

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**“DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE TRATAMIENTO EN UN RELLENO
SANITARIO PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE
CHUQUIBAMBA-CONDESUYOS, 2017.”**

Tesis presentada por las Bachilleres en Ingeniería Ambiental:

Briceño Bedoya, Brunela Jesús

Vizcardo Delgado, Yessica Pamela

Para Optar El Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesor: Dr. Roque Rodríguez, Francisco Javier

Arequipa – Perú

2017



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERÚ

INFORME DICTAMEN BORRADOR DE TESIS

VISTO

El plan de tesis Titulado:

" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE TRATAMIENTO EN UN
RELLENO SANITARIO PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES
DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA - CONDESUYOS, 2017 "

Presentado por el (los) Bachilleres (as):

- BRICEÑO BEDOYA, BRUNELA JESÚS
- VIZCARDO DELGADO, YESSICA PAMELA

Nuestro Dictamen es:

HABIENDO HECHAS LAS CORRECCIONES A LAS OBSERVACIONES QUE SE
ENCONTRARON EN EL MENCIONADO BORRADOR DE TESIS SE OTORGA
EL DICTAMEN FAVORABLE PARA QUE PROSIGA SU TRÁMITE PARA
SU SUSTENTACIÓN

Observaciones:

Arequipa, DICIEMBRE 11, 2017

Milagros Tena Diandenas
Cód. 2478

Sonia Sagante Arredondo
Sonia Sagante Arredondo
Código 2779

Dr. Ing. Francisco J. Roque R.
Cód. 2028

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme sabiduría, salud y permitirme hacer una de las cosas que más amo.

A mis padres, Ligia y Fernando por confiar en mí, por apoyarme todos los días de mi vida y ser mi inspiración, a mis primitas porque son la razón de mi alegría.

A mis familiares y amigos por estar conmigo en cada paso que doy.

Brunela Jesús Briceño Bedoya

A Dios, por ser mi padre celestial y permitirme estar con las personas que amo.

A mis padres, Elvira y Luis por ser mi soporte diario, a mi hermana por ser mi compañera incondicional y a mis sobrinos que son mis pequeños angelitos en la tierra.

A mis familiares y amigos en general por brindarme su apoyo en cada momento de mi vida.

Yessica Pamela Vizcardo Delgado

Un Agradecimiento especial a nuestro asesor, Ing. Francisco Javier Roque Rodríguez por dedicarnos su tiempo, paciencia y por ser nuestra fuente de conocimiento guiándonos a través de sus enseñanzas para lograr una meta más en el desarrollo de nuestra carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.3. HIPÓTESIS	8
1.4. OBJETIVOS	8
1.5. VARIABLES	9
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. PROYECCIÓN POBLACIONAL	10
2.2. RR.SS. MUNICIPALES	13
2.3. DISEÑO Y LEVANTAMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS.....	16
2.4. TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.....	33
2.5. PERSPECTIVAS FUTURAS	39
3. CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODO.....	41
3.1. MATERIALES	41
3.2. MÉTODO.....	43
PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RR.SS.	43
SELECCIÓN DEL ÁREA PARA LA UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DISPOSICIÓN FINAL	44
CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL RSM (Jaramillo, 2002a)	47
DISEÑO EXPERIMENTAL DEL RSM	53
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
4.1. PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RR.SS.	58
4.2. ÁREA SELECCIONADA PARA LA UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DISPOSICIÓN FINAL	60
4.3. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL RSM	84
4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL RSM	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

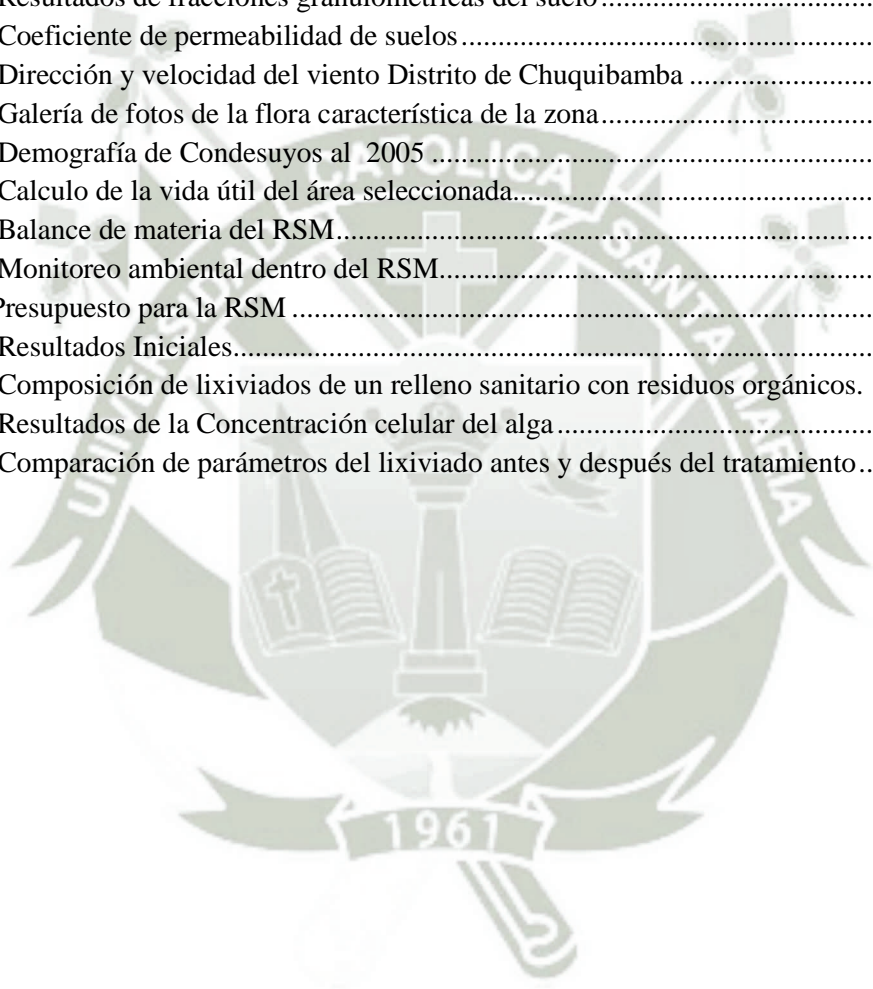
Figura 1: Composición física de los RR.SS. domiciliarios.	6
Figura 2: Aprobaciones y autorizaciones para relleno sanitario	18
Figura 3: Tipos de relleno sanitario.....	22
Figura 4: Métodos de relleno sanitario.....	28
Figura 5: Tratamientos de RR.SS. en un relleno sanitario	31
Figura 6: Detalle de la sección transversal del canal trapezoidal	32
Figura 7: Drenaje de gases con chimeneas puntuales.	33
Figura 8: Sistema de Drenaje interno para lixiviados.	35
Figura 9: Método del transecto lineal.....	46
Figura 10: Diagrama del balance de materia del RSM	51
Figura 11: Diseño del sistema de tratamiento a escala piloto	53
Figura 12: Conteo de 4 cuadrículas.....	56
Figura 13: Vista panorámica del área seleccionada	61
Figura 14: Mapa hidrológico del proyecto.....	64
Figura 15: Resultados de fracciones granulométricas del suelo.....	67
Figura 16: Rosa de viento.....	69
Figura 17 : Mapa de dirección de vientos del área seleccionada respecto a la población.....	70
Figura 18: Mapa Zonas de vida del Distrito de Chuquibamba.....	73
Figura 19: Huella artiodáctila de <i>Lama guanicoe</i> (guanaco)	76
Figura 20: Porcentaje de personas encuestadas que tienen conocimiento sobre lo que es un relleno sanitario	79
Figura 21: Porcentaje de personas encuestadas que piensan que un relleno sanitario contamina menos que un botadero	80
Figura 22: Porcentaje de personas encuestadas que presentan interés para la selección de un área para el relleno sanitario	80
Figura 23: Porcentaje de personas encuestadas que muestran conformidad con las áreas seleccionadas para el relleno sanitario	81
Figura 24: Porcentaje de personas encuestadas que muestran conformidad con el sector del Cerro Murcopata para que sea el relleno sanitario	81
Figura 25: Porcentaje de personas encuestadas que muestran conformidad con el sector de Huamantambo que sea el relleno sanitario.....	82
Figura 26: Porcentaje de personas encuestadas se encuentran satisfechas con la iniciativa de la municipalidad de mejorar la disposición de los RR.SS. del distrito	82
Figura 27: Porcentaje de personas encuestadas que se encuentran dispuestas a participar de charlas de información ciudadana acerca del proyecto	83
Figura 28: Porcentaje de personas encuestadas que muestran una opinión favorable con la ejecución del proyecto.....	83
Figura 29: Balance de materia para el RSM.....	90
Figura 30: Estructura del Lisímetro	96
Figura 31: Material para impermeabilizar la base.....	97
Figura 32: Llenado y compactación de los RR.SS.....	97
Figura 33: Inyección de aire en el lisímetro.	98
Figura 34: Proceso de degradación de los RR.SS. en el lisímetro	99
Figura 35: Simulación del agua de lluvia.....	100
Figura 36: Recirculación de lixiviados.....	101
Figura 37: Esparcimiento del agua en el lisímetro	101

Figura 38: Recolección de lixiviados	102
Figura 39: Medición de parámetros iniciales	102
Figura 40: Adaptación de la microalga con el lixiviado	104
Figura 41: Tubo eppendorf con su respectiva muestra.....	105
Figura 42: Comportamiento del alga en el bioreactor	105
Figura 43: Comportamiento del alga en el bioreactor	106
Figura 44: Conteo de algas.....	107
Figura 45: Gráfica de concentración celular del alga en función del tiempo	108
Figura 46: Filtración para obtención del lixiviado tratado	109
Figura 47: Medición de parámetros finales	110



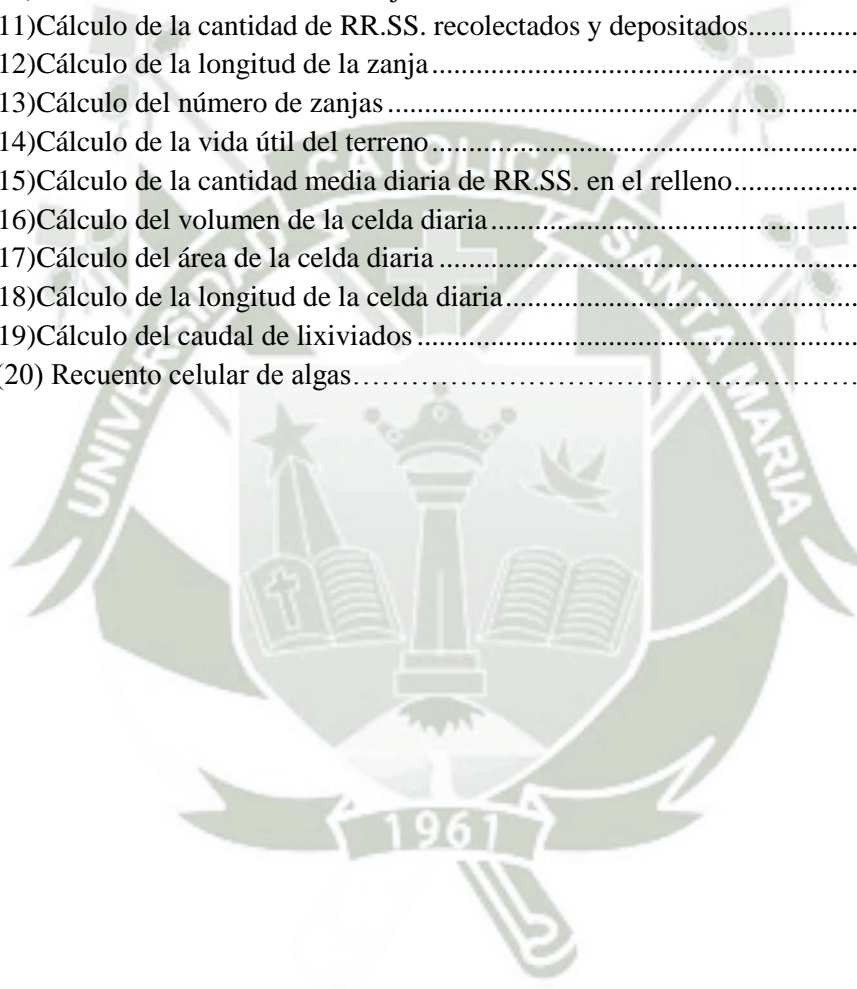
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición física de los RR.SS.	14
Tabla 2: Composición química de los RR.SS.	15
Tabla 3: Ventajas y desventajas de los rellenos sanitarios	17
Tabla 4: Criterios mínimos para la restricción de área para disposición final segura de RR.SS.....	19
Tabla 5: Criterios mínimos para la selección de área para disposición final segura de RR.SS.	20
Tabla 6: Densidad de los RR.SS.	22
Tabla 7: Parámetros de muestreo de lixiviados en función a la edad de los mismos	34
Tabla 8: Proyección de la población y GPC municipal del distrito de Chuquibamba	59
Tabla 9: Coordenadas del polígono seleccionado	61
Tabla 10: Resultados de fracciones granulométricas del suelo	67
Tabla 11: Coeficiente de permeabilidad de suelos	68
Tabla 12: Dirección y velocidad del viento Distrito de Chuquibamba	68
Tabla 13: Galería de fotos de la flora característica de la zona	75
Tabla 14: Demografía de Condesuyos al 2005	77
Tabla 15: Calculo de la vida útil del área seleccionada.....	86
Tabla 16: Balance de materia del RSM.....	91
Tabla 17: Monitoreo ambiental dentro del RSM.....	94
Tabla 18 Presupuesto para la RSM	95
Tabla 19: Resultados Iniciales.....	103
Tabla 20: Composición de lixiviados de un relleno sanitario con residuos orgánicos.	103
Tabla 21: Resultados de la Concentración celular del alga	108
Tabla 22: Comparación de parámetros del lixiviado antes y después del tratamiento.....	111



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación(1) Cálculo de la población final proyectada.....	12
Ecuación(2)Cálculo de la tasa de crecimiento	12
Ecuación(3)Cálculo de la generación per cápita futura.....	15
Ecuación(4)Cálculo del volumen anual compactado	22
Ecuación(5)Cálculo del volumen anual estabilizado	23
Ecuación(6)Cálculo del material de cobertura	23
Ecuación(7)Cálculo del volumen total.....	23
Ecuación(8)Cálculo del área para rellenar sucesivamente	23
Ecuación(9)Cálculo del área total requerida para el relleno	24
Ecuación(10)Cálculo del volumen de la zanja.....	25
Ecuación(11)Cálculo de la cantidad de RR.SS. recolectados y depositados.....	25
Ecuación(12)Cálculo de la longitud de la zanja.....	26
Ecuación(13)Cálculo del número de zanjas	26
Ecuación(14)Cálculo de la vida útil del terreno.....	26
Ecuación(15)Cálculo de la cantidad media diaria de RR.SS. en el relleno.....	27
Ecuación(16)Cálculo del volumen de la celda diaria.....	27
Ecuación(17)Cálculo del área de la celda diaria	27
Ecuación(18)Cálculo de la longitud de la celda diaria.....	27
Ecuación(19)Cálculo del caudal de lixiviados	35
Ecuación (20) Recuento celular de algas.....	56



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULOS.....	120
ANEXO 2: CÁLCULOS DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS BOMBAS Y AEROGENERADOR	123
ANEXO 3: DISEÑO EXPERIMENTAL DEL RSM	124
ANEXO 4: PLANO GEORREFERENCIADO DEL ÁREA SELECCIONADA	125
ANEXO 5: CERTIFICADO DE COMPATIBILIDAD DE USO DEL ÁREA	126
ANEXO 6: CERTIFICADO NEGATIVO DE CATASTRO	127
ANEXO 7: CERTIFICADO DE OPINIÓN FAVORABLE SERNANP.....	128
ANEXO 8: CÁLCULO DEL RIESGO DEL ÁREA	129
ANEXO 9: CIRA	130
ANEXO 10: ESTRUCTURA DE LA ENCUESTA	131
ANEXO 11: ACTA DE CONSULTA CIUDADANA	132
ANEXO 12: OPINIÓN FAVORABLE DE GERESA.....	134
ANEXO 13: SOLICITUD DIRIGIDA AL SENAMHI.....	135
ANEXO 14: DATA HISTÓRICA DE LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA.....	136
ANEXO 15: RESULTADOS INICIALES DE LOS PARÁMETROS DEL LIXIVIADO	137
ANEXO 16: RESULTADOS FINALES DE LOS PARÁMETROS DEL LIXIVIADO	140
ANEXO 17: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DEL RSM.....	143

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE TRATAMIENTO EN UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA-PROVINCIA DE CONDESUYOS - 2017.

RESUMEN

El Distrito de Chuquibamba, ubicado en la provincia de Condesuyos, realiza una inadecuada disposición final de sus residuos sólidos son dispuestos en un botadero sin tratamiento alguno.

En el presente trabajo de investigación se identificó un área de disposición final de RR.SS. que cumple con las especificaciones técnicas y ambientales que se exigen en nuestro país, con el fin de diseñar un sistema de tratamiento óptimo en un relleno sanitario, mejorando la gestión de los residuos sólidos municipales y la calidad de vida de los pobladores del Distrito de Chuquibamba, que se encuentran expuestos a enfermedades y a la contaminación del botadero informal que opera actualmente en el Distrito.

Se realizó un trabajo progresivo, a través de la recolección de información sobre la situación actual en la gestión de los residuos sólidos de la Municipalidad de Chuquibamba. Posteriormente se propone el desarrollo del estudio de selección de área y del diseño del relleno sanitario con su respectivo sistema de tratamiento, el cual incluyó el manejo de los lixiviados a través de la microalga *Chlorella Vulgaris*, la cual mostro su eficiencia en la reducción de parámetros de calidad ambiental como son la DBO₅ y la DQO.

Palabras Claves: residuos sólidos municipales, disposición final, contaminación, relleno sanitario, microalga *Chlorella vulgaris*.

ABSTRACT

The Chuquibamba District, located in the Condesuyos Province, makes inadequate final disposal of solid waste, which are disposed in a dump without any treatment.

In the present investigation, there has been identified an area for final disposal of solid waste that matches with the technical and environmental specifications requirements that our country demands, in order to design an optimal treatment system in a landfill, improving the management of the municipal solid waste and rising quality of life for the population from Chuquibamba District, who are exposed to diseases and pollution produced by the informal dump which currently operates in the District.

There has been made a progressive work through the information given about the current situation of the solid waste management in the Municipality of Chuquibamba. Subsequently it has been proposed to develop of a study of area and a sanitary landfill design which has a system of treatment, this system included the management of leachates through the cyanobacteria *Chlorella Vulgaris*, which showed its efficiency in the reduction of parameters of environmental quality such as BOD₅ and COD.

Key words: Municipal solid waste, final disposal, pollution, landfill, cyanobacteria *Chlorella vulgaris*.

LISTA DE ABREVIATURAS

a: Ancho

A: Área superficial del relleno.

Ac: Área de la celda.

AGV: Ácidos grasos volátiles.

ARS: área por rellenar sucesivamente.

At: Área total del terreno.

Az: Área de la zanja.

C: Cobertura de servicio.

CE: Conductividad Eléctrica.

CENEPRED: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

CIC: Capacidad de intercambio catiónico.

CIRA: Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos.

COV's: Compuestos orgánicos volátiles.

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Dhab: Días hábiles o laborales en una semana.

DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental.

DIRESA: Dirección Regional de Salud Ambiental.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

Drsc: Densidad de los residuos sólidos municipales recién compactados en el RSM.

Drsc: Densidad de los residuos sólidos municipales recién compactados.

Drse: Densidad de los residuos sólidos municipales en un relleno estabilizado.

Drsm: Densidad de los residuos sólidos en el relleno.

DSp : Cantidad de los residuos sólidos producido por día.

DSr: cantidad de residuos sólidos recolectados.

DSrd: Cantidad de residuos sólidos recolectados y depositados en un día.

DSrs: Cantidad media diaria de los residuos sólidos en el relleno sanitario.

F: Factor para áreas adicionales.

GERESA: Gerencia Regional de Salud Ambiental.

Gpa: Generación per cápita actual.

Gpf: Generación per cápita futura.

hc: Altura de la celda.

HEPA: High Efficiency Particulate Air/ Aire Particulado de Alta Eficiencia

hRS: altura o profundidad media del relleno sanitario.

hz: Profundidad.

IDH: Índice de Desarrollo Humano

INACAL: Instituto Nacional de Calidad.

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

K: Coeficiente que depende del grado de compactación de los RR.SS.

l: Largo o longitud.

MC: Material de Cobertura.

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas.

MINAM: Ministerio del Ambiente.

n: número de años / número de zanjas.

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

P: Precipitación máxima mensual.

PEA: Población Económicamente Activa

PF: Población final proyectada.

Pi: Población inicial.

Q_{lm}: Caudal medio de lixiviado generado.

RR.SS.: Residuos sólidos

r: tasa de crecimiento anual inter censal.

RSM: Relleno Sanitario Manual.

SERNANP: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.

SEV: Sondeo Eléctrico Vertical.

SS: Sólidos Suspendidos.

STD: Sólidos Totales Disueltos.

t: Tiempo de vida útil.

Tz: Tiempo de servicio de la zanja.

UASB/RAFA: Upflow Anaerobic Sludge Blanket/Reactor anaerobio de flujo ascendente.

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change/Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Vanual c: Volumen de residuos sólidos municipales compactados en un año.

Vanual e: Volumen de residuos sólidos municipales estabilizados en un año.

Vc: Volumen de la celda diaria.

VRS: volumen de relleno sanitario.

Vu: Vida útil del terreno.

Vz: Volumen de la zanja.

INTRODUCCIÓN

Se conoce como residuos sólidos (R.R.S.S.) a aquellos productos o subproductos en estado sólido o semisólido que han sido desechados por su generador y que son considerados como carentes de valor económico, (OEFA, 2014).

Desde que el hombre nace genera residuos, lo cual deriva en un problema ambiental cuando se comienzan a acumular en la biosfera mediante la velocidad de generación o por la naturaleza química de los propios residuos y obstaculiza la descomposición e incorporación a los ciclos naturales sobre la Tierra, (Yufra, 2010; Sanchez, 2007).

El manejo inadecuado de los residuos sólidos representa un factor de riesgo elevado para la salud humana y el medio ambiente. Una disposición final inadecuada puede ocasionar un aumento en la prevalencia de enfermedades como el dengue, la leptospirosis y las dolencias gastrointestinales (Terraza, 2009). Por ello se debe buscar alternativas que permitan un manejo y tratamiento adecuado de los residuos sólidos.

