras que la cantidad de residuos sólidos compactados estimado fue de 538,17 m<sup>3</sup>/año y el volumen estabilizado fue de 440,32 m<sup>3</sup>/año.

El volumen del material de cobertura resultó en 108 m<sup>3</sup>/año y el volumen del relleno sanitario acumulado anualmente fue de 547,96 m<sup>3</sup>/año, considerando un área por rellenar de 0,2798 ha o 2798,67 m<sup>2</sup>.

## TRABAJOS FUTUROS

- Es ineludible tomar en cuenta la cosmovisión y los distintos estilos de vida de la población como factor primordial para la ejecución de nuestro proyecto. Esto tendrá un impacto positivo en la aceptación de las poblaciones, lo que permitirá la realización del proyecto de una forma sostenible, para lo cual se tendrá que trabajar con todos los actores sociales desde la municipalidad, instituciones educativas, organizaciones sociales, comunidades campesinas, etc. En las tareas de sensibilización y cultura ambiental, utilizando las diferentes herramientas y estrategias de trabajo.
- Crear información coligada a políticas sostenibles que beneficien a la formulación de herramientas de trabajo ambiental convenientes, en congruencia con las condiciones de escasez presupuestaria concedida a nivel público.
- Las máximas autoridades municipales deberían comprometerse con la utilización beneficiosa de los residuos sólidos como un argumento imperativo y apremiante con el cual promover la generación de entradas económicas en pro de la rentabilidad de la municipalidad.
- Es significativo efectuar la propuesta de este proyecto de investigación y su puesta en marcha, mediante la cual se debe manejar el apropiado manejo de residuos sólidos.
- Es importante que la municipalidad desarrolle un estudio de factibilidad para la implementación de un proyecto para una planta de tratamiento de residuos sólidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FRANCO, LADY JOHANNA, MEZA, MÓNICA ANDREA & ALMEIRA, JUAN ERNESTO. “*Situación de la disposición final de residuos sólidos en el Área Metropolitana de Bucaramanga: caso relleno sanitario*”. El Carrasco (revisión). (1), 2018, Avances Investigación en Ingeniería, Vol. 15, pp. 180-193.  
<https://doi.org/10.18041/avances.v15i1>.
2. RODRIGUES, C., OLIVEIRA, DANIELLY & STIIRMER Y. JÚLIO CÉSAR. “*Estado da arte do gerenciamento de resíduos sólidos em instituições de Ensino Superior: uma revisão de literatura*”. (3), 2015, Revista Cubana de Química, Vol. 27, pp. 228-242.  
<http://ojs.uo.edu.cu/index.php/cq>.
3. MONTOYA, ANDRÉS FELIPE. “*Caracterización de residuos sólidos*”. (4), 2012, Cuaderno ACTIVA, pp. 67-72.  
<https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/34/31>.
4. MINAM. “*Informe Defensorial N.º 181: ¿Dónde va nuestra basura?*” Lima: Defensoría del Pueblo, 2019.
5. SUERO. “*Manejo de Lixiviados de la fracción orgánica de los residuos sólidos del relleno sanitario de Anta*”. Cusco: Universidad Nacional Agraria la Molina [en línea], 2022, p. 100.
6. MINISTERIO DEL AMBIENTE. “*Consultas Públicas de Proyectos Normativos*”. MINAM [en línea]. [Online] 2020.  
[https://repositorio.spda.org.pe/bitstream/20.500.12823/545/1/47 Opinión legal RM 199-2020-MINAM.pdf](https://repositorio.spda.org.pe/bitstream/20.500.12823/545/1/47%20Opini%C3%B3n%20legal%20RM%20199-2020-MINAM.pdf).
7. MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS. “*Programa de Incentivos a la mejora de la gestión municipal*”. El Peruano [en línea]. 2018, pp. 1-41.
8. AGRAMONTE E. T. “*Influencia del gasto público en el índice de pobreza en el distrito de Coporaque, provincia de Espinar, departamento de Cusco*”, 2018, Universidad Inca Garcilaso de la Vega [en línea].
9. INEI. “*Departamento de Cusco: Resultados Definitivos 2017*”. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [Online] 2017.  
[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1559/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1559/).
10. CRUZ, SAMANTHA & OJEDA, SARA. “*Gestión Sostenible de los Residuos Sólidos Urbanos*”. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Vol. 29, pp. 7-8.
11. PEREDA, GERARDO & VIGO, AUREA. “*Diseño de relleno sanitario para el distrito de Magdalena*”. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, 2021, Trujillo: Universidad César Vallejo. Tesis de pregrado.