En nuestro país las municipalidades son responsables por la gestión de los residuos sólidos. Asimismo, en coordinación con las autoridades del sector salud, deben evaluar e identificar los espacios adecuados para implementar rellenos sanitarios. En el Perú existen 23 rellenos sanitarios autorizados y en funcionamiento para una población que supera los treinta millones de habitantes. Lo cual demuestra que existen graves problemas que impiden la rápida implementación de infraestructuras para la adecuada disposición final de los residuos sólidos (MINAM, 2014; OEFA, 2014).

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

Este capítulo presenta una revisión bibliográfica desde la década de los 90 hasta la actualidad, ya que en la primera parte se habla acerca de trabajos y estudios desarrollados acerca de los rellenos sanitarios que son los antecedentes de este trabajo; en el segundo punto se muestra las evidencias que ayudan a definir el problema; seguidamente del objetivo principal del trabajo de investigación, como los pasos a realizar que son considerados como los objetivos específicos. Como punto final se presenta el porqué de nuestra investigación a través de la justificación en distintos ámbitos.

1.1. ANTECEDENTES

Hasta la década de los 90 no existían rellenos sanitarios en nuestro país. Según el Informe Analítico - Perú de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de RR.SS.

Municipales, el 65,60% del total de los residuos generados tenían una disposición final inadecuada, ya que la mayoría del total de residuos recolectados eran dispuestos en botaderos

provocando un riesgo a la salud de la población. Sólo el 14,70% del total se reaprovechaba.

Pese a enfrentar esta problemática, en nuestro país se comienza un experiencia positiva en la construcción de rellenos sanitarios manuales como es el caso de la ciudad de Carhuaz, Huaylas, Huarney, entre otros, (Organización Panamericana de la Salud, 2002).

La Municipalidad Provincial de La Mar San Miguel en Convenio con el Fondo Contravalor Perú Alemania, ejecutaron el Proyecto Mejoramiento de la Gestión Integral de los RR.SS., con el objetivo de mejorar la calidad ambiental mediante la buena disposición de los RR.SS. municipales, desde la generación hasta su disposición final, llevando acabo un RSM para su Provincia, (Gobierno Regional de Ayacucho, 2015).

En estudios realizados en distintos rellenos sanitarios, se determinó que el relleno de Huaycoloro recibe residuos industriales no peligrosos, enterrándolos en celdas especiales tipo trinchera ubicadas en un área diferente a la plataforma de operaciones de residuos municipales, además cuentan con celdas de confinamiento impermeabilizadas con geomembrana como medida de contingencia ante la probabilidad de interceptar residuos industriales no compatibles con los residuos comúnmente recibidos. Cuenta con canales de drenaje de lixiviados transversales y longitudinales construidos en la base del suelo y que son rellenos con piedras de canto rodado. Tienen 156 pozas de captación de biogás que se encuentran interconectados a través de un gasoducto a lo largo del relleno. El biogás es succionado mediante dos sopladores, para luego ser quemados en modo controlado en un quemador con una eficiencia de 99,98%, (INCAPeru, 2007).

A su vez, se menciona que el relleno sanitario Portillo Grande, posee un área de 307 has. de disposición final de residuos no peligrosos y de residuos peligrosos en celda de seguridad, confinamiento en celda de concreto y de construcción civil. El sistema de tratamiento de los lixiviados es por recirculación a las plataformas ubicadas en las zonas superiores esta operación lo realizan cada tres días y el tratamiento de los gases se realiza mediante la quema.

En comparación a la disposición final de RR.SS. provenientes de los distritos del Callao a cargo de ESLIMP CALLAO, se realizaba a cielo abierto en donde se desarrollaban actividades de segregación y crianza porcina denominándose como botadero “La Cucaracha”, (INCAPeru, 2007).

En el informe denominado Ciudades Sostenibles y gestión de RR.SS. de Carhuaz, de la Universidad del Pacífico, se afirma que considerando que los RR.SS. se colocaban en botaderos a cielo abierto o se vertían al río, se estableció un RSM, un centro de acopio para los residuos inorgánicos, con plantas de producción de compost y humus. Como resultado, la cobertura de recolección del servicio fue del 90% y el 100% de los residuos recolectados se dispusieron adecuadamente, (Gómez & Flores, 2014).

Yvania Fernández (2010) de la Universidad del Salvador, planteó el diseño y factibilidad para la construcción y operación del RSM del municipio La Libertad, destinado a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los RR.SS. de su municipio, para lo cual utilizó el método de trinchera o zanja para el tratamiento de 26 TM/día de RR.SS., para una población de 37 841 hab. calculándose una vida útil del relleno de 20 años y abarcando un área de 22 Hás.

A través del artículo, Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de Lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Mérida, publicado en la Revista Internacional de Contaminación Ambiental, se afirma que los procesos de coagulación-floculación y flotación resultaron poco eficientes dado que los lixiviados estudiados poseen bajas concentraciones de sólidos suspendidos. Con el proceso de adsorción se pueden eliminar sólidos suspendidos y disueltos, por lo que se pueden obtener mejores remociones que con los procesos de coagulación-floculación y flotación, en los que sólo se remueven sólidos suspendidos. No obstante, resulta un proceso costoso debido a la necesidad de regenerar el carbón activado, (Mendez et al., 2009).

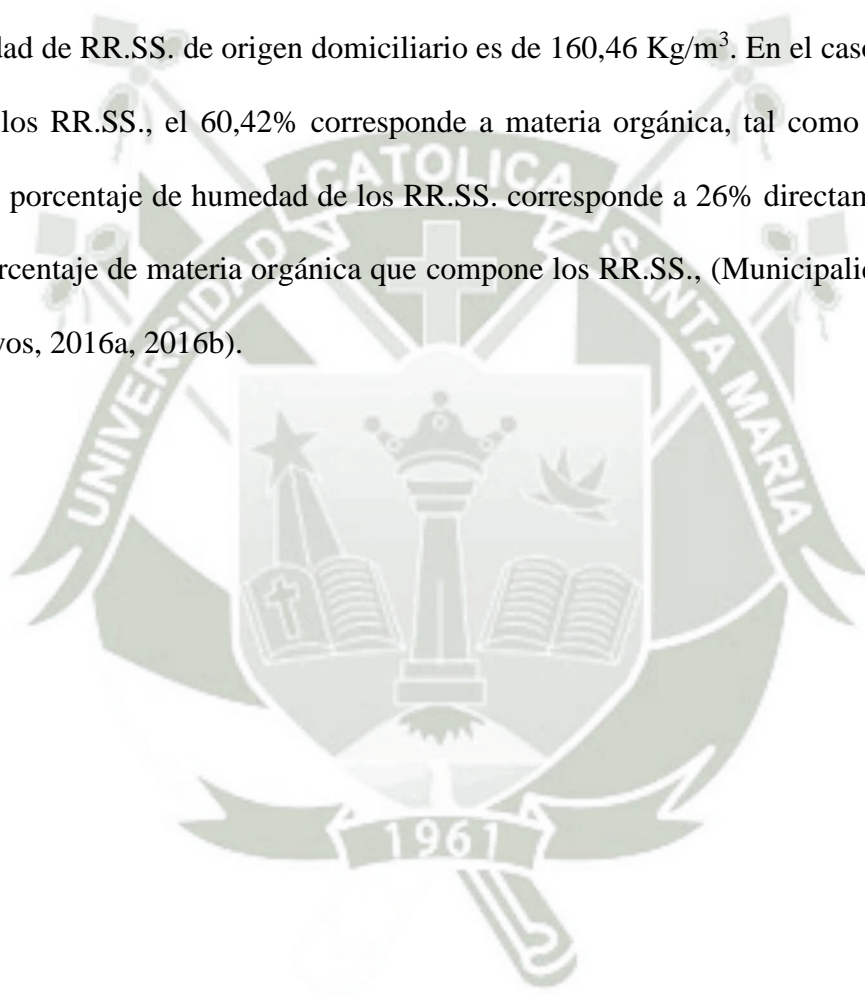
En la investigación denominada Diseño de Sistemas de Tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario El Inga mediante Electrocoagulación y Fitorremediación, de la Escuela Politécnica Nacional localizada en Quito, compara el proceso de electrocoagulación como tratamiento primario, con la fitorremediación aplicada en un sistema de humedales de flujo subsuperficial vertical y la adsorción en carbón activado como tratamiento terciario. En el primer caso, luego de electrocoagulación del lixiviado crudo se alcanzaron altas remociones para sólidos suspendidos (78,60%), DBO₅ (73,50%), DQO (40,40%) y color (79,40%). En el sistema de humedales (2,50 L/día) los porcentajes de eliminación de contaminantes son de 13,20%, 91,20% y 65,40% respectivamente. Se empleó adsorción en columnas empacadas de carbón activado para la remoción de color (70,70%). En el segundo caso se empleó la fitorremediación alcanzando porcentajes de remoción para los SS, DQO y color de 2,90%, 56,80%, 50,03% respectivamente. En la adsorción con carbón activado la concentración de los mismos parámetros disminuyó en un 85,90%, 73,90% y 92,70% respectivamente, (Guevara et al., 2014).

En el caso concreto del Distrito de Chuquibamba, el consumismo trae consigo el incremento de la cantidad de RR.SS. lo que conlleva a que los gobiernos locales enfrenten dicho problema sin ninguna planificación por lo que esto trae por consecuencia la mala gestión de los RR.SS. en la actualidad.

El distrito de Chuquibamba cuenta con el servicio de recolección y transporte de RR.SS., que se realizan con el sistema convencional, utilizando unidades motorizadas. El recorrido de recolección de residuos cubre solo las partes céntricas de la población (calles pavimentadas) para luego transportarlos hasta el botadero de Huamantambo, se realiza esta operación una vez al día excepto los días sábados y lunes que realiza esta operación hasta dos veces, (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016c).

Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017) y la proyección actual, el Distrito de Chuquibamba cuenta con una población de 3·509 habitantes, la Generación Per Cápita domiciliaria del Distrito de Chuquibamba es de 0,56 Kg/hab/día, de acuerdo a esto la generación domiciliaria total estimada de RR.SS. es de 1,98 TM/día. La Generación Total Municipal, es decir la suma de la generación domiciliaria y la no municipal de RR.SS. calculada para el distrito Chuquibamba es de 0,66 Kg/día, (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016b).

La densidad de RR.SS. de origen domiciliaria es de 160,46 Kg/m³. En el caso de composición física de los RR.SS., el 60,42% corresponde a materia orgánica, tal como se muestra en la Fig. ·1. El porcentaje de humedad de los RR.SS. corresponde a 26% directamente relacionado con el porcentaje de materia orgánica que compone los RR.SS., (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016a, 2016b).



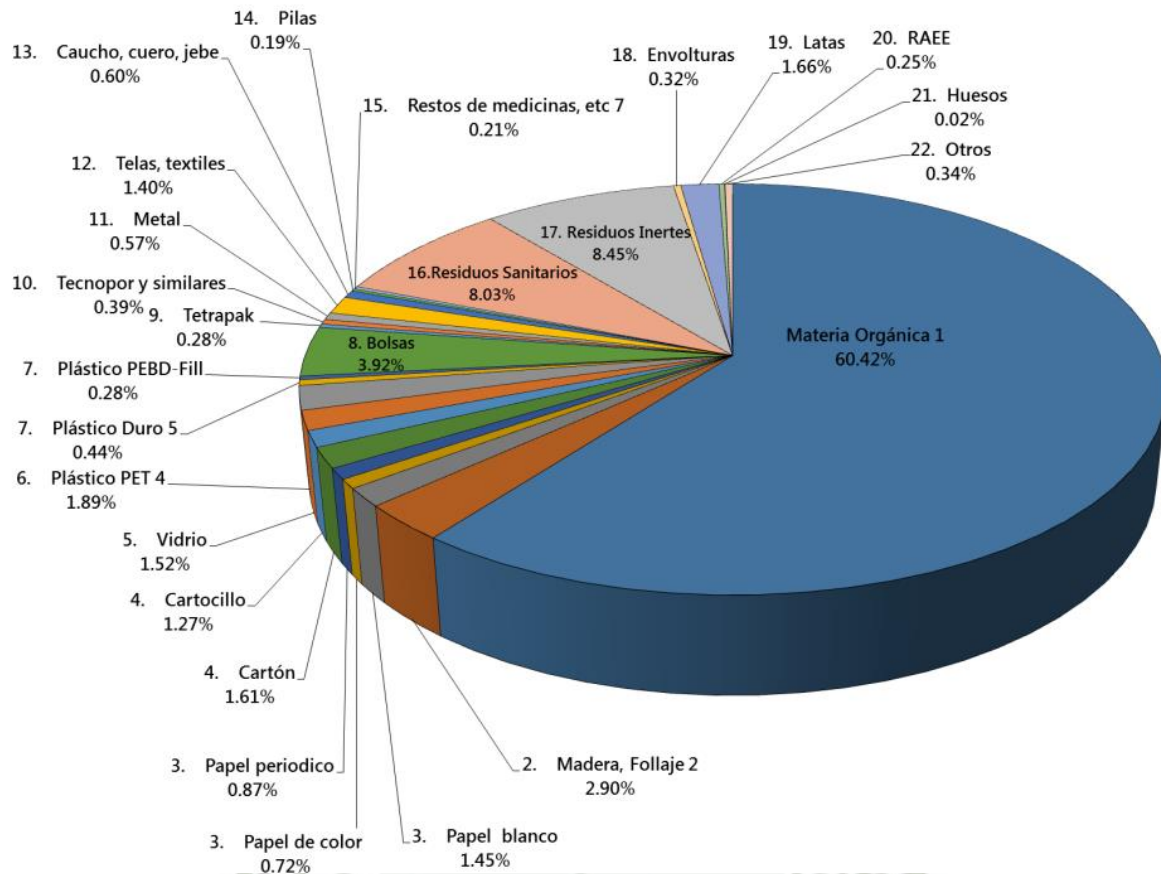


Figura 1: Composición física de los RR.SS. domiciliarios. (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016b)

La Municipalidad Provincial de Condesuyos generó en el 2015 el Plan Integral de Gestión Ambiental de RR.SS., en donde primaban la segregación en la fuente y la realización del estudio de selección de área para infraestructura de RR.SS., el cual no fue implementado por desconocimiento de la importancia que poseía este instrumento. Sin embargo, surgió la necesidad de actualizarlo en el año 2016, (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016c).

En la provincia de Condesuyos no existen rellenos sanitarios, la disposición final de RR.SS. se viene realizando en botaderos ubicados cada uno en su localidad, que operan en completa informalidad y descuidando las normas mínimas de salud ambiental e higiene ocupacional. Estos botaderos de acuerdo al Plan Integral de Gestión Ambiental de RR.SS. deben cerrarse definitivamente, (MINAM, 2014).

Por lo tanto el distrito de Chuquibamba realiza una inadecuada disposición final de sus RR.SS., son dispuestos en un botadero sin tratamiento alguno; convirtiéndose en fuente de contaminación y proliferación de enfermedades.

1.2. JUSTIFICACIÓN

a) **Ambiental:** Un botadero informal en comparación con un relleno sanitario, incrementa los índices de contaminación como los gases, olores o lixiviados que se producen por la disposición inadecuada de los residuos municipales, alterando así la calidad del aire, del agua y la composición del suelo, además que es muy probable la ocurrencia de incendios que perjudican en gran medida al ambiente.

b) **Social:** La disposición inadecuada de los residuos produce enfermedades infecciosas que afectan a la salud de los habitantes y a la proliferación de roedores y vectores presentes actualmente en un botadero. Al no contar con un tratamiento correcto de los residuos no se puede aspirar a mejorar la calidad de vida de la población.

c) **Económico:** Se produce pérdidas económicas generadas por la atención de trabajadores que se ven afectados por enfermedades contraídas en botaderos informales y los gastos que se generan por la atención en los centros de salud de la población en general. Asimismo se puede adquirir sanciones debido a la informalidad y la contaminación generada por el botadero.

d) **Institucional:** La investigación tratada es de carácter importante para la Municipalidad Provincial de Condesuyos, ya que se podrá implementar el mismo sistema en otros distritos de la Provincia, además el Ministerio del Ambiente (MINAM) con el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) brindan incentivos a las municipalidades que realizan un sistema integral de manejo de RR.SS. y la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) es la encargada de brindar autorizaciones para el funcionamiento de un relleno sanitario.

e) **Técnico-Científico:** El actual método de disposición de RR.SS. en botaderos no emplea tecnología actual y adecuada para el tratamiento de los mismos y un relleno sanitario es más conveniente que otros métodos como pirólisis o incineración.

1.3. HIPÓTESIS

Debido al incremento del consumo actual, el cual genera un aumento indiscriminado de la producción de residuos en la Región Arequipa y específicamente en el Distrito de Chuquibamba, que logra superar el 60% en materia orgánica, es posible un tratamiento para el manejo de los mismos a través de métodos sustentables y ambientalmente amigables como lo es un relleno sanitario para su disposición final, que consiga eliminar el uso de botaderos informales que en la actualidad proliferan en la ciudad.

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de tratamiento integral para RR.SS. municipales utilizando un relleno sanitario manual en el Distrito de Chuquibamba, Provincia de Condesuyos, Región Arequipa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proyectar a diez años la población del distrito de Chuquibamba para la determinación de las máximas cantidades de RR.SS. que podrían ser depositados en el RSM.
- Ejecutar un estudio de selección de área para la implementación del RSM del distrito de Chuquibamba, con el fin de obtener la opinión favorable de GERESA, y así mismo determinar la vida útil del área seleccionada además del dimensionamiento de las zanjas del RSM.
- Ejecutar un sistema aerobio para el tratamiento de los RR.SS. dentro del RSM para acelerar la descomposición de los mismos.

- Realizar el tratamiento de los lixiviados para reducir su capacidad contaminante utilizando *Chlorella vulgaris* como unidad biológica.
- Presentar la distribución de las instalaciones del RSM en un plano 2-D y presentar una modelación virtual 3-D como resultado final del sistema integral de tratamiento.

1.5. VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
Población	Tasa de crecimiento, r Generación per cápita, GPC
Densidad de RR.SS, Dsp	Volumen anual compactado, Vanualc Volumen anual estabilizado, Vanuale Material de cobertura, MC
Volumen de RR.SS., VRS Altura del relleno sanitario, Hrs	Área del relleno sanitario, ARS
Volumen de la zanja, Vz Ancho de la zanja, a Altura de la zanja, hz	Largo de la zanja, l
Área del terreno, At Factor de aumento, F	Número de zanjas, n
Precipitación máxima mensual, P Área del relleno, A Coeficiente de compactación, K	Caudal medio de lixiviado generado, Qlm
Cantidad de lixiviado añadido	Crecimiento de la microalga

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

Este capítulo presenta una revisión de los contenidos teóricos analizados en la literatura en los últimos 20 años, y se distribuye en los puntos de proyección poblacional donde se presentan los métodos existentes, que permitirán estimar la tasa de crecimiento de una determinada población; el segundo punto trata acerca de las características de los RR.SS. municipales y los métodos de estimación de la generación per cápita de una localidad; seguidamente se presenta toda la información acerca de los parámetros y métodos de diseño de rellenos sanitarios; posteriormente se presenta métodos de tratamiento de los lixiviados producidos en rellenos sanitarios y humedales artificiales. Finalmente se realiza un análisis general del estado actual de rellenos sanitarios en las principales ciudades.

2.1. PROYECCIÓN POBLACIONAL

Una proyección demográfica es un procedimiento de cálculo de la evolución futura de una población, partiendo de cursos hipotéticos de fecundidad, mortalidad y migración. Por lo general se trata de cálculos formales sobre una población conocida. Las proyecciones de

población constituyen una base fundamental para fines de planificación de las actividades económicas y sociales de una población. Estas se elaboran, a partir de la aplicación de modelos específicos, y en función del nivel de especificidad requerido, de la información, la tecnología y los recursos disponibles (Maldonado, 2009; CEDEM, s. f.; IUSPP, 1985 citado por González & Torres, s. f.).

Los métodos para la elaboración de las proyecciones de población son: a) Métodos matemáticos; b) Métodos demográficos; c) Métodos económicos, los cuales se definen a continuación:

a) Métodos matemáticos: Aplicación de modelos relacionales de cambio aplicable a problemas de población, tales como: Función lineal, función geométrica, exponencial, logística, mínimos cuadrados, etc. Son recomendables para localidades pequeñas, con datos inseguros y cuando la principal variable de cambio son las migraciones, (CEDEM, s. f.). Estos métodos están compuestos por :

Función lineal: Es el procedimiento más sencillo en los supuestos de ritmo de crecimiento, ya que supone que el incremento anual promedio de una población de un período reciente se repetirá en el futuro.

Función exponencial: La función exponencial se basa en el hecho que las poblaciones humanas tienden a crecer exponencialmente, cuando están sometidas a condiciones de fecundidad y mortalidad constantes, y en ausencia de migración (Arriaga, 2001 citado por González & Torres, s. f.).

Función geométrica: Este método de proyección crece más rápidamente que el lineal, ya que la población existente o inicial se va a estar reinvertiendo cada intervalo de tiempo.

Esto a través de las siguientes ecuaciones:

$$PF = Pi \times (1 + r)^n \quad (1)$$

Donde:

Pi: Población inicial

r: tasa de crecimiento anual inter censal

n: Número de años que se desea proyectar a la población

PF: Población final proyectada

$$r = 100 \times \left(\sqrt[n]{\frac{\text{Población final}}{\text{Población inicial}}} - 1 \right) \quad (2)$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento

n: Número de años

Función logística: La función logística ha sido ampliamente usada en Demografía para suavizar funciones de las tablas de mortalidad, estimar distribuciones de población por edades correspondientes a subáreas, y proyectar poblaciones de pequeñas áreas entre otras utilidades, (Bortoliti, 2004; Arriaga, 2001 citado por González & Torres, s. f.).

- b) Métodos demográficos:** Modelos que incluyen el análisis de los componentes del cambio demográfico: fecundidad, mortalidad y migraciones, se denomina “método de los componentes” y se apoya en la Ecuación Compensadora. Contemplándose el cambio pasado y reciente de estas variables, se realizan hipótesis de su comportamiento futuro. Utilizan como mínimo el sexo y la edad de la población, como variables básicas. Uno de los principales es:

Modelo de los componentes: según el principio básico de la ecuación compensadora, consistente en la desagregación del crecimiento de la población en sus respectivos componentes demográficos fundamentales, está restringida a la escala nacional,

departamental, municipios del país con alto volumen de población y algunas áreas especiales como las metropolitanas; existen limitaciones cuando el interés es proyectar la población de municipios o áreas menores, por la ausencia de información óptima de algunas variables demográficas, en especial, de la migración, (Maldonado, 2009; Bortoliti, 2004).