12. SOTA, SHEYLA. *“Efecto del diseño de un relleno sanitario en la percepción de disposición de residuos de los pobladores de Chincha Alta – Ica”*. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. *Tesis de pregrado*.
13. PÉREZ, AUGUSTO & SÁNCHEZ, LUIS. *“Propuesta para el diseño de relleno sanitario para el distrito de Baños del Inca”*, 2021, Cajamarca: Universidad Privada del Norte. *Tesis de pregrado*.
14. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *“Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales”*. [Online]. 2019. <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>.
15. HUACCOTO, MAYTA & HUARACHI, RUTH. *“Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno”*. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima: Universidad César Vallejo. *Tesis de pregrado*.
16. DÍAZ, LIZETH & VALLEJO, ANDREA. *“Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica – Cesar”*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017. *Tesis de pregrado*.
17. FERNÁNDEZ, I. *“Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de La libertad, departamento de La libertad”*. El Salvador: Universidad de El Salvador, 2010. *Tesis de pregrado*.
18. DUARTE, N. *“Propuesta técnica para la implementación de una planta de tratamiento”*. Guatemala de la Asunción, 2018.
19. CÁCERES, GERARDO. *“Determinación de los niveles de generación de residuos sólidos domésticos de la ciudad de Moyobamba”*. Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, 2017. *Tesis de maestría*.
20. SÁEZ, ALEJANDRINA & URDANETA, JOHENI. *“Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe”*, 2014, Omnia, pp. 121-135.
21. SOLÓRZANO, LUIS. *“Diseño de un Relleno Sanitario para el tratamiento de desechos sólidos en la parroquia rural Tachina del Cantón Esmeraldas”*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador, 2015. *Tesis de pregrado*.
22. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *“Instructivo del Ministerio del Ambiente – 2014, para el cumplimiento de la Meta: Implementar”*. [Online] 2014.
23. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *“Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales”*. [Online] 2017. <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>.

24. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *“Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales”*. [Online] 2019. <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>.
25. ABREU. “El Método de la Investigación”, Daena: International Journal of Good Conscience [en línea] 2014, Vol. 9, pp. 195-204.
26. BAPTISTA LUCIO, MARÍA, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS & HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO. *“Metodología de la Investigación”*. México: McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA, 2006.
27. ARROYO. *“¿Cómo ejecutar un plan de investigación?”* Huancayo: Fundación para el Desarrollo y Aplicación de las Ciencias, 2012.
28. EL PERUANO (5 de diciembre de 2005). *“Ciencia, Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología del Sistema Nacional de Tecnología e Innovación Tecnológica – SINACYT”*, p. 567978.
29. BUNGE. *“La investigación científica: su estrategia y su filosofía”* [en línea]. ISBN 8434480107.
30. MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCORURO. *“Selección de áreas de Ocoruro y caracterización de residuos de sólidos”*. Perú, 2022.
31. SANDOVAL. *“Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado”*. 2013. pp. 29-36.
32. RICALDI, JULISSA, HUAMAN, MILAGROS & CALLUPE, NISHA. *“Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huancayo 2021”*. Huancayo: Universidad Continental, 2021. *Tesis de pregrado*.
33. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *“Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales”*. Primera. Lima: Ministerio del Ambiente, 2019.
34. EL PERUANO (5 de diciembre de 2015). *“Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – SINACYT”*, pp. 567-978.
35. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *“Residuos Sólidos – Estadísticas”*. Lima: Ministerio del Ambiente [Online], 2015. <https://sinia.minam.gob.pe/temas/residuos-solidos/estadisticas/>.
36. AUCAY CORNEJO, MARITZA. *“Remoción de la turbiedad y color mediante el uso de Tuna (Opuntia ficus indica) en el agua cruda del subsistema de la comunidad de Lunduma, cantón Santa Isabel”*. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2019.
37. CEGARRA SÁNCHEZ, JOSÉ. *“Los métodos de la investigación”*. Madrid, 2012.

38. COAQUIRA YAPU, MIGUEL, VILLANUEVA ALVARADO, LUISA & YAYA LÉVANO, JORGE. *“Efecto de Floculantes Naturales Penca de la Tuna en el Tratamiento de las Aguas Superficiales de Acequias de las Zonas Agrícolas del Valle de San Vicente de Cañete”*. Cañete, 2017.
39. CORTÉS CORTÉS, MANUEL & IGLESIAS LEÓN, MIRIAM. *“Generalidades sobre Metodología de la Investigación”*. México: Universidad Autónoma del Carmen, 2004.
40. DEL CID, ALMA, MENÉNDEZ, ROSEMARY & SANDOVAL, FRANCO. *“Investigación, fundamentos y tecnología”*. México: Pearson, 2011.
41. ESPIGARES GARCÍA, MIGUEL, GÁLVEZ VARGAS, R. & PÉREZ LÓPEZ, JOSÉ. *“Aspectos Sanitarios del Estudio de las Aguas”*. España: Universidad de Granada, 1895.
42. HERNÁNDEZ ESCOBAR, ARTURO, ET AL. *“Metodología de la Investigación Científica”*. s.l.: Ciencias, 2018.
43. LOZANO FLORIAN, LORENA. *“Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus-indica (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca”*. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, 2018.
44. OLIVEROS RAMOS, RICARDO, TAM MÁLAGA, JORGE & VERA, GIOVANA. *“Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación Científica”*. 2008.
45. Metodología de la Investigación 2014 [en línea]. HERNÁNDEZ. 2014. ISBN 9781456223960.
46. MPE. *“Plan de Desarrollo Concertado 2021. Municipalidad Provincial de Espinar”*. [Online] 2021.  
file:///C:/Users/asinc/Downloads/Plan%20de%20Desarrollo%20Concertado%202021%20-%20Parte1.pdf.
47. HERNANDEZ, FERNÁNDEZ & BAPTISTANÁ. *“Metodología de la Investigación”*. México D.F: McGraHw-ill, 2014. 978-1-4562-2396-0.