- c) **Métodos económicos:** Se apoyan en las interrelaciones entre las variables socioeconómicas y las variables demográficas. Se utilizan para proyecciones geográficas. En este caso la formulación de hipótesis sobre el comportamiento demográfico se apoya en el análisis de las variaciones socioeconómicas. Son menos usadas porque requieren de información sociodemográfica de partida, que no siempre se encuentra disponible, (CEDEM, s. f.).

2.2. RR.SS. MUNICIPALES

Todas las actividades desarrolladas por el ser humano generan residuos, cabe mencionar que se consideran RR.SS. aquellas sustancias productos o subproductos en estado sólido o semisólido, que por considerarse carentes de utilidad y/o valor o por encontrarse en exceso, son desechados. Los RR. SS. municipales comprenden aquellos generados por las actividades domésticas (residuos de cocina, restos de alimentos, cáscaras, hojas, tallos, etc.) y/o comerciales (actividades comerciales y del sector de servicios), así como aquellos recolectados por el servicio de limpieza de las vías públicas. A cargo de la gestión de estos residuos se encuentra el municipio, desde el momento en que dichos residuos son entregados a la entidad responsable de la prestación del servicio de RR.SS., o cuando los dispone en el lugar establecido por dicha entidad para su recolección, (MINAM, 2016a; OEFA, 2014; Yufra, 2010; Sanchez, 2007).

En el Perú la composición física de los RR.SS. está determinada por los valores de la Tabla 1, tomando como referencia los estudios de caracterización de diferentes ciudades de nuestro país.

Tabla 1: Composición física de los RR.SS.¹

Tipos de RR.SS.	Composición
Materia Orgánica	60,45%
Madera, Follaje	3,00%
Papel	3,04%
Cartón	2,80%
Vidrio	1,52%
Plástico PET	1,88%
Plástico Duro	0,70%
Bolsas	3,80%
Tetrapak	0,30%
Tecnopor y similares	0,40%
Metal	0,57%
Telas, textiles	1,40%
Caucho, cuero, jebe	0,58%
Pilas	0,20%
Restos de medicinas	0,25%
Residuos Sanitarios	8,03%
Residuos Inertes	8,40%
Envolturas	0,32%
Latas	1,75%
RAEE	0,25%
Huesos	0,02%
Otros	0,34%

¹(MINAM, 2010b)

En la Tabla 2 se muestra la composición química de los RR.SS. en general

Tabla 2: Composición química de los RR.SS.¹

Componente	Fuente	Composición
Lípidos	RR.SS. domésticos orgánicos, aceites de cocina	3-6%
Carbohidratos	Azúcares, almidones y celulosas	40-60%
Proteínas	Fuentes alimenticias y no tradicionales	10-25%
Fibras naturales	Celulosa, hemicelulosa y lignina	15-35%
Materiales orgánicos sintéticos	Plásticos de materiales no biodegradables	5-7%
No combustibles	Vidrios, cerámicos metales, cenizas y materiales de construcción	30-50%

¹(Shukle & Alkolkar, 2012)

La Generación de RR.SS. municipales es la resultante de sumar la generación de RR.SS. domiciliarios y la generación de RR.SS. no domiciliarios. Esto se refiere a una masa heterogénea de los desechos provenientes de las viviendas, industrias, instituciones y los de barrido de vías públicas, cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales. La Generación per-cápita (GPC) de una población se obtiene a través de la metodología empleada en el estudio de caracterización de RR.SS. del lugar en interés. Para la proyección de la GPC difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar anualmente. No obstante, sabiendo que con el desarrollo y el crecimiento urbano y comercial de la población los índices de producción aumentan, se recomienda calcular la producción per cápita total para cada año, con un incremento de entre 0,50 y 1% anual, (MINAM, 2010b; Alonso et al., 2003; Jaramillo, 2002b).

A través de la siguiente fórmula:

$$G_{pf} = G_{pa} \times (1 + r)^n \quad (3)$$

Donde:

G_{pf}: Generación per cápita futura (Kg/hab/día)

G_{pa}: Generación per cápita actual (Kg/hab/día)

r : Tasa del crecimiento de generación en % (de 0,50 a 1 %, Jaramillo, 2002)

n: número de años

La disposición final de RR.SS. se considera la etapa final en la gestión de los RR.SS., en esta los residuos son dispuestos en un determinado lugar de forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. La disposición final de RR.SS. de gestión municipal se realiza mediante el método de relleno sanitario y la disposición final de residuos del ámbito no municipal se realiza mediante el método de relleno de seguridad, (Marquez-benavides & Nicol, 2016; OEFA, 2014; Sanchez, 2007).

Haciendo referencia del marco legal, en el artículo 41 del D.L. N° 1278 (Decreto Legislativo que aprueba la Ley General de RR.SS.) menciona que los residuos que no puedan ser valorizados por la tecnología u otras condiciones debidamente sustentadas, deben ser aislados y/o confinados en infraestructuras debidamente autorizadas, de acuerdo a las características físicas, químicas y biológicas del residuo con la finalidad de eliminar el potencial peligro de causar daños a la salud o al ambiente. A su vez en la sexta disposición complementaria se explica que teniendo en cuenta el riesgo sanitario y ambiental que genera el actual déficit de infraestructura de disposición final de residuos, se declara de necesidad pública e interés nacional prioritario para efectos de la inversión pública, la construcción y reconversión de infraestructuras de disposición final durante el plazo de diez (10) años (MINAM, 2016a).

2.3. DISEÑO Y LEVANTAMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS

Según el D.L. N° 1278 que aprueba la Ley General de RR.SS., un relleno sanitario es una “Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los RR.SS. en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.”

Se considera además que la disposición de los RR.SS. es la etapa final de una Gestión integral de los RR.SS. Así también se define como un método para la disposición final de los RR.SS. municipales de forma controlada, minimizando de esta manera los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud de la población. Emplea los principios de ingeniería para confinar

los RR.SS. en un terreno, en el cual se colocan los RR.SS. extendidos en capas delgadas. Posteriormente son compactados a fin de reducir su volumen, son cubiertos finalmente por una capa de tierra la cual posee un espesor adecuado, de acuerdo con los cálculos de diseño. Además se prevé el tratamiento de los subproductos generados por la descomposición de los RR.SS. dentro del mismo, (MINAM, 2016a; Ortega, 1994; SEDESOL, 2010; Prieto, 2003; Alonso et al., 2003).

Las ventajas y desventajas de los rellenos sanitarios se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3: Ventajas y desventajas de los rellenos sanitarios.¹

Ventajas	Desventajas
-Permite la eliminación de los problemas ambientales y sociales asociados a la inadecuada disposición de los RR.SS.	-El proceso de descomposición de los R.R.S.S. genera gases y lixiviados que de no ser tratados de manera adecuada, pueden generar problemas de contaminación (contaminación de suelo o aguas subterráneas) además de la generación de olores.
-Se considera una alternativa económica en comparación con otros métodos de disposición final como por ejemplo la incineración, esto debido a los bajos costes de inversión, operación y mantenimiento.	-Es necesaria una supervisión permanente para asegurar que el tratamiento se lleve de manera adecuada.
-El terreno seleccionado para la instalación del relleno sanitario puede ser recuperado al término de la vida útil del mismo.	-La selección del terreno es uno de los principales retos en la instalación de esta infraestructura debido a la desconfianza y desconocimiento de la población.
-Es un método flexible ya que de aumentar la cantidad de generación de los residuos no es necesario realizar demasiadas modificaciones en el diseño inicial.	-De no contar con la debida administración fácilmente puede ser convertido en un botadero.
-Dependiendo de las características de los residuos y del terreno se puede aprovechar el gas generado dentro del mismo, para la producción de energía.	-Si el sitio seleccionado para la instalación no se encuentra cercano al lugar de generación, los costos para el transporte son mayores.

¹(Gobierno de la República de Honduras, 2014; SEDESOL, 2010, Fernández, 2010; Ortega, 1994) .

Para la instalación y operación de un relleno sanitario se requiere el cumplimiento de ciertos criterios, la obtención de autorizaciones y el seguimiento de pasos establecidos por el MINAM que se muestran en la Fig. 2.



Figura 2: Aprobaciones y autorizaciones para relleno sanitario, (MINAM, 2010a).

El estudio de selección de área es realizado por la municipalidad o por un tercero con el fin de obtener la opinión técnica favorable por parte de la Dirección Regional de Salud Ambiental (DIRESA) o Gerencia Regional de Salud Ambiental (GERESA). Actualmente la aprobación del EIA, y la opinión favorable del proyecto de infraestructura se encuentra a cargo de las Municipalidades Provinciales.

Una vez realizado el estudio de selección de área, este debe ser presentado ante DIRESA o GERESA. Dentro de este documento deben de estar definidos y establecidos el o los espacios geográficos para instalar infraestructuras de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos, tomando en cuenta los siguientes criterios: Conforme con el uso del suelo y planes de expansión urbana, conforme con el plan de gestión integral de residuos de la provincia, en caso los tuviera, el mínimo impacto social y ambiental por la construcción, operación y cierre, factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, prevención de riesgos sanitarios y ambientales, preservación del patrimonio arqueológico, cultural y monumental de la zona, preservación de áreas naturales protegidas por el estado y conservación de recurso naturales renovables y menor vulnerabilidad del área a desastres naturales. Para la aprobación del Estudio es necesario realizar un informe en el cual se presentan los terrenos que se consideran como alternativas para determinar el área de instalación de la infraestructura de disposición final. El área seleccionada debe cumplir con

los criterios de selección y restricción, establecidos por el MINAM, los cuales se presentan en la Tabla 4 (DIGESA, s. f.; Erazo, s. f.; MINAM, 2016b,2010a).

Tabla 4: Criterios mínimos para la restricción de área para disposición final segura de RR.SS. ¹

CRITERIOS DE RESTRICCIÓN			
ITEM	CRITERIOS	ESPECIFICACIONES	COMENTARIO
I.	Seguridad Aeroportuaria Distancia (m).	No se deberá escoger zonas menores a 13 km.	Las aves presentes en todo relleno sanitario suponen un problema de seguridad para el tráfico aéreo.
II.	Fallas Geológicas, Áreas Inestables.	El área para la disposición final segura se ubicará a 60 m. o más de las fallas que hayan tenido desplazamiento durante el Holoceno.	Áreas inestables suponen un riesgo en cuanto a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos.
III.	Zonas sísmicas.	El área para la disposición final segura no deberá ubicarse en lugares propensos a sufrir agrietamientos, desprendimientos, desplazamientos u otros movimientos de masas que pongan en riesgo la seguridad del personal y/o la operatividad en el área.	Esto debido a que se puede producir el colapso de la obra o su inutilización y abandono.
IV.	Infraestructura existente.	No se podrán seleccionar zonas que se encuentren dentro de las áreas de influencia de obras de infraestructura tales como embalses, represas, refinerías, obras hidroeléctricas, entre otros.	Con el fin de conseguir una zona libre de problemas de dominio, la cual se encuentre despejada para no perjudicar el desarrollo del proyecto.
V.	Plan urbano y proyectos de desarrollo regional o nacional.	- No se permitirá la ubicación de la disposición final segura en áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad. - No se deberán ubicar en áreas naturales protegidas por el Estado. - No se deberán ubicar en áreas vulnerables a desastres naturales. - No se deberá ubicar en zonas arqueológicas	Se realizan las coordinaciones necesarias con las entidades pertinentes, para evitar que existan trabas en la construcción del proyecto.
VI.	Saneamiento Físico Legal del terreno.	- No se considerará terreno que se encuentra en litigio. - En caso de arrendamiento, el municipio deberá contar con un convenio o contrato firmado y debidamente legalizado por ambas partes. - Cuando el terreno sea propiedad del Municipio, éste deberá estar registrado en el catastro de la propiedad	Se debe escoger lugares que no tengan impedimentos legales para el uso como relleno sanitario que pongan en riesgo la realización del proyecto.
VII.	Participación Ciudadana.	No deberá considerar áreas en conflicto, Si existe rechazo de la población al área propuesta, esta no deberá ser considerada	La población debe tener pleno conocimiento del proyecto para poder contar con su aprobación

¹(MINAM, 2016b)

En la Tabla 5 se presentan los Criterios mínimos para la selección de área para disposición final segura de RR.SS. según el MINAM.

Tabla 5: Criterios mínimos para la selección de área para disposición final segura de RR.SS. ¹

CRITERIOS DE SELECCIÓN			
ITEM	CRITERIOS	ESPECIFICACIONES	COMENTARIO
I.	Distancia a centros poblados	El área para disposición final segura, deberá ubicarse a una distancia no menor a 1000 m. de poblaciones, granjas porcinas, avícolas por excepción y de acuerdo a lo establezca en el estudio ambiental se podrá autorizar distancias menores, según el artículo 69° del D.S. 057-2004-PCM.	Para evitar la migración de las personas y efectos en la salud de la población.
II.	Geomorfología	Se debe preferir lugares con superficies planas o con pendientes moderadas	Lugares con pendientes pronunciadas representan un riesgo por fenómenos como deslizamientos y derrumbes.
III.	Condiciones hidrológicas.	Deberán considerar el uso de aquellas zonas donde las aguas superficiales se encuentren a una distancia mayor de 500m., del perímetro de las áreas evaluadas.	Se pretende evitar la contaminación y alteración a cuerpos de agua superficiales.
IV.	Condiciones Hidrogeológicas.	Se preferirá el uso de aquellas zonas donde las aguas subterráneas se encuentren a una profundidad mayor de tres (3) metros de la base del área para disposición final segura proyectada.	Debido a que se puede producir contaminación a las aguas subterráneas, alterando su calidad.
V.	Geología.	Se tendrá preferencia por aquellos lugares que presenten condiciones geológicas favorables del subsuelo como tipo de suelo, estratigrafía, entre otros.	Se deben elegir zonas en las que el suelo no permita fácilmente el transporte de contaminantes(baja permeabilidad)
VI.	Vida útil.	La vida útil del lugar seleccionado debe ser mayor o igual a 05 (cinco) años.	Se debe considerar un terreno con un área determinada para cubrir la generación de residuos de la población
VII.	Material de cobertura.	- El área seleccionada como cantera del material de cobertura debe contar con suficiente material de fácil extracción, el mismo que deberá ubicarse dentro del área evaluada o cerca de la misma para garantizar la vida útil. - Se debe preferir materiales finos arenos-arcillosos. - Se deberá garantizar su adquisición durante la vida útil de la infraestructura sanitaria para RR.SS.	Se pretende evitar gastos innecesarios para la búsqueda de un material adecuado de cubrición.
VIII.	Dirección de los vientos	De preferencia la dirección predominante de los vientos debe estar orientada en sentido contrario a la zona urbana en relación al área evaluada.	Con el fin de evitar enfermedades en la población y que la emisión de olores, cause molestias en esta.

¹(MINAM, 2016b)

Los tipos de rellenos sanitarios que existen son: a) relleno sanitario manual; b) relleno sanitario semi-mecanizado; c) relleno sanitario mecanizado, los cuales se detallan a continuación:

- a) **Relleno sanitario manual:** Este diseño se adapta generalmente a zonas donde las poblaciones son pequeñas y la capacidad de operación no sobrepasa las 20 TM/día. En este tipo la maquinaria solamente es empleada para el transporte de los R.R.S.S. y la preparación del terreno. Los operarios son los encargados de realizar las actividades de acomodo, compactación y recubrimiento de los residuos, mediante el empleo de herramientas menores de uso manual. La Fig. 3c muestra este tipo de relleno, (MINAM, 2016a; Gobierno de la República de Honduras, 2014; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012; Collazos, 2008; Chávez, 2006; Tchobanoglous et al., 1998).
- b) **Relleno sanitario semi-mecanizado:** Este tipo de relleno tiene una capacidad en el rango de 20-50 TM/día. Emplea como apoyo al trabajo manual maquinaria pesada, a fin de hacer una buena compactación y estabilización de los RR.SS. como por ejemplo un bulldócer u oruga de cadenas, como se presenta en la Fig. 3a, (MINAM, 2016a; Gobierno de la República de Honduras, 2014; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012; Collazos, 2008; Chávez, 2006; Tchobanoglous et al., 1998).
- c) **Relleno sanitario mecanizado:** Este diseño se adapta para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 50 TM/día. Debido a la cantidad y tipo de residuos este tipo de relleno requiere el empleo y operación diaria de maquinaria pesada para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc. Fig. 3b, (MINAM, 2016a; Gobierno de la República de Honduras, 2014; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012; Collazos, 2008; Chávez, 2006; Tchobanoglous et al., 1998).

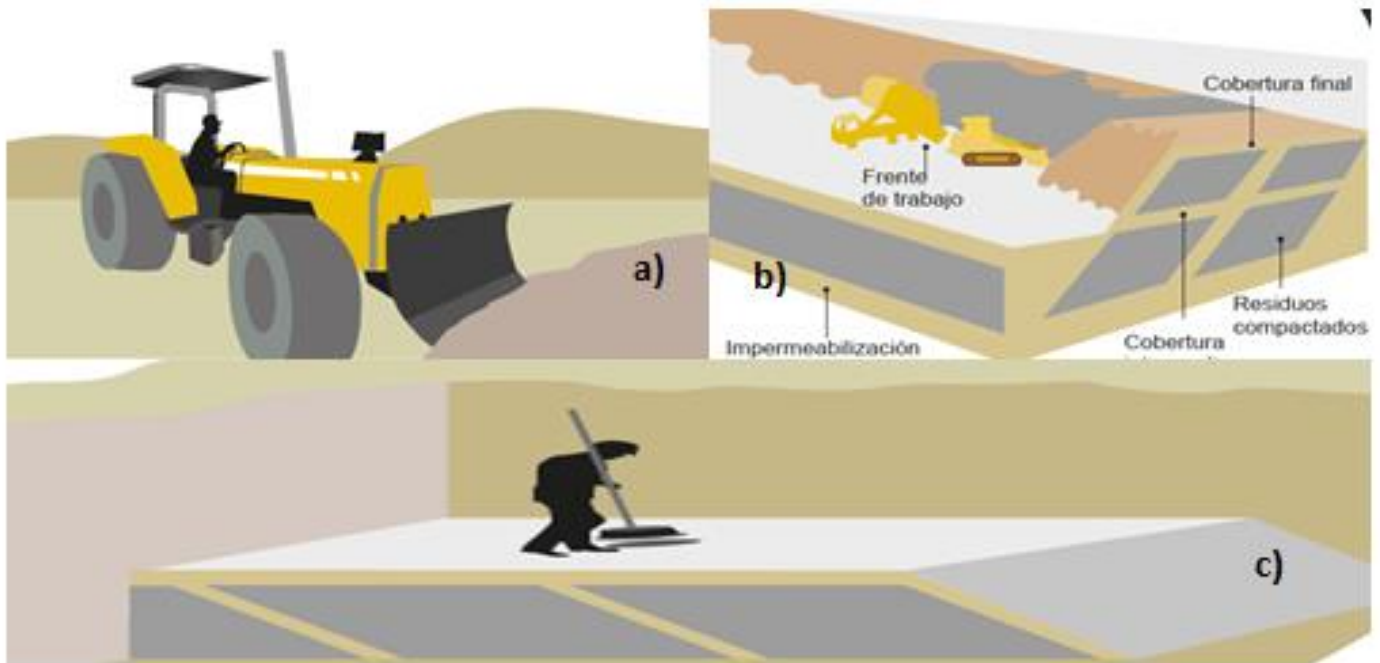


Figura 3: Tipos de relleno sanitario. a) Relleno sanitario semi-mecanizado b) Relleno sanitario mecanizado c) Relleno sanitario manual.(Gobierno de la República de Honduras, 2014).

Para calcular el volumen del relleno, se puede estimar las densidades mencionadas en la Tabla 6, (Jaramillo, 2002a; Cantanhede & Sandoval, 2001; Hegel, s. f.)

Tabla 6: Densidad de los RR.SS.¹

Diseño	Densidad kg/m ³
Celda diaria (RR.SS. recién compactados manualmente)	400-500
Volumen del relleno (RR.SS. estabilizados en el relleno manual)	500-600

¹(Jaramillo, 2002a)

Se realizan los siguientes cálculos, para determinar el volumen anual compactado:

$$V_{\text{anual } c} = \frac{D_{sp}}{D_{rsc}} \times 365 \quad (4)$$

Donde:

V_{anual c}: Volumen de RR. SS. municipales compactados en un año (m³ /año)

D_{sp}: Cantidad de RR. SS. municipales producidos (Kg/día)

D_{rsc}: Densidad de los RR. SS. municipales recién compactados (400-500 Kg/m³)

Así como el volumen anual estabilizado, a través de la siguiente ecuación:

$$V_{\text{anual } e} = \frac{D_{\text{sp}}}{D_{\text{rse}}} \times 365 \quad (5)$$

Donde:

$V_{\text{anual } c}$: Volumen de RR. SS. municipales compactados en un año ($\text{m}^3/\text{año}$)

$V_{\text{anual } e}$: Volumen de RR. SS. municipales estabilizados en un año ($\text{m}^3/\text{año}$)

D_{sp} : Cantidad de RR. SS. municipales producidos ($\text{Kg}/\text{día}$)

D_{rsc} : Densidad de los RR. SS. municipales recién compactados ($400\text{-}500 \text{ Kg}/\text{m}^3$)

D_{rse} : Densidad de los RR. SS. municipales en un relleno estabilizado ($500\text{-}600 \text{ Kg}/\text{m}^3$).

El material de cobertura con que se cubren los residuos en un relleno sanitario equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados, (Jaramillo, 2002a).

$$MC = V_{\text{anual } c} \times (0,25) \quad (6)$$

Donde:

MC : Material de Cobertura

Por lo tanto el volumen total se determina de la siguiente forma:

$$VRS = V_{\text{anual } e} + MC \quad (7)$$

Donde:

VRS : Volumen de RR.SS. ($\text{m}^3/\text{año}$)

El RSM debe proyectarse para un mínimo de cinco años y un máximo de diez, (MINAM, 2010a; Jaramillo, 2002a; Trejo, 2002). Para calcular el área requerida para un relleno sanitario, se realiza el siguiente cálculo:

$$ARS = \frac{VRS}{hRS} \quad (8)$$

Donde :

ARS : área por rellenar sucesivamente (m^2)

hRS : altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

Se debe considerar un área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40% del área que se deberá rellenar. Es conocido como Factor de aumento (F). (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012; MINAM, 2010a; Jaramillo, 2002a)

Por lo tanto el área total requerida será:

$$AT = F \times ARS \quad (9)$$

Donde:

AT: Área total requerida (m²)

F: Factor de aumento

Los métodos de construcción de rellenos sanitarios se detallan a continuación: a) método del área; b) método de zanja o trinchera; c) método combinado:

- a) **Método del área:** Este método es empleado en áreas planas o con poca pendiente y donde la napa freática se encuentra a poca profundidad, los residuos son esparcidos y compactados en áreas que se construyen sobre el terreno natural. El trabajo diario es realizado mediante celdas; las primeras celdas poseen una pendiente suave para proporcionar mayor estabilidad a medida que el terreno se eleva. En este caso el material de cobertura se extrae de zonas aledañas. La Fig. 4a muestra la forma de distribución de los residuos en el relleno (MINAM, 2010a; Yufra, 2010).
- b) **Método de zanja o trinchera:** Es el método utilizado en zonas planas, donde el nivel freático es profundo. Se excavan zanjas mediante el empleo de maquinaria pesada y de acuerdo con las especificaciones del diseño. El terreno debe ser impermeabilizado, además es necesaria la construcción de drenes de recolección para evitar la percolación de los lixiviados. Los RR.SS. son colocados dentro de la zanja, donde serán compactados y cubiertos. La tierra extraída es empleada como material de cobertura y es colocado a un

lado de la zanja. Fig. 4b, se muestra la excavación de las celdas para distribución de los RR.SS, (Tchobanoglou et al., 1998).

Para poder desarrollar este método se realizan los siguientes pasos:

Se muestran las ecuaciones necesarias con el fin de determinar el volumen de la zanja en un tiempo de días determinado y la cantidad de residuos que recibirá en un día, respectivamente. Para la excavación periódica de las zanjas que deberán tener una vida útil entre 30 y 90 días, para evitar así su empleo constante. La excavación de las zanjas se debe planificar para todo el año, dependiendo de la disponibilidad del equipo, (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012; Fernández, 2010; Jaramillo, 2002a).

$$Vz = \frac{t \times Dsr \times C \times MC}{Drsm} \quad (10)$$

Donde:

Vz: Volumen de la zanja (m³).

t: Tiempo de vida útil (90 días)

Drsm: Densidad de los RR.SS. en el relleno

Dsr: cantidad de RR.SS. recolectados.

C: Se estima que se recolectará el 95% de la producción.

MC: Factor de material de cobertura (20 a 25%).

$$Dsr d = \frac{Vz}{tz} \quad (11)$$

Donde:

Dsr d: Cantidad de RR.SS. recolectados y depositados en un día (Kg/día)

Vz: Volumen de la zanja (m³)

tz: Tiempo de servicio de la zanja (días).

Se debe tener las siguientes consideraciones para determinar la profundidad, el ancho y el largo de las zanjas: La profundidad de la zanja, deberá de estar en un rango de 2 a 3 m de acuerdo con el nivel freático, tipo de suelo, tipo de equipo y costos de excavación. El ancho de la zanja entre un rango de 3 y 10 m según percepción de ingeniería y costos, que resulte

conveniente para evitar el transporte a larga distancia de los RR.SS. y el material de cobertura, sobre todo para proporcionar mejor utilización del equipo. El largo está condicionado al tiempo de vida útil de la zanja. Se recomienda que la separación entre zanjas sea como mínimo de un metro, (MINAM, 2010a; Jaramillo, 2002a).

Se realiza el siguiente cálculo para determinar la dimensión de la zanja:

$$l = \frac{Vz}{a \times hz} \quad (12)$$

Donde:

l: Largo o longitud

Vz: Volumen de la zanja (m³)

a: Ancho (m)

hz: Profundidad (m)

Para conocer la cantidad de zanjas que se podrán excavar en un terreno determinado y así conocer la vida útil de este, se utiliza las siguientes fórmulas:

$$n = \frac{At}{F \times Az} \quad (13)$$

Donde:

n: Número de zanjas.

At: Área total del terreno (m²).

F: Factor para áreas adicionales de 1,20 a 1,40 (20-40%).

Az: Área de la zanja (m²).

$$Vu = \frac{tz \times n}{365} \quad (14)$$

Donde:

Vu: Vida útil del terreno (años).

tz: Tiempo de servicio de la zanja (días) .

n: Número de zanjas.

Para calcular la celda diaria se recomienda una altura que fluctúe entre 1 y 1,50 metros, esto debido a la baja compactación alcanzada por la operación manual. La cantidad de RR.SS. para

diseñar la celda diaria se puede obtener a partir de la cantidad de RR.SS. producida diariamente, (Fernández, 2010; Jaramillo, 2002a; MINAM, 2010a).

$$DSrs = \frac{Dsp \times 7}{Dhab} \quad (15)$$

Donde:

DSrs: Cantidad media diaria de los RR.SS. en el relleno sanitario (Kg/día)

Dsp: Cantidad de los RR.SS. producido por día (Kg/día)

Dhab: Días hábiles o laborales en una semana (normalmente varía entre 5 ó 6 días).

Una vez determinado la cantidad de RR.SS. que se va a disponer, se calcula el volumen de la celda diaria, de la siguiente manera:

$$Vc = \frac{DSrs}{Drsc} \times MC \quad (16)$$

Donde:

Vc : Volumen de la celda diaria (m³)

Drsc: Densidad de los RR. SS. municipales recién compactados en el RSM, 400-500 kg/m³

MC: Material de cobertura (20-25%).

Para calcular las dimensiones de la celda diaria, se emplean las siguientes fórmulas, para conocer el área de la celda y el largo:

$$Ac = \frac{Vc}{hc} \quad (17)$$

Donde:

Ac: Área de la celda (m² /día)

Vc: Volumen de la celda diaria (m³)

hc: Altura de la celda (m) –límite de 1,50 m.

$$l = \frac{Ac}{a} \quad (18)$$

Donde:

Ac: Área de la celda (m² /día)

a: Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de los RR.SS. por los vehículos recolectores, de 3 a 6 m.

c) **Método combinado:** Este método se emplea si las condiciones del terreno son adecuadas, además permite emplear un área menor para lograr un volumen mayor de disposición final. Se inicia generalmente con el método de trinchera y se continúa con el método del área, de esta manera el terreno es utilizado integralmente. Este método se muestra en la Fig. 4c, (Gobierno de la República de Honduras, 2014; MINAM, 2010a; SEDESOL, 2010; Tchobanoglou et al., 1998; Ortega, 1994).

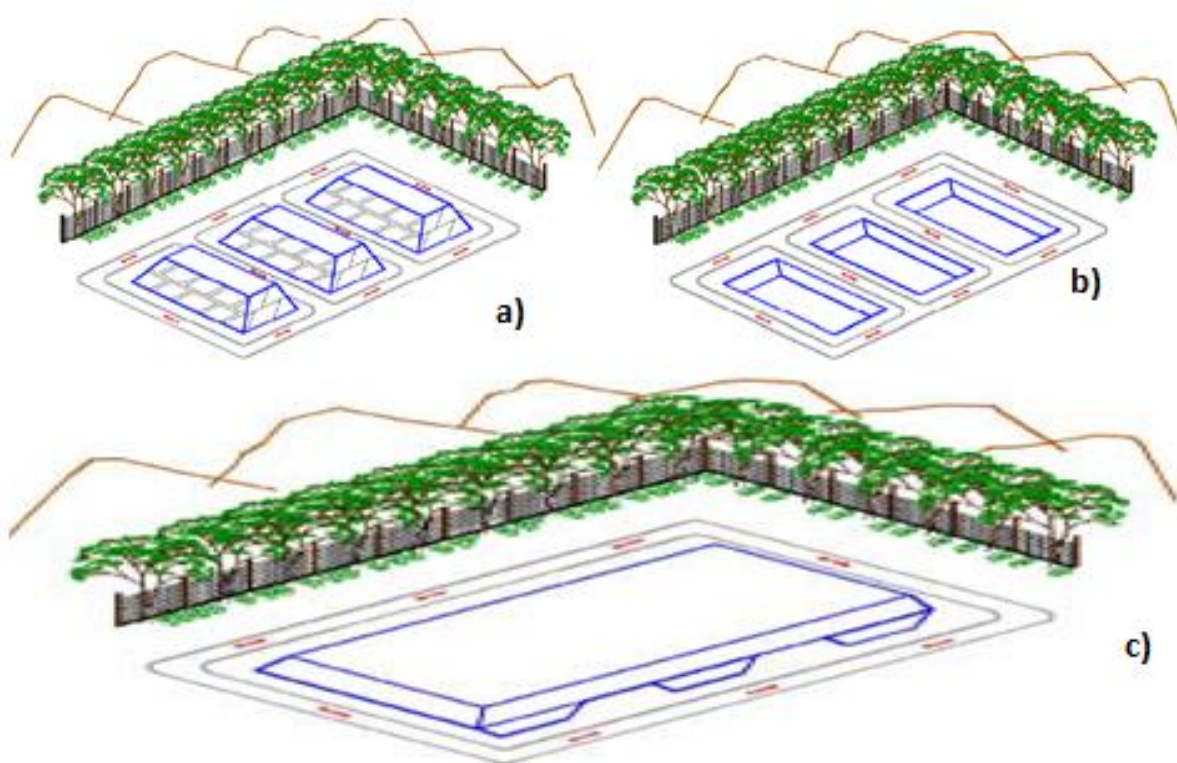


Figura 4: Métodos de relleno sanitario. a) Método de área; b) Método de trinchera o zanja y c) Método combinado. (MINAM, 2010a).

Para el tratamiento de los RR.SS. en relleno sanitario es relevante conocer que bajo las condiciones aeróbicas adecuadas en las capas del relleno sanitario, el nivel de polución del lixiviado decrece y la cantidad de gases como metano o hidrogeno lo hacen también. Existen los siguientes: a) tratamiento anaeróbico; b) tratamiento semi-aeróbico; c) tratamiento aeróbico, los cuales se explican a continuación.

a) Tratamiento anaeróbico (tratamiento convencional):

Está conformado por una excavación en el terreno o un depósito de residuos en un valle, el cual mantiene inundado el material residual y en condiciones anaeróbicas. La fermentación anaeróbica produce la liberación de gran cantidad de gas metano. En la Fig. 5a se muestra este tipo de tratamiento. (MINAM, 2014; CEMPRE, 2013; Development outline, s. f.; Fukuoka Municipal Government, 2010).

b) Tratamiento semi-aeróbico (método Fukuoka):

En este tipo de tratamiento el relleno cuenta con un sistema de colección de lixiviados (Fig. 5b), el cual se compone de una tubería con un amplia sección transversal, la tubería se encuentra rodeada por cantos rodados. Las condiciones aeróbicas se mantienen gracias al aire que atraviesa la tubería de colección de lixiviados. El contenido de humedad es bajo y la producción de gas metano es menor. (MINAM, 2014; CEMPRE, 2013; Development outline, s. f.; Fukuoka Municipal Government, 2010).

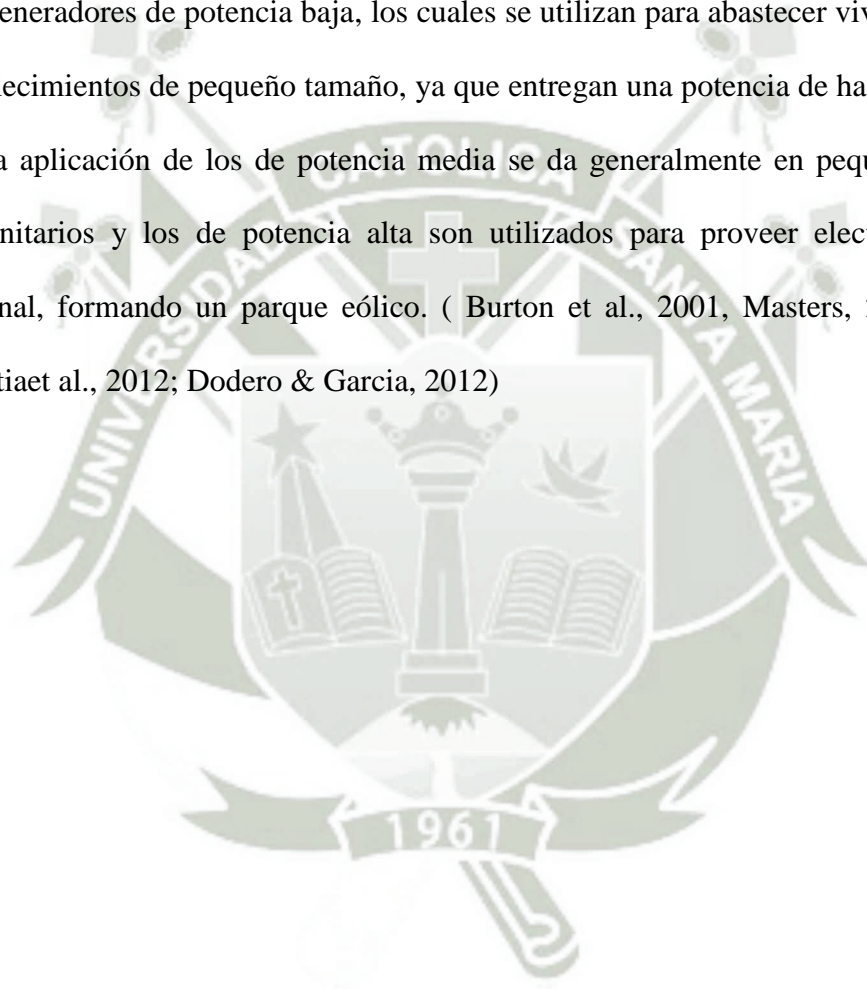
c) Tratamiento aeróbico (Environmental Control System):

El mecanismo es similar al tratamiento semi-aeróbico, la diferencia radica en que las tuberías de colección de lixiviados son bombeadas con aire mediante un soplador, para inyectarlo dentro de las capas del relleno, y de esta forma maximizar la actividad aeróbica dentro del mismo, tal como se muestra ver Fig. 5c, (MINAM, 2014; CEMPRE, 2013; Development outline, s. f.; Fukuoka Municipal Government, 2010).

Aerogeneradores

Se caracterizan por tener pocas palas y de esta manera alcanzar a desarrollar una mayor eficiencia en la transformación de la energía cinética en eléctrica. La estructura básica de un aerogenerador eléctrico consiste en un rotor para la extracción de la energía del viento, una caja de cambios y un generador eléctrico. El giro del rotor provoca un par mecánico en la caja de cambios que se transmite al generador eléctrico. Sus precios de instalación suelen ser elevados pero, una vez instalados, el coste de operación es muy bajo. La

generación de potencia siempre es de corriente alterna, pero también puede ser de corriente continua en el caso de aerogeneradores de menor tamaño para carga de baterías en sistemas autónomos. En los aerogeneradores de eje horizontal, el eje de rotación es perpendicular a la dirección del viento, funcionando bajo el principio de desplazamiento transversal. Esta tipología permite barrer mayores superficies que las de eje vertical, por lo que alcanzan mayores potencias y en cuanto a su altura, se aprovecha el aumento de la velocidad del viento con respecto a la distancia del suelo. Se pueden distinguir a los aerogeneradores de potencia baja, los cuales se utilizan para abastecer viviendas, así como establecimientos de pequeño tamaño, ya que entregan una potencia de hasta 100 Kw. A su vez la aplicación de los de potencia media se da generalmente en pequeños desarrollos comunitarios y los de potencia alta son utilizados para proveer electricidad a la red nacional, formando un parque eólico. (Burton et al., 2001, Masters, 2004 citados por Mikatiaet al., 2012; Dodero & Garcia, 2012)



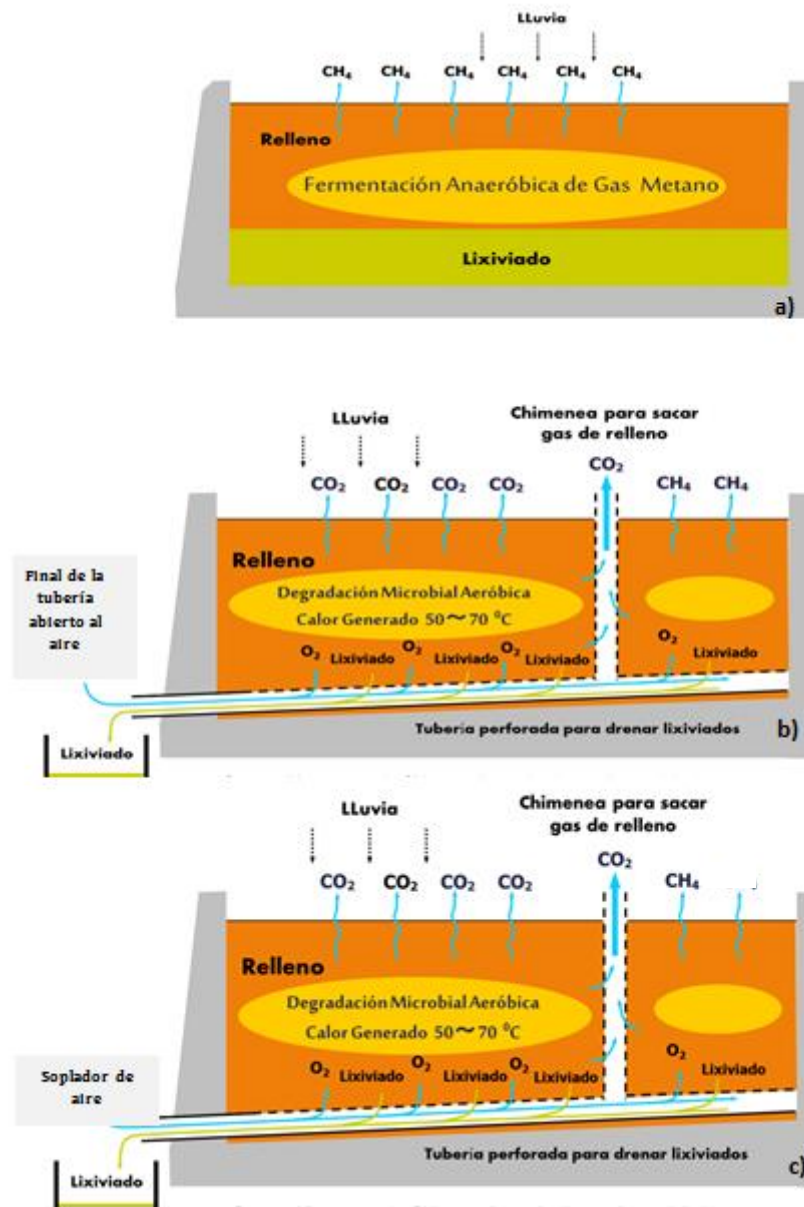


Figura 5: Tratamientos de RR.SS. en un relleno sanitario. a) Tratamiento anaeróbico; b) Tratamiento semi-aeróbico; c) Tratamiento aeróbico (MINAM, 2014; Fukuoka Municipal Government, 2010).

Dentro del relleno sanitario la existencia de un drenaje pluvial tiene como objetivo evitar la infiltración del agua al interior del RSM, y el aumento de líquidos lixiviados y gases, la erosión del material de cobertura del relleno sanitario, así como el deterioro de los caminos de acceso y otras obras de infraestructura. Para el escurrimiento de las aguas de escorrentía, se debe construir un canal trapezoidal de drenaje en la tierra, las dimensiones de este, estarán de acuerdo con las condiciones climáticas, características del suelo, vegetación y topografía. Las obras de drenaje se construirán alrededor del relleno, se recomienda dimensiones de 1 m de

ancho y 0,80 m de profundidad, (Fernández, 2010; Jaramillo, 2002a; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010, 2012).

Para una pequeña cuenca se recomienda un canal con las dimensiones que se detallan en la Fig. 6.

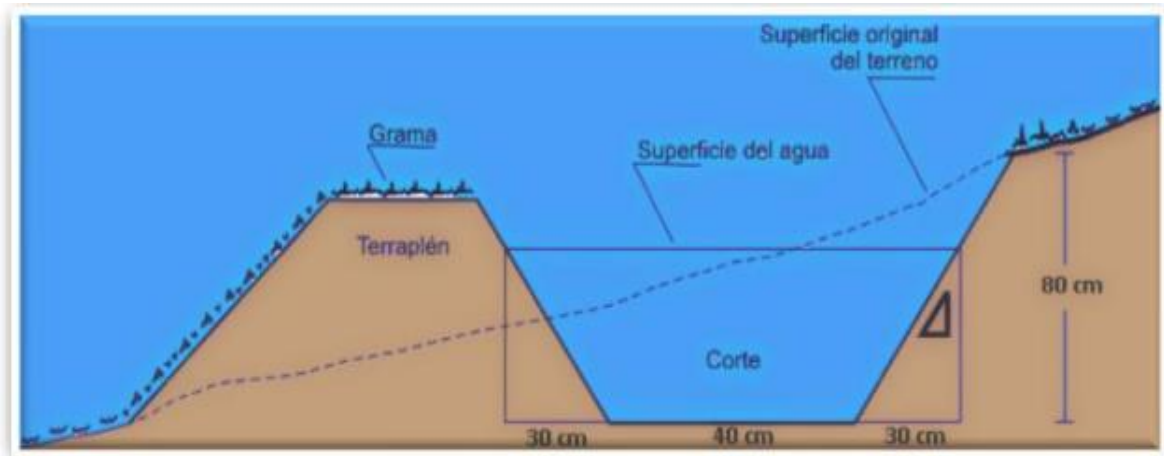


Figura 6: Detalle de la sección transversal del canal trapezoidal. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010; Jaramillo, 2002a).

Además el drenaje de gases está constituido por una tubería perforada de concreto que se encuentra revestida con piedra, que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno. Estas se construyen verticalmente a medida que avanza el relleno, conectándolas a los drenajes de lixiviados que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases. Se recomienda que cada una tenga un diámetro de 0,30 a 0,50 m y que sean instaladas cada 20 a 50 metros, según el criterio del técnico. Tal como se muestra en la Fig. 7 (Jaramillo, 2002a; MINAM, 2010a; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010)



Figura 7: Drenaje de gases con chimeneas puntuales. (Jaramillo, 2002a).