## ANEXOS

### Anexo 1. Panel fotográfico



*Fotografía 1. Pesaje y toma de datos de las muestras*



*Fotografía 2. Toma de datos*



*Fotografía 3. Recojo de muestras en población*



*Fotografía 4. Clasificación de residuos*



*Fotografía 5. Cálculo de la densidad del Residuo*

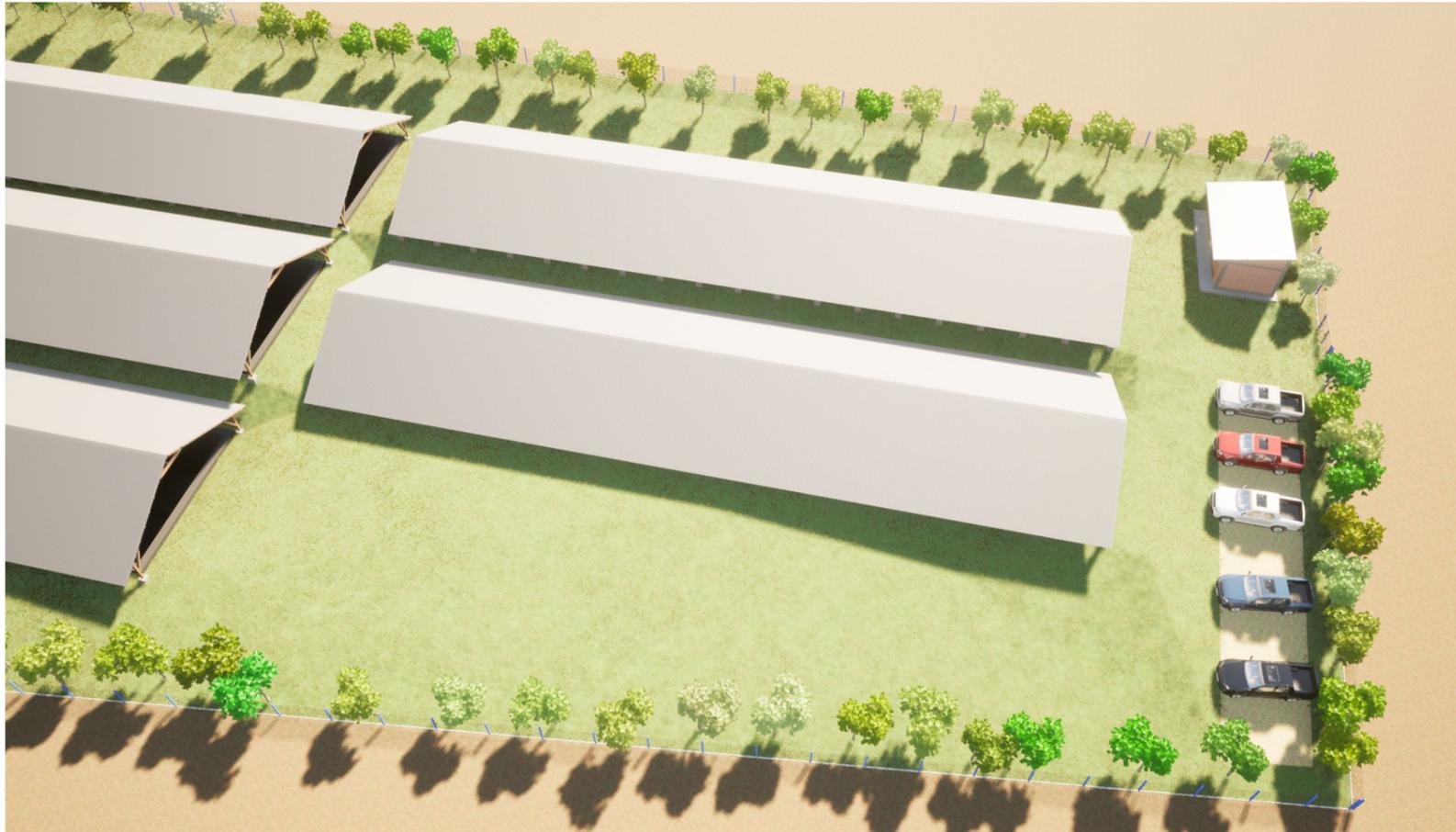


*Fotografía 6. Tomando datos de densidad*

## Anexo 2. Composición de los residuos sólidos

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN							TOTAL Kg	COMPOSICIÓN PORCENTUAL %
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
	Kg								
<b>1. Residuos aprovechables</b>	<b>49,50</b>	<b>39,00</b>	<b>42,27</b>	<b>57,51</b>	<b>50,00</b>	<b>41,50</b>	<b>39,05</b>	<b>318,83</b>	<b>82,65%</b>
<b>1.1. Residuos Orgánicos</b>	<b>39,00</b>	<b>23,00</b>	<b>34,00</b>	<b>43,80</b>	<b>31,60</b>	<b>29,00</b>	<b>27,30</b>	<b>227,70</b>	<b>59,02%</b>
Residuos de alimentos (restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	36,50	21,70	30,40	39,30	29,45	27,55	26,00	<b>210,90</b>	<b>54,67%</b>
Residuos de maleza y paja (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)	0,50	0,10	0,60	1,50	0,15	0,15	0,30	<b>3,30</b>	<b>0,86%</b>
Otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	2,00	1,20	3,00	3,00	2,00	1,30	1,00	<b>13,50</b>	<b>3,50%</b>
<b>1.2. Residuos Inorgánicos</b>	<b>10,50</b>	<b>16,00</b>	<b>8,27</b>	<b>13,71</b>	<b>18,40</b>	<b>12,50</b>	<b>11,75</b>	<b>91,13</b>	<b>23,62%</b>
<b>Papel</b>	<b>2,50</b>	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>	<b>0,90</b>	<b>1,40</b>	<b>2,00</b>	<b>0,50</b>	<b>10,30</b>	<b>2,67%</b>
Blanco	2,00	1,00	0,80	0,60	0,40	1,10	0,10	<b>6,00</b>	<b>1,56%</b>
Periódico	0,50	0,30	0,40	0,20	0,20	0,30	0,20	<b>1,90</b>	<b>0,49%</b>
Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)		0,20	0,30	0,30	0,80	0,60	0,20	<b>2,40</b>	<b>0,62%</b>
<b>Cartón</b>	<b>1,30</b>	<b>3,00</b>	<b>1,50</b>	<b>1,30</b>	<b>1,60</b>	<b>2,10</b>	<b>3,10</b>	<b>13,90</b>	<b>3,60%</b>
Blanco (iso y cartulina)	0,30	1,00	0,50	0,30	0,40	0,35	0,45	<b>3,30</b>	<b>0,86%</b>
Marrón (Corrugado)	1,00	1,80	0,80	0,80	0,90	1,25	2,00	<b>8,55</b>	<b>2,22%</b>
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)		0,20	0,20	0,20	0,30	0,50	0,65	<b>2,05</b>	<b>0,53%</b>
<b>Vidrio</b>	<b>1,30</b>	<b>6,00</b>	<b>1,40</b>	<b>4,30</b>	<b>7,80</b>	<b>2,30</b>	<b>1,00</b>	<b>23,80</b>	<b>6,17%</b>
Transparente		1,80		1,30	1,80	1,00		<b>5,90</b>	<b>1,53%</b>
Otros colores (marrón – ámbar, verde, azul, entre otros)	1,30	4,20	1,10	3,00	5,00	1,30	1,00	<b>16,90</b>	<b>4,38%</b>
Otros (vidrio de ventana)					1,00			<b>1,00</b>	<b>0,26%</b>
<b>Plástico</b>	<b>2,10</b>	<b>4,80</b>	<b>3,00</b>	<b>3,30</b>	<b>5,50</b>	<b>4,80</b>	<b>4,95</b>	<b>28,45</b>	<b>7,37%</b>
PET –Tereftalato de polietileno (1) (asete y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	1,80	3,80	1,40	1,80	3,40	2,90	3,00	<b>18,10</b>	<b>4,69%</b>
PEAD-Polietileno de alta densidad (2) (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)	0,30	0,80	0,60	1,00	1,30	1,10	0,90	<b>6,00</b>	<b>1,56%</b>
PEBD -Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)		0,20	0,40	0,30	0,50	0,60	0,65	<b>2,65</b>	<b>0,69%</b>
PP-Polipropileno (5) (baldes, tiras, rafia, estuches negros de CD, tapas de botellas, tapers)			0,60					<b>0,60</b>	<b>0,16%</b>
PS -Poliestireno (6) (tapas cristalinas de Cels, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)				0,20	0,30	0,20	0,40	<b>1,10</b>	<b>0,29%</b>
PVC-Polidoruro de vinilo (3) (Tuberías de agua, desagüe y eléctricas)								<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>
<b>1.2.5. Tetra brik (envases multicapa)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>							
<b>Metal</b>	<b>3,30</b>	<b>0,40</b>	<b>0,60</b>	<b>3,70</b>	<b>0,60</b>	<b>0,50</b>	<b>0,90</b>	<b>10,00</b>	<b>2,59%</b>
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	3,30	0,40	0,60	3,10	0,60	0,50	0,90	<b>9,40</b>	<b>2,44%</b>
Acero				0,60				<b>0,60</b>	<b>0,16%</b>
Hierro								<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>
Aluminio								<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>
Otros Metales								<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>
<b>Textiles (tela)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,30</b>	<b>0,57</b>	<b>0,21</b>	<b>1,50</b>	<b>0,80</b>	<b>1,30</b>	<b>4,68</b>	<b>1,21%</b>
<b>1.2.8. Caucho, cuero, jébe</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>							
<b>2. Residuos no aprovechables</b>	<b>9,00</b>	<b>6,50</b>	<b>6,40</b>	<b>11,60</b>	<b>13,90</b>	<b>6,30</b>	<b>13,55</b>	<b>66,85</b>	<b>17,35%</b>
Bolsas plásticas de un solo uso	3,45	2,80	3,20	5,00	5,30	4,00	8,45	<b>32,20</b>	<b>8,35%</b>
Residuos sanitarios (Papel higiénico, pañales, toallas sanitarias, excretas de mascotas)	4,50	2,50	2,50	2,10	5,60	1,30	1,30	<b>19,90</b>	<b>5,13%</b>
Pilas				1,00				<b>1,00</b>	<b>0,26%</b>
Tecopor (poliestireno expandido)	0,20	1,00	0,10	0,30	0,30	0,10	0,80	<b>2,80</b>	<b>0,73%</b>
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)								<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>
Restos de medicamentos								<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	0,35	0,20	0,30	2,80	2,00	0,90	3,00	<b>9,55</b>	<b>2,48%</b>
Otros residuos no categorizados	0,50			0,40	0,70			<b>1,60</b>	<b>0,41%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>58,50</b>	<b>45,50</b>	<b>48,37</b>	<b>69,11</b>	<b>63,90</b>	<b>47,80</b>	<b>52,60</b>	<b>385,78</b>	<b>100,00%</b>

**Anexo 3. Modelado 3D vista aérea del relleno sanitario**



Nota: Vista aérea del modelado 3D del proyecto del relleno sanitario.

**Anexo 4. Modelado 3D entrada del relleno sanitario.**



Nota: Vista frontal de la entrada al relleno sanitario.

**Anexo 5.** Modelado 3D Vista frontal de trinchera de disposición final.



Nota: Se puede observar una representación 3D de la construcción de la celda de disposición de residuos, incluyendo el sistema de drenaje de lixiviados y chimenea.

**Anexo 6. Modelado 3D Vista isométrica del relleno sanitario.**



Nota: Vista isométrica 3D de la distribución de las celdas de disposición en el terreno asignado al proyecto.

**Anexo 7. Modelado 3D Vista isométrica del área administrativa.**



Nota: Vista isométrica frontal de la caseta administrativa