Para finalizar de manera correcta un sistema de tratamiento en un relleno sanitario, es necesario la conformación de un cerco vivo de árboles y arbustos como aislamiento visual. Sirve para retener objetos arrastrados por el viento, es una práctica para el control de la erosión eólica y además se considera como medida para disminuir la contaminación y la dispersión de olores, (Jaramillo, 2002a; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

2.4. TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

Es importante saber que se conoce como lixiviado a las emisiones líquidas provenientes de la descomposición de los RR.SS. Los lixiviados transportan gran cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos, incluyendo ácidos húmicos, nitrógeno amoniacal y metales pesados, así como sales inorgánicas. Los lixiviados están compuestos también por el agua de lluvia que se infiltra en el relleno sanitario. De no realizarse un manejo y tratamiento adecuado de los lixiviados, estos pueden convertirse en fuente de contaminación del suelo, aguas superficiales y subterráneas, (Torres-2005 citado por Cárdenas, 2012; Najera, 2007; Giraldo, s. f.).

Los lixiviados generalmente se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, sales, metales pesados, sales inorgánicas. La cantidad y composición de

los lixiviados depende de factores como: Composición y cantidad de residuos generados, velocidad de descomposición de los RR.SS. y los procesos de descomposición microbiológicos y químicos, calidad y características del suelo (CIC, permeabilidad, organismos vivos, etc.), condiciones climáticas de la zona (humedad, precipitaciones, evaporación, etc.), tecnología y diseño del relleno sanitario, tiempo del lixiviado (Tabla 7), (Borzacconi et al., 1996 citado por Cárdenas, 2012; Giraldo, s. f.; Vasquez, 2001).

Tabla 7: Parámetros de muestreo de lixiviados en función a la edad de los mismos. ¹

	Nuevo	Intermedio	Viejo
Edad (años)	<5	5-10	>10
DQO ² (mg/l)	>10·000	4·000-10·000	<4·000
Ph	6,50	6,50-7,50	>7,50
DBO ₅ ³ /DQO	>0,30	0,10-0,30	<0,30
Compuesto orgánicos	80%(AGV)	5 – 30% AGV + ácidos húmicos y fúlvicos	Ácidos húmicos y Fúlvicos
Metales pesados	Bajo-medio		Bajo
Biodegradabilidad	Importante	Medio	Bajo

¹(Renouet al., 2007 citado por Cárdenas, 2012).²Demanda Química de Oxígeno.³ Demanda Bioquímica de Oxígeno

Siempre es necesario realizar los drenajes de los lixiviados dentro de los rellenos sanitarios manuales a través de una espina de pescado, para que puedan ser transportados a una poza y evitar la contaminación directa de estos, para lo cual es recomendable utilizar tuberías de PVC de 4, 6 a 8 pulgadas para los ramales o drenajes secundarios y para el drenaje principal tuberías de PCV de 6 a 8 pulgadas, de esta manera se estarán previniendo que los periodos largos de lluvia y con gran precipitación, se presenten inconvenientes en el diseño como la obstrucción de estas por sedimentos. Véase Fig. 8, (Fernández, 2010).

El método suizo, permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado o líquido percolado, (MINAM, 2010a; Jaramillo, 2002a).

$$Q_{lm} = P \times A \times K \quad (19)$$

Donde:

Q_{lm} : Caudal medio de lixiviado generado (m³/seg).

P : Precipitación máxima mensual (mm/mes).

A : Área superficial del relleno (m²).

K : Coeficiente que depende del grado de compactación de los RR.SS. (Para rellenos débilmente compactados (K= 0,25 a 0.50) y fuertemente compactados (K= 0,15 a 0,25).

1m = 103 mm.

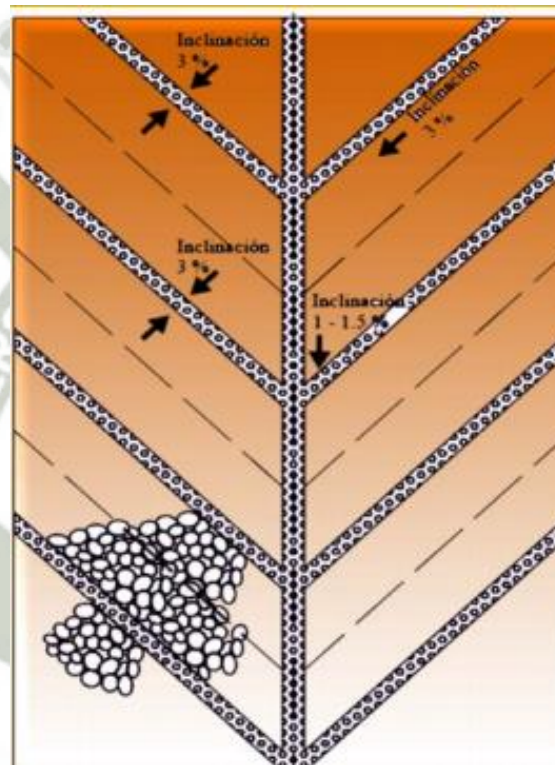


Figura 8: Sistema de Drenaje interno para lixiviados.(Loja,2002 citado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

Para el tratamiento de lixiviados, existen distintos métodos, los cuales son:

a) Recirculación de lixiviados

Un lixiviado joven posee gran cantidad de SDT, DBO₅, DQO, nutrientes y metales pesados. Mediante la recirculación el mismo relleno sanitario funciona como un biorreactor donde los ácidos grasos de los lixiviados se transforman en metano, y se atenúan también las concentraciones de las demás sustancias producidas por la

descomposición de los residuos. Debido a las reacciones el pH aumenta lo que reduce la concentración de los metales debido a que disminuye su solubilidad. Se considera este método como un pre tratamiento y además se debe contar con un sistema para el tratamiento y manejo del gas metano ya que su producción se ve incrementada, (Corena, 2008; Vasquez, 2001).

b) Evaporación de Lixiviados

Consiste en usar el gas que se genera en el relleno para evaporar los lixiviados mediante calor, luego de la evaporación el lodo residual se dispone sobre el relleno. Se puede emplear de forma directa el gas mediante su quema, o se puede emplear el calor que se genera en los motores de combustión que usan el gas para producir energía.

Adicionalmente se debe contar con un sistema de tratamiento de COV's ya que la evaporación de los lixiviados libera gases que podrían ser contaminantes, (Corena, 2008; Vasquez, 2001).

c) Tratamiento biológico aeróbico

Los sistemas tratamientos aeróbicos son variados van desde sistemas de lagunas aireadas hasta sistemas de reactores biológicos con procesos de ultrafiltración con membrana. Las remociones de DBO pueden llegar hasta un 90% pero la DBO remanente todavía puede tener un valor considerable. Además los costos de inversión, operación y mantenimiento son altos. Se usan generalmente como un método de postratamiento a los sistemas anaerobios, o para lixiviados viejos. Esta técnica genera una alta cantidad de lodos residuales, (Corena, 2008; Tchobanoglou et al., 1998).

d) Tratamiento biológico anaeróbico

Los sistemas tratamientos anaeróbicos son variados van desde sistemas de lagunas anaerobias hasta sistemas de lecho fluidizado, pasando por filtros anaerobios y reactores UASB. Posee una alta tasa de reducción de la DBO hasta niveles aceptables, además presenta una mayor simplicidad en el sistema de tratamiento y menor producción de

lodos. Sin embargo los altos contenidos de amoníaco o minerales disueltos pueden producir problemas de toxicidad para los microorganismos, (Corena, 2008; Giraldo, s. f.).

Sistemas de alta tasa fotosintética

Los sistemas de alta tasa fotosintética se propusieron inicialmente para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Sin embargo, esta tecnología ha mostrado ventajas y beneficios en aguas residuales industriales y lixiviados, entre ellos los de relleno sanitario. Dentro de estos sistemas, se habla además del uso de algas, las cuales se caracterizan por la mejora en el crecimiento de la biomasa y capacidad de tratamiento de lixiviados en comparación con otros sistemas como las lagunas facultativa, (García et al., 2000; Valigore, 2011 citados por Sardi et al., 2016; Cerón et al., 2015).

Las microalgas involucradas en estos sistemas son utilizadas para la biorremediación de contaminantes presentes en lixiviados de los rellenos sanitarios y se emplean especies como *Desmodesmus sp.*, *Micractinium sp.*, *Actinastrum sp.*, *Pediastrum sp.*, *Dictyosphaerium sp.*, *Coelastrum sp.*, *Microsistis sp.*, *Merismopedia sp.*, *Euglena sp.*, *Scenedesmus sp.*, *Chlorella* dentro de sus especies se encuentra *Chlorella vulgaris* y Diatomeas, estos se consideran como un ecosistema estresado por las altas concentraciones de contaminantes y materia orgánica. Además del tratamiento biológico, la biomasa producida de algas tiene un uso potencial como alimento, biofertilizantes, biocombustible y contribuye en la captura de dióxido de carbono presente en el medio ambiente, (Park & Craggs, 2011 citado por Sardi et al., 2016; Cerón et al., 2015; Orta et al., 2014).

e) Sistema de membranas

Dentro de estos sistemas son aplicables la microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, ósmosis directa y la pervaporación al tratamiento de lixiviados. La microfiltración y ultrafiltración se acoplan a procesos biológicos de tratamiento aerobio.

Igualmente la ósmosis inversa con procesos de precipitación-cristalización y nanofiltración son aplicados para la remoción de sustancias precipitables de lixiviados con altos contenidos de sólidos disueltos inorgánicos, (Corena, 2008; Najera, 2007).

f) Tratamientos físico-químicos :

Estos tratamientos incluyen: La precipitación química que permite mejorar el color, disminuir los contenidos de sólidos en suspensión, amonio y la eliminación de algunos cationes pesados. Los reactivos mayormente empleados en este tratamiento son la cal, alúmina, cloruro férrico y sulfato ferroso. La reducción de DQO es menor de 40%. También se considera a la oxidación química, en donde se emplean oxidantes como Cl_2 , CaClO_2 , KMnO_4 , u O_3 , la desventaja de usar oxidantes halogenados es que puede generar compuestos órgano halogenados altamente peligrosos y la reducción de DQO no supera el 48%. Otro tratamiento es el de absorción de carbono activo, el cual se emplea en lixiviados viejos o con tratamientos terciarios de efluentes biológicos y se pueden obtener reducciones de DQO de un 91%. La ósmosis inversa consiste en que el lixiviado pase a través de una membrana semipermeable, la cual actúa como filtro permitiendo la eliminación de sales inorgánicas y la materia orgánica, como resultado la reducción de la turbidez puede llegar hasta 89%. Por último en el stripping de NH_3 se burbujea aire a través de los lixiviados, lo que reducirá la concentración de NH_3 , trabaja con pH 11. Si se trabaja conjuntamente con la precipitación química y un tratamiento biológico por lodos activos se puede llegar a reducir el NH_3 hasta 96%, (Corena, 2008; Giraldo, s. f.).

g) Sistemas naturales

Son aquellos que están conformados por un conjunto de organismos naturales los cuales trabajan de manera integral para el tratamiento de las sustancias contaminantes, como los humedales artificiales, (García, J. citado por Cárdenas, 2012, Corzo, A., 2008; Fonseca, 2010; Vasquez, 2001).

2.5. PERSPECTIVAS FUTURAS

En este punto se menciona el estado actual de rellenos sanitarios en distintas ciudades alrededor del planeta.

El tratamiento de RR.SS. en la ciudad de Yokohama ha experimentado cambios a lo largo de los años pasando de una disposición sin tratamiento a la implementación de una gestión integral de sus residuos, ya que en 1940 los RR.SS. eran depositados en un relleno, en 1960 estos eran incinerados y las cenizas se trasladaban al relleno y a partir de 1990 se incluye el reciclaje, la incineración de sus residuos para la posterior disposición de escoria y cenizas en un landfill, (Recycling Bureau Yokohama, 2015).

En el caso de la ciudad de Río de Janeiro en Brasil, el relleno Sanitario CTR Río opera desde el año 2010 y es uno de los más grandes de Latinoamérica, tratando 10-000 TM diarias provenientes de la ciudad de Seropédica, Itaguaí y de Río, se pesan los residuos y se separan de acuerdo a sus características para posteriormente depositarlos en el relleno sanitario donde son cubiertos con arcilla para evitar la dispersión de olor, el lixiviado se transforma en agua reciclada y el biogás es desviado para ser quemado, siendo considerado una solución segura, moderna y eficaz, su creación ha permitido el cierre de los vertederos al aire libre de las ciudades mencionadas, (Gnud, 2015).

En Europa, en la ciudad de Estocolmo, siempre se realizó un manejo sustentable de sus residuos, ya que en el año 1990 se tenía la siguiente gestión: reciclaje (27,70 %), compostaje (8,60%), recuperación de energía (38,60%), y disposición en un relleno sanitario (24,60%), sin embargo a partir del 2010 esta se mejoró, empezando con la reducción, el reuso, el reciclaje (51%), la recuperación de energía (48 %) y finalmente se realiza una disposición de los residuos que no pueden ser tratados (1%), (Freudenthal, 2011).

En Santo Domingo de República Dominicana desde el 2007 existe un relleno sanitario donde se han logrado importantes cambios en el tema de tratamiento de los RR.SS. y transformando

el antiguo vertedero de Duquesa, pues es el primer lugar en el país con una planta de reciclaje y una planta de biogás aprobada por la UNFCCC organismo de la ONU que regula la generación de gases efecto invernadero. A su vez en Santiago, se cerró el vertedero de Rafey de Santiago de los Caballeros y se abrió un Eco Parque para la disposición de los residuos. Un Eco-parque es un relleno sanitario elaborado bajo el método japonés Fukuoka, y el de Rafey fue la primera experiencia que se realiza en el Caribe. Este método se caracteriza por ser de tipo semiaeróbico lo que facilita la descomposición de los residuos ya separados previamente, (CEDAF, 2015).



CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODO

Este capítulo presenta la metodología utilizada en el trabajo de investigación, seleccionando los métodos que se adecuan a nuestro diseño, empezando por la proyección poblacional y la generación per cápita; así como los criterios evaluados y pasos a seguir en el estudio de selección de área, tal como lo exige GERESA, luego se presentan las fórmulas utilizadas para el diseño del relleno sanitario y la explicación de donde se obtuvieron los datos. Finalmente se describen los materiales y métodos empleados para la experimentación del diseño final a escala piloto y su posterior modelamiento en realidad virtual.

3.1. MATERIALES

Material de vidrio

- Lisímetro de 5L.
- 2 frascos lavadores de gases.

- 1 Embudo.
- 3 envases de vidrio de 1 L.
- 2 Cámaras neubauer.
- 1 pico de ganzo y su filtro HEPA.
- 3 Vasos precipitados de 150 ml.
- 2 Matraces de 50 ml.
- 2 pipetas de 10 ml.

Instrumentación y equipo

- 2 Micropipetas de 0.5-10 µl.
- Soporte de metal.
- Dos bombas de peceras de 2.5W SOBO.
- 1 conductímetro SCHOTT - LF11.
- 1 pHímetro HANNA instruments – pH 213.
- 2 Microscopios.
- 5 Papeles filtros.
- 20 Tubos eppendorf de 1,50 ml.

Otros materiales

- Malla mosquitero 20×20 cm.
- Bolsa plástica 20×20 cm.
- Grava 0,5 kg.
- 2,67 kg de Materia Orgánica.
- 1,44 kg de Materia Inorgánica.
- 1,03 kg de Arena arcillosa.
- 4 Mangueras.
- 3 Tuberías de PVC de ½”.

- 1 Llave de paso para tubería de PVC de ½”.
- 6 L de Agua destilada.
- 1 Vela.
- 1 atomizador de 1 L.
- 1 bandeja de plástico de 10L
- 250 ml de microalga Chlorella.

Softwares

- ArcGIS v10.1 (esri).
- Lumion v2.0 (Act-3D B.V.).
- Archicad v20 (Graphisoft).
- SketchUp v2015 (Trimble Inc.).
- AutoCAD v2016 (Autodesk).

3.2. MÉTODO

PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RR.SS.

En este punto se utilizó el método matemático de la función geométrica para conocer la proyección de la población de Chuquibamba, propuesta en la guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de RR.SS.,(MINAM, 2010b). La información acerca del número de habitantes se tomó de los últimos censos oficiales realizados en el Perú en el año 2007 y 1993, (INEI, 2017).

Se usaron las ecuaciones (1) y (2) del acápite 2.1 (pág. 12). La ecuacion (1) permitió la determinación de la tasa de crecimiento .

$$r = 100 \times \left(\sqrt[n]{\frac{\text{Población final}}{\text{Población inicial}}} - 1 \right)$$

La tasa de crecimiento hallada, se reemplazó en la ecuación (2) para conocer la población del distrito de Chuquibamba para el año 2017.

$$PF = Pi \times (1 + r)^n$$

El incremento anual de la generación per cápita para el año 2017, se determinó mediante la ecuación (3) del acápite 2.2 (pág. 15), para lo cual se tomó el valor de la GPC municipal (0,66 kg/día), del estudio de caracterización de RR.SS. del distrito de Chuquibamba. (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016b).

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

SELECCIÓN DEL ÁREA PARA LA UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DISPOSICIÓN FINAL

UBICACIÓN DEL ÁREA

Se seleccionó un área propuesta por la municipalidad, para poder realizar todos los estudios correspondientes. Fue necesario realizar visitas de campo, en donde se delimitó un área y se georreferenció con un GPS.

PLAN URBANO Y SANEAMIENTO FÍSICO LEGAL DEL TERRENO

Para realizar el saneamiento físico legal del terreno, se realizó una memoria descriptiva del área seleccionada, además de un mapa georreferenciado y un mapa de ubicación, a la vez se emitió un informe de compatibilidad de uso de suelo y un certificado negativo de catastro, ya que esta área no se encontraba dentro del catastro de la Municipalidad de Chuquibamba, el cual estuvo a cargo del área de desarrollo urbano y rural de la Municipalidad.

Luego se presentaron la memoria descriptiva, los planos de los mapas y los trámites necesarios para pedir ante el Ministerio de Cultura el CIRA, al igual que la certificación de punto, línea y polígono relacionados a Áreas Naturales Protegidas ante el SERNANP. A su

vez fue necesario que un profesional acreditado ante CENEPRED realice un informe de riesgos evaluando la vulnerabilidad del área.

Una vez obtenidos los certificados ya mencionados, se procedió a realizar el informe del estudio de selección de área el cual demostró que esta, cumple con los criterios mencionados en la Tabla N° 4 y N° 5 (págs. 19 y 20). Se realizaron mapas con el software ArcGIS v 10.1 (esri).

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

El informe contó con la descripción del medio físico, considerando las características:

- a) Condiciones hidrológicas, se realizó mediante el uso del software ArcGis v 10.1 (esri), generando un buffer donde se determinó la distancia a cuerpos de aguas superficiales.
- b) Condiciones hidrogeológicas, es decir un estudio de agua subterránea para determinar la profundidad de la napa freática, a través de un SEV, realizado por un geofísico.
- c) Topografía, para describir el relieve y la pendiente del área seleccionada, para lo cual un topógrafo realizó una inspección al área.
- d) Geología y Geomorfología, se empleó el boletín geológico del cuadrángulo de Chuquibamba, brindado por INGEMMET, y la visita de un geólogo al área.
- e) Estudio de mecánica de suelos, con el fin de conocer el tipo de suelo, la capacidad portante y la permeabilidad de este, a cargo de un laboratorio de suelos, para lo cual se hicieron calicatas en el área.
- f) Clima, mediante el uso de la data meteorológica de dirección y velocidad de viento de la Estación de Chuquibamba del año 2016 se elaboró una rosa de vientos solicitada a SENAMHI, así como información bibliográfica.
- g) Aptitud productiva, para indagar acerca de la capacidad de uso mayor del terreno se identificó el uso actual de acuerdo al D.S. 017-2009-AG, Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor.

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO

El informe contó con la descripción del medio biológico, considerando las características:

- Zonas de vida, se generó un mapa de zonas de vida mediante el uso del software ArcGis v 10.1 (esri), para determinar de esta manera en cuál de estas se encuentra el área seleccionada.
- Flora, el estudio se realizó por un biólogo especialista, mediante el método del transecto lineal, para estimar la cobertura de especies vegetales y así conocer cómo varía la vegetación de acuerdo con los cambios en los usos de tierra o del medio ambiente. Tal como se muestra en la Fig. 9

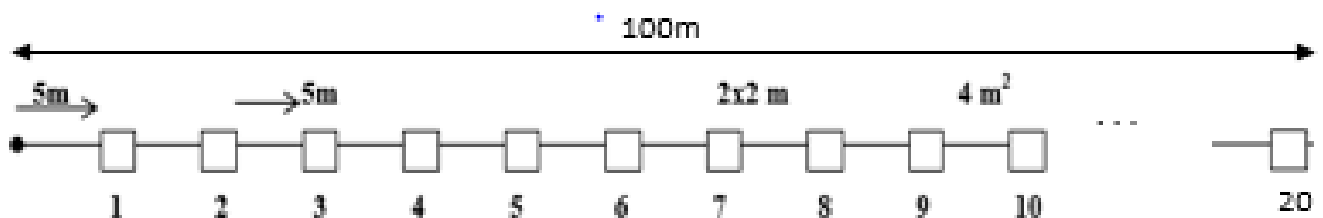


Figura 9: Método del transecto lineal (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

- Fauna, el estudio de fauna lo realizó un biólogo especialista y como aporte se tomaron en cuenta los relatos de los pobladores del lugar, huellas, heces o cualquier otro indicio de la presencia de fauna.

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

Para la descripción del medio socioeconómico, se utilizaron los datos del INEI para evaluar los aspectos de economía, salud y educación del distrito de Chuquibamba.

Participación ciudadana

Se realizaron 60 encuestas, ya que la cantidad mínima de encuestas solicitadas por GERESA es de 50, las cuales deben obtenerse en el área de influencia directa. Esta encuesta, constó de 10 preguntas, basadas en los siguientes rubros:

Rubro 1: Conocimientos acerca de la tecnología de relleno sanitario, lo cual permitió determinar qué cantidad de la población podría estar a favor del proyecto.

Rubro 2: Exigencias para la implementación de un relleno sanitario, ya que la población al conocer que requisitos son necesarios para la construcción del mismo se mostrarán conformes con la iniciativa, debido a que dichas exigencias son hechas en pro de la conservación y protección de la salud y del medio ambiente.

Rubro 3: Opinión favorable sobre las áreas seleccionadas para el proyecto del relleno sanitario, debido a que estas debían estar alejadas y no ser de uso productivo para la población.

Rubro 4: Conformidad con el proyecto y participación ciudadana, con el de determinar si la población está dispuesta a colaborar con la implementación del proyecto.

Se mostraron los resultados a través de gráficas y una vez interpretadas estas, se convocó a una charla informativa dirigida a los pobladores del distrito y se levantó un acta donde constaban los puntos acordados en la misma.

Una vez finalizado el informe, este fue presentado a GERESA, la cual luego de evaluar el informe otorgó la opinión técnica favorable del área para infraestructura de RR.SS.

CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL RSM (Jaramillo, 2002a)

Para calcular el volumen necesario, se usaron las ecuaciones (4) del acápite 2.3 (pág. 22), (5) y (6) del acápite 2.3 (pág. 23), se emplearon las densidades mencionadas en la Tabla N° 6 (pág. 22).

En la ecuación (4) y (5), se empleó el dato de la producción diaria (2308,02 kg/día) extraído del Estudio de Caracterización de RR.SS. del distrito, (Municipalidad Provincial de

Condesuyos, 2016b). Para el cálculo del volumen anual compactado y el volumen anual estabilizado, Dsp se obtiene multiplicando la GPC por el número de habitantes:

$$V_{\text{anual } c} = \frac{D_{\text{sp}}}{D_{\text{rsm}}} \times 365$$

$$V_{\text{anual } e} = \frac{D_{\text{sp}}}{D_{\text{rsm}}} \times 365$$

Para estimar el material de cobertura con que se cubrirán los residuos en el relleno sanitario, se reemplazó el dato de $V_{\text{anual } c}$ en la ecuación (6).

$$MC = V_{\text{anual } c} \times (0.25)$$

Se calculó el volumen del relleno sanitario para el primer año con la ecuación (7) del acápite 2.3 (pág. 23), reemplazando el valor $V_{\text{anual } e}$ y el de material de cobertura hallado en el cálculo anterior.

$$VRS = V_{\text{anual } e} + MC$$

Para calcular el área necesaria para el relleno sanitario, se utilizó la ecuación (8) del acápite 2.3 (pág. 23). En el cual se empleó el dato de VRS.

$$ARS = \frac{VRS}{hRS}$$

Por lo tanto el área total requerida se calculó con la ecuación (9) del acápite 2.3 (pág. 24), en donde se multiplicó el ARS hallada por el factor de aumento:

$$AT = F \times ARS$$

Cálculo de la Vida Útil

Se determinó el área o tamaño mínimo del terreno destinado en función de:

- El total de RR.SS. a disponer.
- La densidad de los RR.SS. estabilizados en el RSM.

- La cantidad del material de cobertura (20-25%) del volumen compactado de RR.SS.
- La cantidad mínima de años que es posible opere un relleno sanitario en Perú.

Selección del Método de construcción del RSM

Se determinó el método de construcción del relleno sanitario que más se adecuaba al área seleccionada y a las condiciones topográficas del sitio, las características del suelo y la profundidad del nivel freático, es decir el más factible, (Jaramillo, 2002a).

Se usaron las ecuaciones (10) y (11) del acápite 2.3 (pág. 25), con la ecuación (10) se determinó el volumen de la zanja a partir de un tiempo de días preestablecidos (90 días) que es el tiempo estimado que debe funcionar una zanja y la cantidad de residuos que recibirá en un día, utilizando los datos hallados en las ecuaciones anteriores.

$$Vz = \frac{t \times Dsr \times C \times MC}{Drsm}$$

Con la ecuación (11) se determinó la cantidad de RR.SS. recolectados y depositados en un día,

$$Dsr d = \frac{Vz}{tz}$$

Usando la ecuación (12) del acápite 2.3 (pág. 26) se realizó el siguiente cálculo para determinar la dimensión de la zanja, basados en el volumen de la zanja:

$$l = \frac{Vz}{a \times hz}$$

Se estimó el número de zanjas que se podrían excavar en el terreno, con la ecuación (13) del acápite 2.3 (pág. 26), siendo el área de la zanja el producto del largo por el ancho de la misma, y el área del terreno obtenida del estudio de selección.

$$n = \frac{At}{F \times Az}$$

Por lo tanto la vida útil del terreno se estimó con la ecuación (14) del acápite 2.3 (pág. 26), colocando el tiempo y el número de zanjas hallados en los cálculos anteriores:

$$Vu = \frac{tz \times n}{365}$$

La cantidad de RR.SS para diseñar la celda diaria se obtuvo a partir de la cantidad de RR.SS. producidos diariamente, con la ecuación (15) del acápite 2.3 (pág. 27).

$$DSrs = \frac{DSp \times 7}{Dhab}$$

Para los siguientes cálculos, se utilizaron las ecuaciones (16), (17) y (18) del acápite 2.3, (pág. 27). Una vez determinado la cantidad de RR.SS. que se va a disponer, se calculó el volumen de la celda diaria, con la ecuación (16).

$$Vc = \frac{DSrs}{Drsc} \times MC$$

La ecuación (17) permitió hallar las dimensiones de la celda, para lo cual se dividió el volumen de la celda entre la altura de la misma.

$$Ac = \frac{Vc}{hc}$$

Finalmente para determinar el largo de la celda, se dividió el área entre el ancho de la celda con la ecuación (18).

$$l = \frac{Ac}{a}$$

Para calcular la generación de lixiviados se utilizó la ecuación (19) del acápite 2.4 (pág. 35), por ello se solicitó la data histórica de precipitaciones de los últimos 30 años de la estación meteorológica de Chuquibamba ante el SENAMHI. Y se utilizó el mes de máxima precipitación (278,3 mm/mes), el dato hallado en ARS se divide entre la cantidad de meses de un año, que es el área a ser cubierta por RR.SS. y para el coeficiente de compactación se

utilizó el dato de rellenos débilmente compactados debido a que nos referimos a un RSM. Se utiliza como factor de conversión el valor de que $1\text{m} = 103\text{ mm}$ debido a que en diseño se trabaja sobre aproximaciones para dejar estrechamientos y o dilataciones.

$$Q_{lm} = P \times A \times K$$

Cálculo de requerimiento energético de las bombas para el suministro de oxígeno a través de aerogeneradores eólicos

Se utilizó una hoja de cálculo para determinar el requerimiento energético de compresores de aire ambiental, para el suministro de oxígeno, el cual se mezcló íntimamente con un flujo de lixiviados para su completo transporte (Anexo 2, pág. 123) con lo cual se permitirá el funcionamiento aerobio del RSM; de otro lado, se calculó la potencia de un aerogenerador para garantizar el suministro energético sustentable y limpio para su completo funcionamiento.

Balance de materia

Se consideró las entradas y salidas del sistema, para lo cual se utilizó una hoja de cálculo para determinar la masa inicial y la acumulación de las mismas a lo largo de la vida útil del relleno sanitario, a través del siguiente diagrama que se presenta en la Fig. 10.



Figura 10: Diagrama del balance de materia del RSM

Controles a considerar en el diseño

En el diseño se consideró la implementación de un sistema de control de:

- Incendios
- Lixiviados
- Estabilidad y hundimiento
- Aguas de lluvia
- Olores
- Vectores y animales
- Plástico y papeles

Para evaluar la eficiencia del RSM se consideraron indicadores ambientales sociales y económicos.

Seguimiento o monitoreo

Los monitoreos se establecerán según la línea base que se elabore en la Declaración de Impacto Ambiental, sin embargo se considera el monitoreo de lixiviados, gases, agua subterránea y agua superficial de la misma forma quedan establecidos los parámetros a monitorear, los puntos de monitoreo y la frecuencia del mismo.

Análisis de Costos

Se estimó un presupuesto base en relación a la capacidad calculada del RSM considerando obras de ingeniería y sanitarias para la ejecución del RSM tomando como referencia los gastos realizados en rellenos sanitarios de una dimensión semejante, (Municipalidad Distrital de Ubinas, 2017; Municipalidad Provincial de Caravelí, 2015).

DISEÑO EXPERIMENTAL DEL RSM

Simulación de la celda del RSM a escala de laboratorio

Se simuló el tratamiento de los RR.SS. en un RSM mediante un lisímetro, el cual representó el comportamiento de una de las celdas del relleno, para dimensionarlo se utilizó la ecuación (10) del acápite 2.3 (pág. 25), (Aguilar, 2008; Espinace, 2003). Como lisímetro se utilizó una damajuana de capacidad de 5 L, la parte de la boquilla de la damajuana fue el fondo del relleno sanitario y este fue cubierto con una malla mosquitero que permitió el escurrimiento del lixiviado e impidió el paso de materiales gruesos, ya que el fondo debe ser impermeabilizado, se empleó una bolsa plástica cuya función es similar a la de una geomembrana, además se utilizó grava de la zona, la cual permitió el drenaje de lixiviado por la boquilla del lisímetro. En la boquilla del lisímetro se colocó una tubería de PVC de ½" con su respectiva llave de paso para el control y drenaje de los lixiviados. Se utilizó un soporte de metal para contener el lisímetro,

Posteriormente, se realizó el llenado del lisímetro con RR.SS. y estos fueron compactados, de acuerdo a los porcentajes hallados en el estudio de caracterización de RR.SS., se empleó el suelo de la zona como material de cobertura. En la parte superior del lisímetro se instalaron dos tuberías de PVC de ½", una para el drenaje de gases, y la segunda para la recirculación de lixiviados. Como se muestra en la Fig. 11.

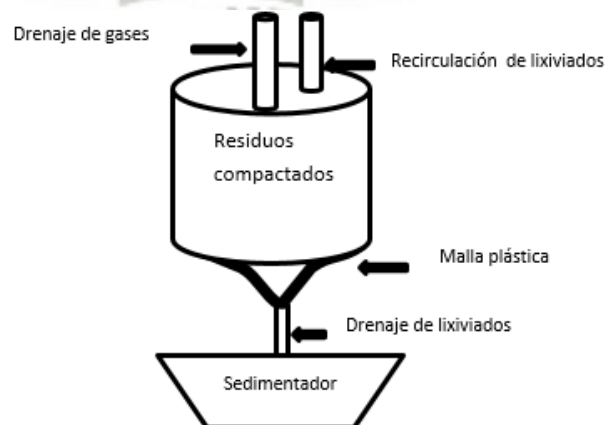


Figura 11: Diseño del sistema de tratamiento a escala piloto

Tratamiento aeróbico en el lisímetro

Una vez finalizado la simulación del sistema, fue llevado a la intemperie. Con el fin de darle un tratamiento aeróbico a los residuos compactados, se inyectó aire diariamente, una hora en la mañana y otra en la tarde a través de dos bombas de peceras de 3 L/min con una potencia de 2.5 W marca SOBO. Con el fin de brindar aire y humedad a la vez estas bombas estuvieron conectadas por mangueras a frascos lavadores de gases con agua y el aire ingresó al relleno a través de las tuberías de drenaje de gases y la de recirculación de lixiviados.

Simulación del agua de lluvia

Se simularon las condiciones meteorológicas del distrito de Chuquibamba en el laboratorio, para ello se consideró el mes de máxima precipitación de la data histórica obtenida del SENAMHI, se utilizó para simular el agua de lluvia, agua destilada acidificada con CO₂; para añadir este gas se empleó una manguera conectada por un extremo a un embudo, el cual entró en contacto con una llama de fuego, por el otro extremo la manguera estuvo conectada a una botella de agua destilada. Una vez acidificada el agua, esta se vertió a un atomizador para ser echada al lisímetro.

Obtención de lixiviados

En un principio el lixiviado producido por la descomposición de los RR.SS. antes de la simulación de la precipitación fue liberado a través de la llave de paso y recirculado.

Conforme se agregó el agua del atomizador al lisímetro, la cantidad de lixiviado fue aumentado y la llave de paso se abrió de manera permanente, permitiendo que este caiga en una bandeja de plástico, cuya función era la de un sedimentador.

Tratamiento del lixiviado a través de la microalga *Chlorella vulgaris*

Se tomó una muestra del lixiviado obtenido y se midieron los parámetros de: Sólidos Totales Disueltos (TDS), Conductividad Eléctrica (CE) y pH, mediante un conductímetro y un pHímetro respectivamente. Para el cálculo de los parámetros de DBO₅ y DQO se emplearon los servicios del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María, acreditado ante INACAL.

Una vez obtenido los resultados, se procedió al tratamiento del lixiviado por la microalga *Chlorella vulgaris*, debido a su capacidad de remoción y a su facilidad adquisitiva, (Guerra et al., 2015; Cabrera & Pulla, 2014).

El tratamiento se hizo en un bioreactor, el cual estuvo basado en el consumo del lixiviado por la microalga. Se colocaron 250 ml de *Chlorella* en el bioreactor, el cual fue protegido por un pico de ganzo y su filtro HEPA colocados en un tapón de jebe, de esta forma se evitó el ingreso de otros microorganismos. Diariamente, se alimentó el bioreactor con 25 ml de lixiviado a manera de adaptación, hasta que la microalga fue inhibida por el lixiviado. Simulando las condiciones naturales el bioreactor estuvo expuesto a horas de sol como de sombra.

En tubos eppendorf de 1,50 ml, se tomaron muestras de 1 ml de la solución, luego de haber añadido el lixiviado, y fueron conservados mediante refrigeración hasta su análisis en laboratorio.

Recuento celular de algas

Para realizar el recuento celular se utilizó la cámara de Neubauer, una propipeta de 0,50-10 µl y se hizo una disolución de 1/100 con agua destilada. Las muestras se observaron en el microscopio a un objetivo de 40x, para realizar el conteo, se emplearon los cuatro cuadrantes de la cámara, como se muestra en la Fig. 12:

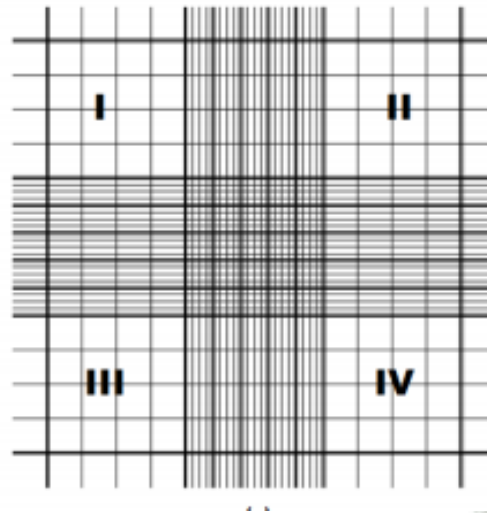


Figura 12: Conteo de 4 cuadrículas

Para el recuento celular se adaptó el modelo empleado en la investigación Aislamiento y Caracterización de las Principales Microalgas Presentes en el Sistema Hidropónico del Tipo Raíz Flotante para lo cual se empleó la ecuación 20 que se muestra a continuación, (Cáceres, 2009).

$$N^{\circ} \text{células} = C * D \quad (20)$$

Donde:

C: Promedio de células contadas

D: Dilución utilizada

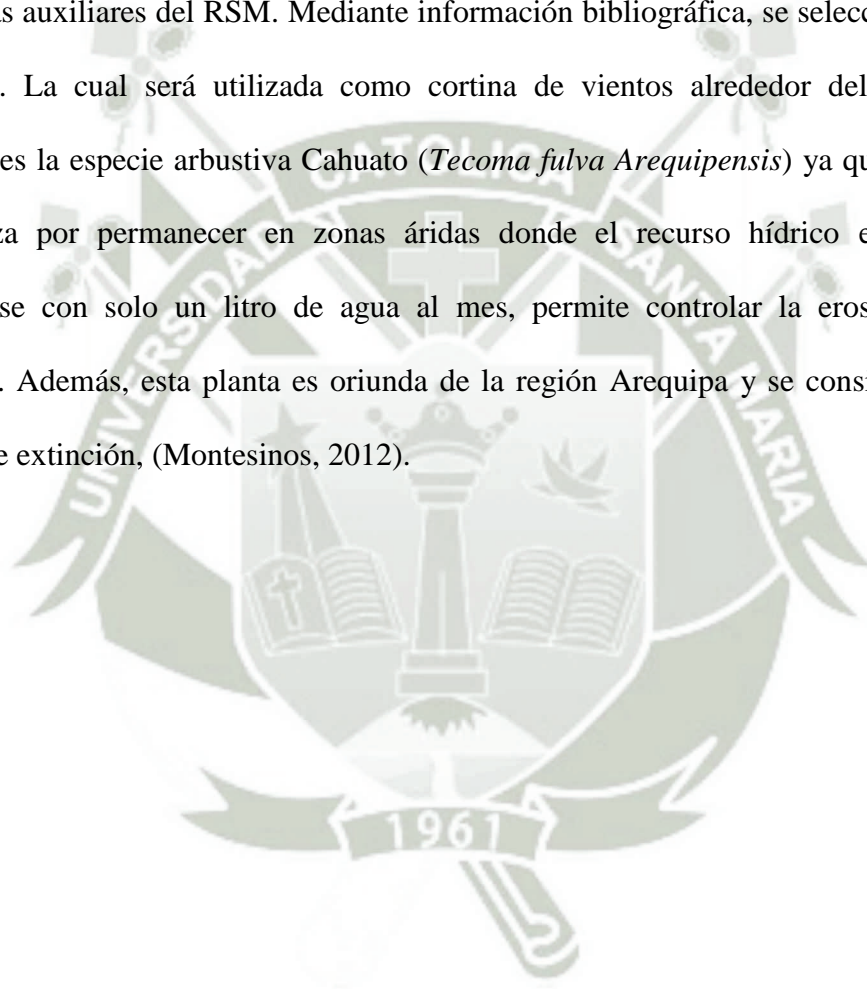
Análisis final del lixiviado

Una vez finalizado el tratamiento, la solución del bioreactor se filtró con papel filtro lento, del líquido filtrado se obtuvo una muestra representativa para realizar la medición de los mismos parámetros evaluados en la muestra inicial y poder compararlos.

Simulación en 3D

Se presentó un plano en 2D de la distribución de las áreas del RSM con el software AutoCAD v2016. Para la animación 3D se empleó Archicad v20 que es un software CAD de

modelado de información de construcción, el cual permitió el diseño paramétrico de los elementos, además con el software Lumion v2.0 que sirve para modelar y representar escenarios a través de imágenes fijas o animaciones (renders) o incluso como medio de paseo en tiempo real, de esta forma se realizaron los detalles finales del modelado, acabados, se renderizó y se realizó la animación con ayuda del software SketchUP v2015. Mediante estos softwares se mostró la distribución de las zanjas, los drenajes de lluvia, lixiviados (espina de pescado) y de gases, así mismo se mostraron la distribución de las bombas, el aerogenerador y las áreas auxiliares del RSM. Mediante información bibliográfica, se seleccionó una especie adecuada. La cual será utilizada como cortina de vientos alrededor del relleno, la más tentativa es la especie arbustiva Cahuato (*Tecoma fulva Arequipensis*) ya que esta especie se caracteriza por permanecer en zonas áridas donde el recurso hídrico es escaso, puede mantenerse con solo un litro de agua al mes, permite controlar la erosión y retener la humedad. Además, esta planta es oriunda de la región Arequipa y se considera que está en peligro de extinción, (Montesinos, 2012).



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El siguiente capítulo presenta los resultados obtenidos luego de haber realizado los cálculos de proyección de la población y generación per cápita de los RR.SS. Así mismo se presentan los resultados obtenidos mediante el Estudio de Selección de Área y el análisis de los mismos. Como punto siguiente se presentan los cálculos que fueron realizados para dimensionar el relleno sanitario y como puntos finales los resultados que se obtuvieron luego de la experimentación y el diseño final del relleno sanitario mediante una simulación 3D.

4.1. PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RR.SS.

Se utilizó el método matemático de la función geométrica para conocer la proyección de la población de Chuquibamba. En el último Censo realizado en el Perú el 2007, Chuquibamba contaba con una población de 3618 habitantes y en el de 1993 con 3797 habitantes, (INEI, 2017).

Usando las ecuaciones (1) y (2) del acápite 2.1 (pág. 12) se obtuvo:

$$r = -0,34\%$$

La tasa de crecimiento poblacional para el distrito de Chuquibambaba es de carácter negativo, lo que indica la tendencia a disminuir de la población, esto debido a que el flujo de migraciones es mayor que el de inmigraciones, (INEI, 2017).

$$PF = 3497 \text{ hab.}$$

Como se puede ver en el resultado obtenido, la población final para el año 2017 es de 3497 hab. Este resultado muestra que la población, ha disminuido a lo largo de los años.

La GPC domiciliaria del distrito de Chuquibamba para el año 2016 es de 0,56 kg/hab/día y la GPC municipal es de 0,66 kg/día (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016b).

Con dichos valores se determinó el incremento anual de la generación per cápita para el año 2017, mediante la ecuación (3) del acápite 2.2 (pág. 15):

$$Gpf(2017) = 0,66 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}}$$

A continuación se presenta una proyección de la población en los próximos 10 años, Tabla 8

Tabla 8: Proyección de la población y GPC municipal del distrito de Chuquibamba

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Población (hab.)	3497	3485	3473	3461	3450	3438	3426	3414	3403	3391	3380
GPC mun. (Kg/día)	0,66	0,67	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73

Como se observa en la tabla anterior si bien la tasa de crecimiento poblacional disminuye a lo largo de los años, la generación per cápita de los RR.SS. aumenta, esto se debe a que, como se mencionó anteriormente, con el desarrollo y el crecimiento urbano y comercial de la población los índices de producción aumentan por lo que se recomienda calcular la

producción per cápita total para cada año, con un incremento de entre 0,5 y 1% anual, (MINAM, 2010b; Alonso et al., 2003; Jaramillo, 2002b).

4.2. ÁREA SELECCIONADA PARA LA UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DISPOSICIÓN FINAL

El área seleccionada para la ubicación del relleno sanitario contó con la opinión favorable de GERESA y presenta las siguientes características de acuerdo con los resultados obtenidos según los criterios evaluados.

UBICACIÓN DEL ÁREA

- Distrito: Chuquibamba
- Provincia: Condesuyos
- Departamento: Arequipa
- Región: Arequipa

El área seleccionada es un terreno eriazos del Estado ubicado al noreste del Cerro Murcopata a 0,3 km, se ingresa a través de la carretera Chuquibamba-Pachana Km 7,5. El tiempo de recorrido desde la plaza principal de Chuquibamba es de 20 min. La Fig. 13 presenta el área que fue seleccionada para la instalación del relleno sanitario.



Figura 13: Vista panorámica del área seleccionada

Coordenadas UTM de referencia:

- Datum: World Geodesic System, Datum 1984-WGS 84.
- Proyección: Universal Transversal Mercator, UTM.
- Zona UTM: 18s Cuadrícula: K

El área cuenta con una extensión de 1,16341 Hás., con un perímetro de 434,38 ml. (Anexo 4 pág. 115).

La Tabla 9 muestra la ubicación de los puntos que delimitan el perímetro del área seleccionada.

Tabla 9: Coordenadas del polígono seleccionado

Vértice o PK	Lado o Tramo	Este	Norte	Distancia Parcial
P1	P1-P2	750666,2281	8240398,3431	98,32
P2	P2-P3	750746,8089	8240342,0153	84,56
P3	P3-P4	750767,8484	8240260,1126	66,99
P4	P4-P5	750701,0233	8240255,3987	83,85
P5	P5-P1	750632,3766	8240303,5432	100,66

PLAN URBANO Y SANEAMIENTO FÍSICO LEGAL DEL TERRENO

El área seleccionada según los informes emitidos por las entidades correspondientes no se encuentra dentro de:

- Áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad, para lo cual se obtuvo el certificado de compatibilidad de uso de suelo y un certificado negativo de catastro, ya que está área no se encuentra dentro del catastro de la Municipalidad. (Anexo 5 y 6, págs. 126 y 127 respectivamente) .
- Áreas naturales protegidas por el Estado: Se obtuvo opinión favorable de SERNANP, (SERNANP, 2016). (Anexo 8, pág. 129).
- Áreas vulnerables a desastres naturales y zonas arqueológicas: El informe de riesgos otorgado por un profesional de CENEPRED lo califica como moderado, (Linares, 2017). (Anexo 7, pág. 128).
- Se obtuvo el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA), (Ministerio de Cultura, 2017). (Anexo 9, pág. 130).

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

Las condiciones del medio físico se describen a continuación

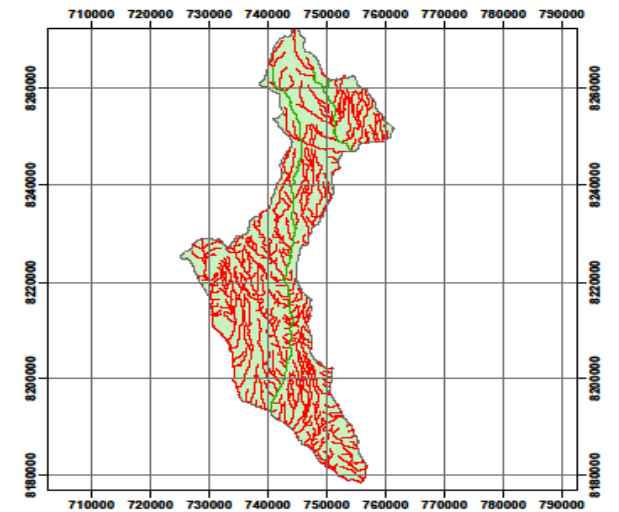
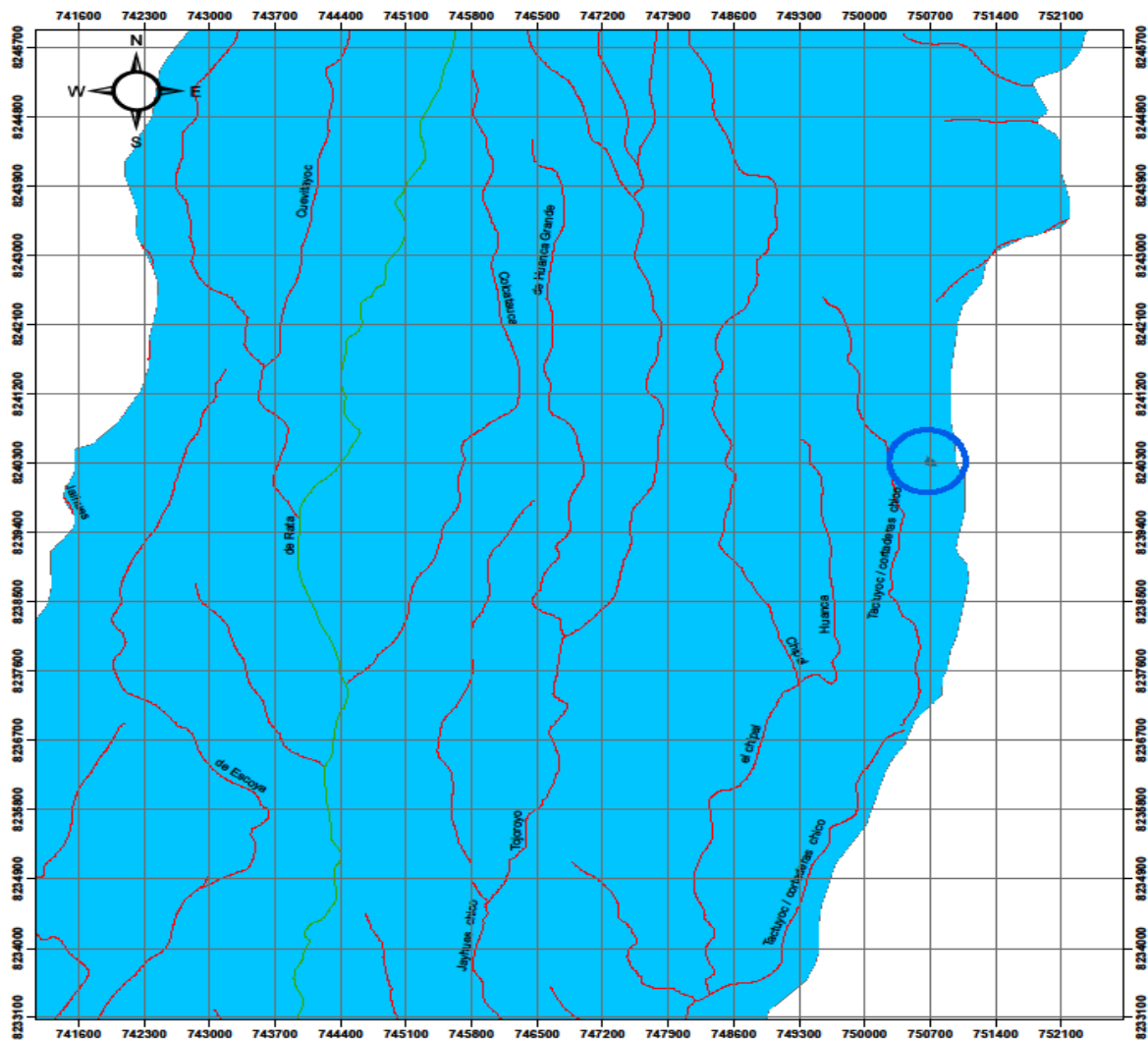
a) CONDICIONES HIDROLÓGICAS

Los ríos que se encuentran en Chuquibamba, pertenecen a la cuenca hidrográfica del Pacífico y tienen un régimen estacional. El río que recorre todo el distrito de Chuquibamba, tiene su origen en los deshielos del Coropuna formando el río Blanco que al ingreso a Chuquibamba se denomina río Grande.

En la Fig. 14 se muestra que el área seleccionada para el relleno sanitario, se encuentra a más de 0,5 km de la quebrada Tactayoc, que es la más cercana, y a más de 4 km de los ríos conocidos como la Rata y Grande. Según los criterios de selección y restricción, los ríos

deben estar ubicados a más de 500 m de distancia del área seleccionada (MINAM, 2016b), y como se aprecia en el mapa, el área seleccionada no se encuentra cercana a ríos, lo que permite evitar la contaminación y alteración a cuerpos de agua superficiales





MAPA HIDROLÓGICO DE CHUQUIBAMBA

1:50,000

Leyenda

HIDROGRAFIA

CLASE

- Quebrada
- Río

ÁREA SELECCIONADA

RELLENO SANITARIO CHUQUIBAMBA	
MAPA HIDROLÓGICO DEL PROYECTO	
COORDENADAS UTM 18 S WGS 84	REGIÓN: AREQUIPA PROVINCIA: CONDESUYOS DISTRITO: CHUQUIBAMBA

Figura 14: Mapa hidrológico del proyecto

b) Condiciones Hidrogeológicas

Se realizó un estudio de aguas subterráneas del lugar, mediante el Sondeo Eléctrico Vertical se determinó la existencia de 03 horizontes geoeléctricos y que superficialmente la estructura presenta contenido de humedad hasta los 3,7 m, a partir de está no presenta contenido de humedad. La profundidad teórica de S.E.V fue de 100 m, no encontrándose presencia de aguas subterráneas (Campano, 2017). Se preferirá el uso de aquellas zonas donde las aguas subterráneas se encuentren a una profundidad mayor de 3 m de la base del área, debido a que se puede producir contaminación a las aguas subterráneas, alterando su calidad (MINAM, 2016b).

c) Topografía y Geomorfología

En la región el relieve muestra características propias de zonas altas cordilleranas. Las geoformas del área son suaves a moderadas en su mayor parte y agreste en los valles.

El modelado es el resultado de la influencia decisiva de los procesos volcánicos sucedidos casi durante todo el Terciario y en los procesos tectónicos que han ocasionado el alzamiento y hundimiento de bloques. La denudación fluvial probablemente Pre-Barroso, así como la actividad volcánica del cuaternario han controlado la morfología actual, esto ha permitido diferenciar seis unidades geomorfológicas que son: Casquete de Nieves Perpetuas, conos volcánicos, Altiplanicie, Superficie Huaylillas, Laderas disectadas y Valles.

Las altitudes varían entre 1200 y 2400 m.s.n.m. El área seleccionada cuenta con una pendiente de 3°, (Campano, 2017; INGEMMET, 2016; INGEVIAL, 2016).

Ya que el relieve de la zona no presenta una pendiente pronunciada y la zona del área no es muy accidentada, se considera que es una zona apta para la construcción de un relleno sanitario.

d) Geología

Haciendo referencia al boletín geológico del cuadrángulo de Chuquibamba, la zona de estudio pertenece a la Formación Huaylillas, esta unidad se encuentra principalmente en este cuadrángulo hacia el flanco pacífico, formando extensas pampas cuya superficie es subhorizontal con una inclinación hacia el sur, las rocas que constituyen esta unidad son esencialmente piroclásticas, compuestas por tobas dacíticas, y riolíticas de color grisáceo a blanco amarillento. El área seleccionada se encuentra alejada de las fallas geológicas pertenecientes al área del cuadrángulo de Chuquibamba, (Campano, 2017; INGEMMET, 2016; INGEVIAL, 2016).

Se tuvo preferencia por esta área, debido a que presenta condiciones geológicas favorables del subsuelo y además está ubicada lejos de las fallas geológicas que son inestables y suponen un riesgo en cuanto a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos.

e) Mecánica de suelos

Mediante el estudio de mecánica de suelos se pudo determinar, que el terreno está compuesto por dos estratos cubiertos de un top soil orgánico de color marrón oscuro de baja densidad. En el informe se mostraron los resultados de la clasificación del suelo según su compacidad, las fracciones granulométricas del suelo, la clasificación del suelo, a través de sus límites de consistencia, las propiedades de fase del suelo: como la gravedad específica, densidad natural, grado de saturación y las características mecánicas de este como el ángulo de fricción, cohesión y densidad relativa.

Se determinó que el suelo en estudio es Arena Arcillosa (SC), véase Tabla 10, que tiene un coeficiente de permeabilidad de 0,001 cm/s, lo que significa que presenta velocidades regulares de drenaje interno muy bajas, por lo tanto el suelo presenta una permeabilidad favorable para la retención de los lixiviados como se aprecia en la Tabla 11 . A su vez se

determinó la capacidad portante para cimentación, dando como resultado admisible de 3,34 kg/cm². También se realizó el ensayo de contenido de humedad, dando como resultado un promedio de 9,44 %.

Según los resultados obtenidos por laboratorio se considera que las características mecánicas del suelo y su baja permeabilidad hacen viable la ejecución del proyecto, (INGEOVIAL, 2016).

Tabla 10: Resultados de fracciones granulométricas del suelo¹

PUNTO	ESTRATO	PROFUNDIDAD	FRACCIONES		
			GRAVA	ARENA	FINOS
			(%)	(%)	(%)
C-1	EST-1	0,80m.	22,42	59,42	18,17
C-1	EST-1	2,27m.	52,40	28,87	8,73
C-2	EST-1	0,86m.	18,94	68,39	12,67
C-2	EST-1	2,50m.	47,40	38,74	13,86

¹(INGEOVIAL,2016)

En la Fig. 15 se muestra la composición granulométrica de los puntos muestreados

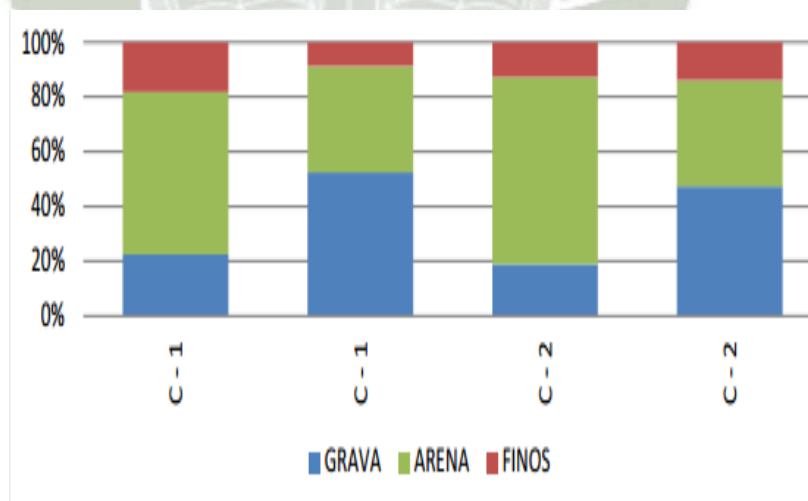


Figura 15: Resultados de fracciones granulométricas del suelo. (INGEOVIAL, 2016)

El área seleccionada cuenta con material de cobertura suficiente y de fácil extracción, el mismo que se ubica dentro del área evaluada, siendo material areno-arcilloso y está disponible durante la vida útil de la infraestructura sanitaria para RR.SS.

Tabla 11: Coeficiente de permeabilidad de suelos¹

TIPO DE SUELO	SUCS	k (cm/s)
Grava mal gradada	GP	>1
Grava uniforme	GP	0,2-1
Grava bien gradada	GP	0,05-0,3
Arena uniforme	SP	5×10^{-3} -0,2
Arena bien gradada	SW	10×10^{-3} -0,1
Arena limosa	SM	10^{-3} - 5×10^{-3}
Arena arcillosa	SC	10^{-4} - 10^{-3}
Limo de baja plasticidad	ML	5×10^{-4} – 10^{-4}
Arcilla de baja plasticidad	CL	10^{-5} – 10^{-8}

¹Darcy, 1970

a) Clima

Es necesario considerar la meteorología del lugar en la selección del área (anexo 14). El clima está regido por los cambios estacionales, la estación lluviosa está comprendida entre los meses de Diciembre y Abril, la temperatura fluctúa entre 0°C y 10°C y en los valles la temperatura es mayor a 10°C, pero entre Junio y Agosto como consecuencia de la estación invernal la temperatura es inferior a 0°C.

En Chuquibamba, en las primeras horas del día la dirección del viento es de Sureste (SE), al igual que el mediodía, y en horas de la noche la dirección del viento es de Noroeste (NW) como se muestra en la Tabla 12, (SENAMHI, 2016).

Tabla 12: Dirección y velocidad del viento Distrito de Chuquibamba¹

AÑO	Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviembre
2016	Dirección	W	W	W	W	NW	NW	NW	NW	W	W	W
	Velocidad	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0
	(m/s).											

¹(SENAMHI, 2016) .

En la Fig. 16 se presenta la dirección de los vientos mediante una rosa de vientos

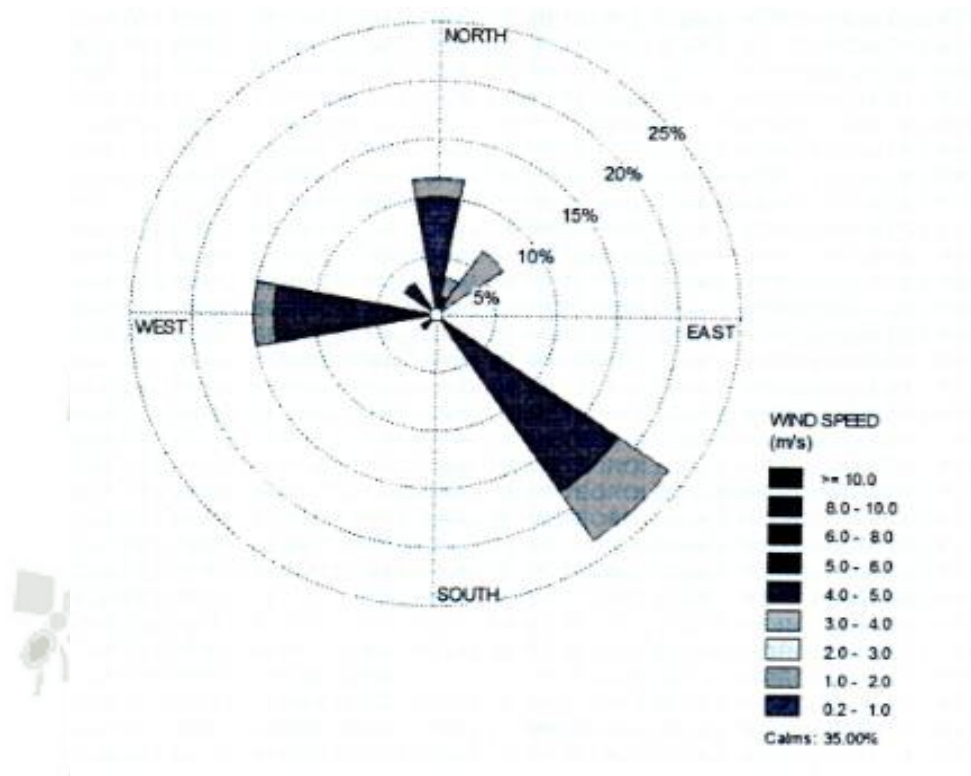


Figura 16: Rosa de viento. (Senamhi, 2016)

La dirección predominante de los vientos está orientada en sentido contrario a la zona urbana o poblaciones cercanas tal como se muestra en la Fig. 17.

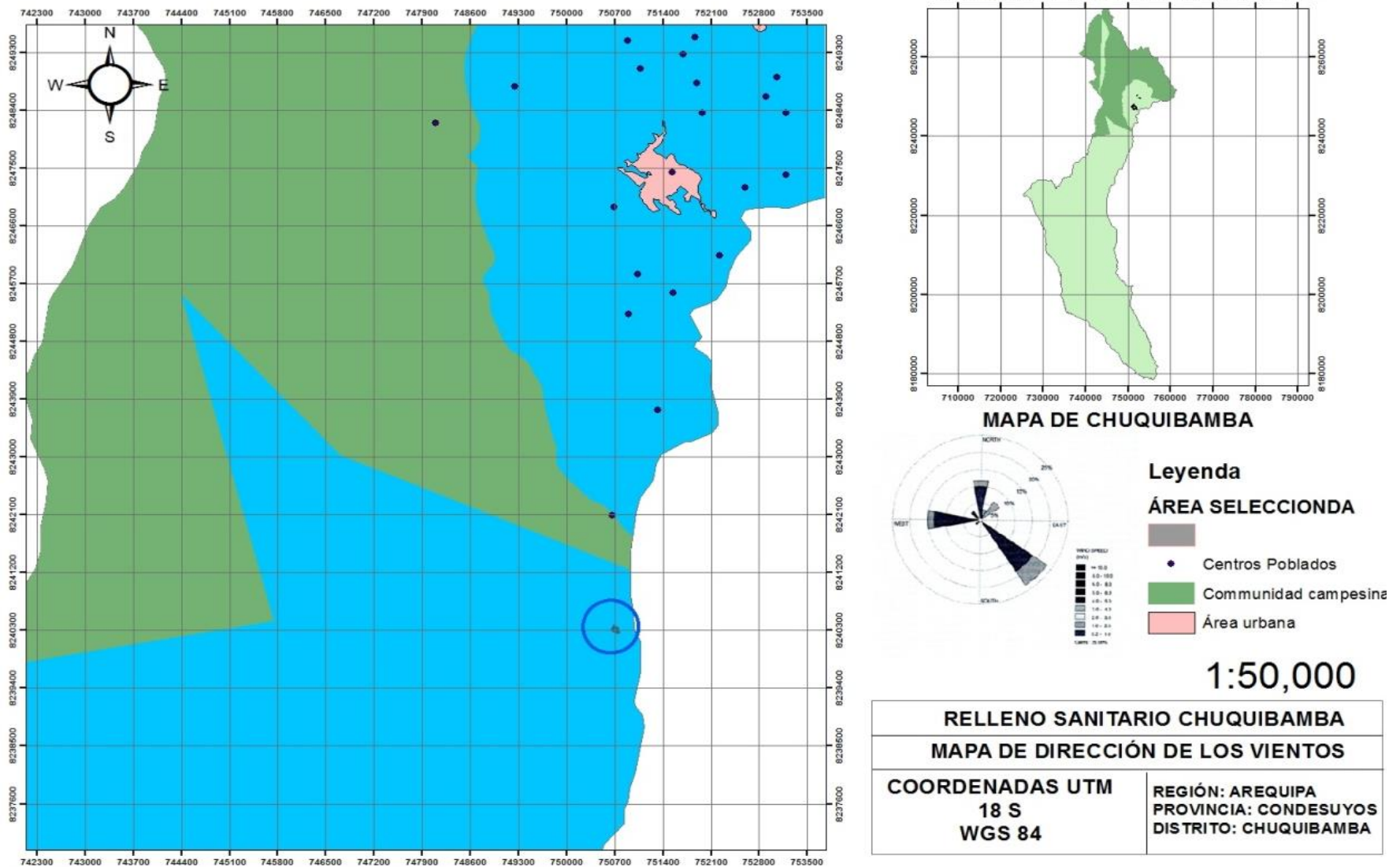


Figura 17 : Mapa de dirección de vientos del área seleccionada respecto a la población.

Tal como se muestra en el mapa anterior, la dirección del viento predominantes es SE en el día, lo que significa que es contrario a la ubicación de la población más cercana y se podrán evitar enfermedades en la población y que la emisión de olores, cause molestias en esta, (MINAM, 2016B).

b) Aptitud Productiva

Esta área según el D.S. 017-2009-AG, Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, puede ser considerada como:

Tierras de Protección (Símbolo X)

Están constituidas por tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve mínimas requeridas para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes, pastos o producción forestal. En este sentido, las limitaciones o impedimentos tan severos de orden climático, edáfico y de relieve determinan que estas tierras sean declaradas de protección.

En este grupo se incluyen, los escenarios glaciáricos (nevados), formaciones líticas, tierras con cárcavas, zonas urbanas, zonas mineras, playas de Litoral, centros arqueológicos, ruinas, cauces de ríos y quebradas, cuerpos de agua (Lagunas) y otros no diferenciados.

Según su importancia económica pueden ser destinadas para producción minera, energética, fósiles, hidroenergía, vida silvestre, valores escénicos y culturales, recreativos, turismo, científico y otros que contribuyen al beneficio del Estado, social y privado (MINAGRI, 2009). Debido a estas características, se considera que el área seleccionada es apta para ser empleada para la construcción del relleno sanitario.

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO

a) Zonas de vida

Las zonas de vida que más predominan en el Distrito son:

- Estepa Espinoso Montano Bajo Subtropical
- Desértico perárido Montano Bajo Subtropical
- Matorral desértico Montano Bajo Subtropical
- Estepa Montano Subtropical
- Matorral desértico Montano Subtropical

El área seleccionada se encuentra ubicada en la zona de vida Estepa Espinoso Montano Bajo Subtropical como se muestra en la Fig. 18. Esta zona se distribuye en la porción media de las vertientes occidentales y en ciertos valles interandinos, entre 2,000 y 3,100 msnm. Su relieve topográfico es predominantemente empinado, ya que ocupa las laderas y las paredes de los valles interandinos. Las especies vegetales indicadoras de esta zona son: la “tuna”, “chamana” y el “molle”, en los lugares un poco más abrigados. Entre las gramíneas destacan los géneros *Stipa*, *Melica*, *Adropogon*, *Eragrostis* y *Penisetum*, (Julca et al., 2011).



Figura 18: Mapa Zonas de vida del Distrito de Chuquibamba

b) Flora

Utilizando el método del transecto lineal, se determinó que la flora característica del área seleccionada son, en su mayoría plantas del tipo xerófitas, las cuáles están adaptadas a la escasez de agua y a las condiciones de radiación de la zona. Véase la Tabla 13.

La técnica empleada permitió un óptimo acceso al área de muestreo, y fue muy flexible ya que no fue necesario ajustar el tamaño de la unidad muestral, (Mostacedo & Fredericksen, 2000).



Tabla 13: Galería de fotos de la flora característica de la zona

Bacchaeris sp.



Grindelia glutinosa



Nototriche compacta



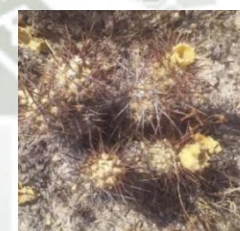
Tagetes multiflora



Corryocactus brevistylus



Cumulopuntia sphaerica



Weberbaueria sp.



Festuca rigescens



Plantago linearis



c) Fauna

Gracias a un recorrido por la zona, y a los relatos de los pobladores, se pudieron conocer las principales especies.

Se pudo observar insectos característicos de la zona, así como heces de zorro y de vaca/ toro, este último al igual que el guanaco, se encontraban en el área por pastoreo tal como se muestra en la Fig. 19.



Figura 19: Huella artiodáctila de *Lama guanicoe* (guanaco)

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO SOCIO ECONÓMICO

Estructura de la Población

La provincia de Condesuyos, con su capital la ciudad de Chuquibamba, ubicada en la sierra peruana, considerada en el grupo de provincias altas, pueblos en extrema pobreza, etc; presenta las características propias de los pueblos ubicados en las cuencas naturales de los ríos que integran el sistema de drenaje de la cordillera occidental y desembocan en el Océano Pacífico atravesando la faja costanera.

En la Tabla 14 se muestran las características demográficas de la provincia de Condesuyos

Tabla 14: Demografía de Condesuyos al 2005 ¹

PROVINCIA DISTRITOS	ALTITUD msnm.	SUPERFICIE Km ²	POBLACION 2005	DENSIDAD POBLACIONAL Hab. X Km ²
CONDESUYOS		304,663.8	18,963	6
1. Chuquibamba	2,945	16,052.91	4,123	27
2. Iray	2,400	673.74	812	120
3. Andaray	3,050	43,436.86	808	2
4. Yanaquihua	3,000	59,095.75	4,551	8
5. Cayarani	3,920	64,702.33	2,623	4
6. Salamanca	3,203	108,089.10	1,257	1
7. Chichas	2,120	11,772.94	904	8
8. Río Grande	505	845.26	3,885	460

¹(INEI, 2007)

La apreciación del cuadro precedente permite distinguir la predominancia de poblaciones alto andinas, con la sola excepción del distrito de Río Grande. Por el número de habitantes relacionado con el coeficiente de densidad poblacional se observa una aparente sub utilización o baja ocupación del territorio, que contrasta con los bajos porcentajes de PEA de c/u de los distritos en promedio, equivalentes al 28,00% de la población total, evidenciando una escasa ocupación laboral de la misma. La población está distribuida en zona urbana rural (51,00 %) y rural (49,00%); del total de la población el 49,50 % corresponde a mujeres y el 50,50 % a varones, presenta una baja tasa de crecimiento en los últimos años (0,10 %), destacándose que hay un mayor flujo de migración que de inmigración.

Características de la vivienda.- En la Provincia de Condesuyos el 39,90% de la población vive en la zona urbana y el 60,10% habita en la zona rural lo cual indica que es una provincia rural, de la totalidad de viviendas el 44,60% son de material de adobe, el 13,00% son de ladrillos y el resto de piedra y madera. En el 48,10% de las viviendas el abastecimiento de agua es por medio de una red pública dentro de la vivienda o fuera de la vivienda, algunas viviendas tienen pilón de uso público y el resto de las viviendas se abastecen con camión

cisterna, agua de río, acequia o manantial, el 55,60% de las viviendas no cuenta con un servicio higiénico el resto está conectado a desagüe dentro de la vivienda y letrinas. Del mismo modo, considerando los resultados del Informe del Índice de Desarrollo Humano Distrital del PNUD del año 2007, podemos establecer los siguientes indicadores:

IDH: El IDH del distrito de Chuquibamba es de 0,61 ocupando en el 2007, el lugar 324 en el ranking de distritos que establece el Índice de Desarrollo Humano del PNUD - 2007, entre los 1830 distritos del país.

Esperanza de vida al nacer: En lo que respecta a la esperanza de vida al nacer, se cuenta con información específica para el Distrito de Chuquibamba, según información del año 2007 en 72,16 años de vida.

Ingreso Familiar Per Cápita: Se cuenta con un promedio del Ingreso Per cápita mensual por familia en el distrito de Chuquibamba de S/. 323,10 nuevos soles, ubicándose en el puesto 269 a nivel del total de distritos a nivel nacional.

Aspectos económicos

En la Provincia de Condesuyos el 51,60% es población económicamente activa; es decir todas las personas en edad de trabajar, que se encuentran ejerciendo o buscando algún puesto de trabajo en la actualidad y el 48,4% es población económicamente no activa, entre ellos están las personas niños y población de 65 años a mas, del total de la población económicamente activa el 48,40% es población ocupada que realiza alguna actividad trabajar o estudiar y el 3,20% es población que se encuentra desocupada sin realizar ninguna actividad.

Aspectos de Salud

Las condiciones de salud de la población en general están determinadas por diversos elementos entre ellos el clima frígido, las condiciones materiales de existencia, estas últimas referidas a la ubicación de la vivienda, tipo y material de la misma, servicios básicos: agua,

luz y saneamiento, etc. En el caso de los distritos de Condesuyos, casi en su totalidad población rural o urbano-rural, las condiciones de vida de la población se han venido deteriorando debido a los problemas generados por la economía regional, expresado en la emigración por falta de oportunidades de empleo y una significativa disminución en los ingresos familiares.

PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Se realizaron 60 encuestas a los pobladores de la zona, las cuales consistieron de tres preguntas cerradas y seis abiertas (Anexo 10, pág. 131), para conocer la opinión de la población, de cada una se pudo obtener los siguientes resultados, como se muestra en las siguientes figuras:

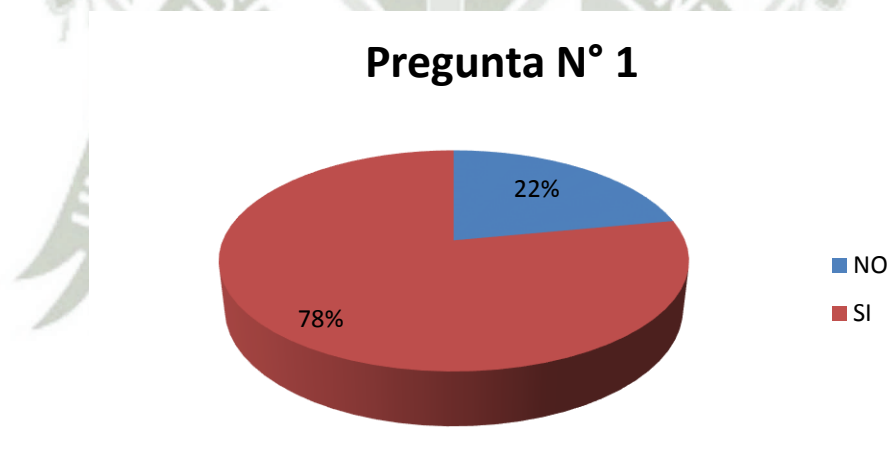


Figura 20: Porcentaje de personas encuestadas que tienen conocimiento sobre lo que es un relleno sanitario

El 78 % de los encuestados si tienen conocimiento de lo que significa un relleno sanitario y un 22% desconoce el significado de este.

Pregunta N° 2

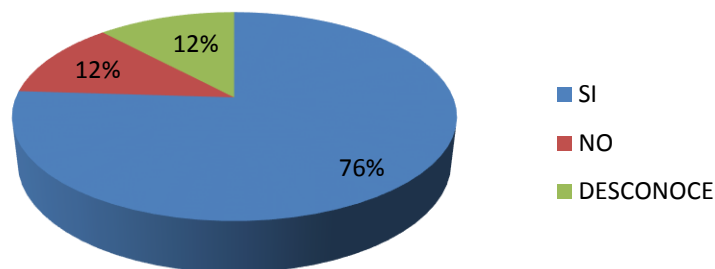


Figura 21: Porcentaje de personas encuestadas que piensan que un relleno sanitario contamina menos que un botadero

Solo el 76% piensa que el relleno sanitario contamina menos que un botadero, el otro 24% piensa lo contrario debido a que desconoce del tema.

Pregunta N° 3

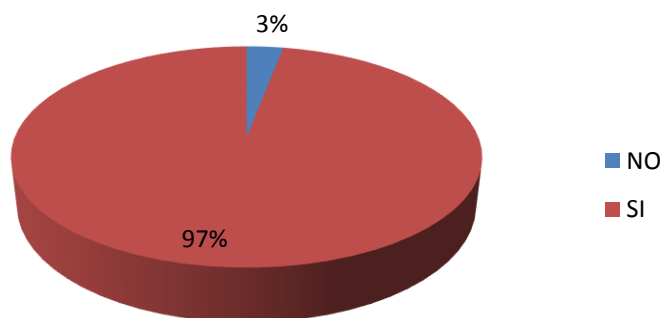


Figura 22: Porcentaje de personas encuestadas que presentan interés para la selección de un área para el relleno sanitario

Solo el 3% no se encuentra interesado en seleccionar un área adecuada para la disposición de los RR.SS.

Pregunta N° 4

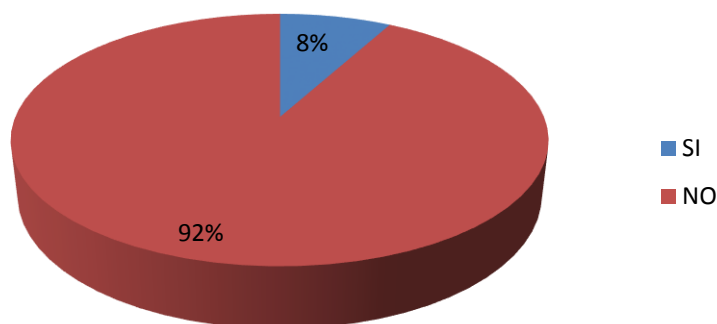


Figura 23: Porcentaje de personas encuestadas que muestran conformidad con las áreas seleccionadas para el relleno sanitario

El 8% de los encuestados muestra su inconformidad en seleccionar dos áreas como propuestas para el relleno sanitario debido a que no conocen bien el distrito.

Pregunta N° 5

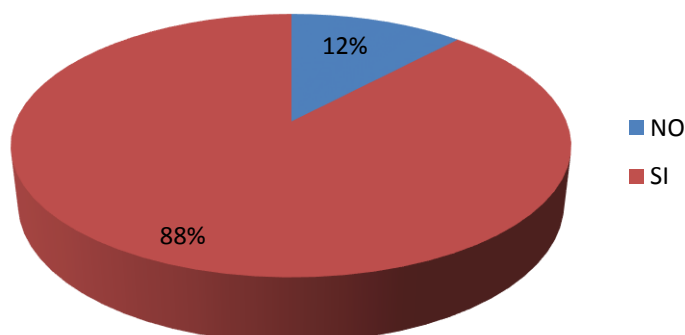


Figura 24: Porcentaje de personas encuestadas que muestran conformidad con el sector del Cerro Murcopata para que sea el relleno sanitario

Un 12% no está de acuerdo en seleccionar el sector del Cerro Murcopata para que sea el relleno sanitario, ya que indican que es una zona de pastoreo, sin embargo el 88% está a favor, ya que consideran que está lo suficientemente alejada de la población.

Pregunta N° 6

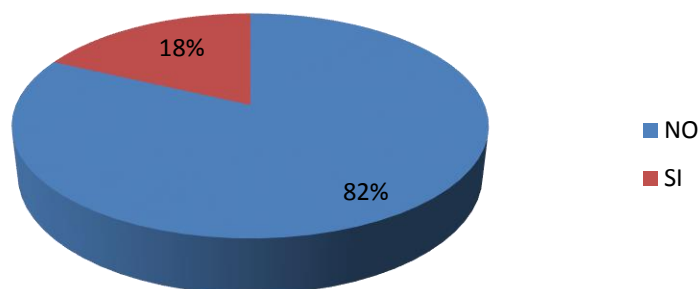


Figura 25: Porcentaje de personas encuestadas que muestran conformidad con el sector de Huamantambo que sea el relleno sanitario

El 82% de los encuestados no se encuentran de acuerdo con seleccionar el sector de Huamantambo, debido a que consideran que se encuentra muy cerca a la población.

Pregunta N° 7

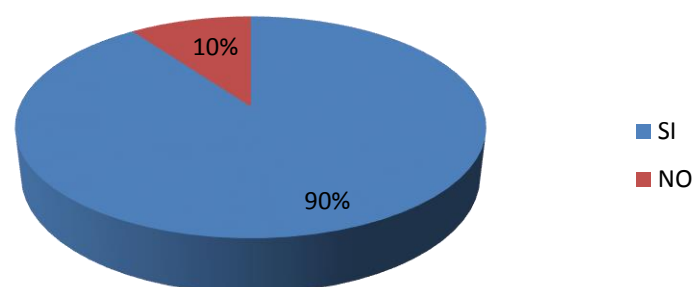


Figura 26: Porcentaje de personas encuestadas se encuentran satisfechas con la iniciativa de la municipalidad de mejorar la disposición de los RR.SS. del distrito

Un 90 % de los encuestados se encuentra satisfecho con la iniciativa de la municipalidad de mejorar la disposición de los RR.SS. del distrito.

Pregunta N° 8

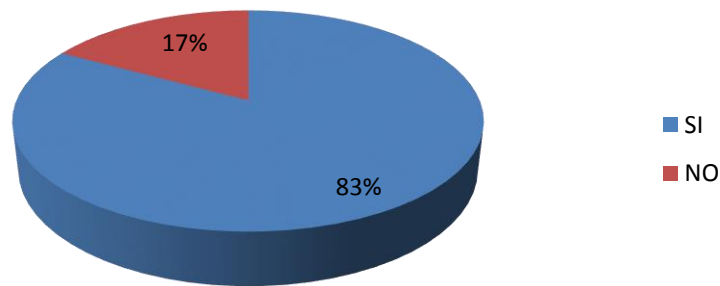


Figura 27: Porcentaje de personas encuestadas que se encuentran dispuestas a participar de charlas de información ciudadana acerca del proyecto

El 83% se encuentra dispuesto a participar de charlas de información ciudadana acerca del proyecto y brindar su apoyo para la ejecución de este. El otro 17% considera que no tiene tiempo para esto.

Pregunta N° 9

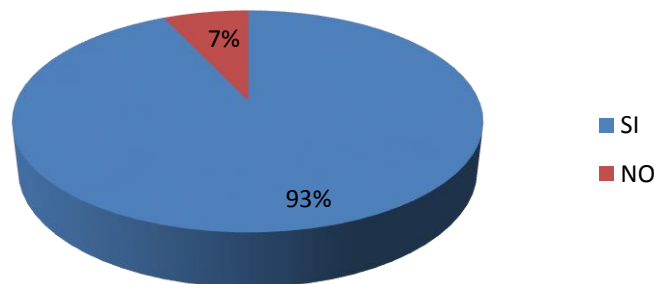


Figura 28: Porcentaje de personas encuestadas que muestran una opinión favorable con la ejecución del proyecto

Un 93% de los encuestados tienen una opinión favorable con respecto al proyecto del relleno sanitario.

Tomando como base los resultados obtenidos en las encuestas, se invitó a los pobladores y las autoridades respectivas a la reunión de conformidad de uso del área seleccionada para relleno sanitario, explicando la importancia de este. A su vez se dio a conocer las razones por las

cuales se seleccionaron dos áreas, y se explicó que ambas cumplían con los criterios de selección y de restricción necesarios, dándose a conocer la alternativa ganadora por una cuestión de puntaje. Al finalizar la reunión se levantó un acta. (Anexo 11, pág. 132).

Se obtuvo la opinión favorable de GERESA por lo que se considera que el área seleccionada cumple con los requisitos de restricción y selección solicitados por MINAM, siendo así el área apta para la construcción de un relleno sanitario. (Anexo 12, pág. 134).

4.3. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL RSM

Los resultados obtenidos en el punto anterior permitieron determinar que acorde con las condiciones y características del área seleccionada el tipo de relleno adecuado para el tratamiento de los RR.SS. es el RSM mediante el método de trinchera o zanja, posteriormente se realizaron los cálculos para su dimensionamiento.

Usando la ecuación (4) del acápite 2.3 (pág. 22), se determinó el volumen anual compactado

$$V_{\text{anualc}} = 1329,16 \text{ m}^3/\text{año}$$

Con las ecuaciones (5) y (6) del acápite 2.3 (pág. 23), se determinó el volumen anual estabilizado, así como el volumen del material de cobertura, se calcularon los siguientes datos:

$$V_{\text{anuale}} = 1404.05 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$MC = 332,29 \text{ m}^3/\text{año}$$

Se observa que el Vanuale es mayor que el Vanualc debido a que al ser estabilizados los RR.SS. poseen mayor densidad. El resultado de material de cobertura muestra que no se requiere gran cantidad del mismo, por lo cual será obtenido de la misma zona.

Se puede calcular el volumen del relleno sanitario para el primer año con la ecuación (7) del acápite 2.3 (pág. 23):

$$VRS = 1736,34 \text{ m}^3/\text{año}$$

El volumen del relleno sanitario es un dato fundamental para determinar el área necesaria para disposición de los RR.SS.

Utilizando la ecuación (8) del acápite 2.3 (pág. 23), para calcular el área necesaria para el relleno sanitario, se obtiene:

$$ARS = 578,78 \text{ m}^2$$

Por lo tanto el área total requerida se calcula con la ecuación (9) del acápite 2.3 (pág. 24):

$$AT = 752,41 \text{ m}^2$$

El área total requerida dependerá mucho de la altura que se considere para la celda del relleno sanitario, una altura mayor permitirá que el área a emplear sea menor, esto puede ser útil para zonas donde no se cuente con una gran extensión de terreno y la napa freática se encuentre a gran profundidad. Sin embargo siempre se deben considerar los límites ya establecidos para el diseño. En la Tabla 15 se presentan los resultados.

Tabla 15: Calculo de la vida útil del área seleccionada

AÑO	POBLACIÓN hab.	GPC (Kg/hab-día)	CANTIDAD DE RR.SS.			VOLUMEN DE RR.SS.						ÁREA REQUERIDA		TOTAL Hás
			DIARIA (Kg)	ANUAL (TM)	ACUMULADO (TM)	COMPACTADOS			ESTABILIZADOS ANUAL (m³)	RELLENOS		RELLENO m²	TOTAL A.T. m²	
						DIARIO (m³)	ANUAL (m³)	MC (m³)		RR.SS.+MC ANUAL	ACUMULADOS m³			
0	1	2	3	4	5	6	7	7,1	8	9	10	11	12	13
2017	3497	0,66	2308,02	842,43	842,43	3,64	1329,16	332,29	1404,05	1736,34	1736,34	578,78	752,41	0,08
2018	3485	0,67	2323,10	847,93	1690,36	3,67	1337,85	334,46	1413,22	1747,68	3484,02	1161,34	1509,74	0,15
2019	3473	0,67	2338,25	853,46	2543,82	3,69	1346,57	336,64	1422,44	1759,08	5243,10	1747,70	2272,01	0,23
2020	3461	0,68	2353,48	859,02	3402,84	3,71	1355,34	338,84	1431,70	1770,53	7013,63	2337,88	3039,24	0,30
2021	3450	0,69	2369,46	864,85	4267,69	3,74	1364,54	341,14	1441,42	1782,55	8796,19	2932,06	3811,68	0,38
2022	3438	0,69	2384,83	870,46	5138,15	3,76	1373,39	343,35	1450,77	1794,12	10590,30	3530,10	4589,13	0,46
2023	3426	0,70	2400,27	876,10	6014,25	3,79	1382,29	345,57	1460,16	1805,73	12396,04	4132,01	5371,62	0,54
2024	3414	0,71	2415,78	881,76	6896,01	3,81	1391,22	347,80	1469,60	1817,40	14213,44	4737,81	6159,16	0,62
2025	3403	0,71	2432,07	887,71	7783,72	3,84	1400,60	350,15	1479,51	1829,66	16043,10	5347,70	6952,01	0,70
2026	3391	0,72	2447,73	893,42	8677,14	3,86	1409,62	352,41	1489,04	1841,44	17884,55	5961,52	7749,97	0,77
2027	3380	0,73	2464,19	899,43	9576,57	3,89	1419,10	354,78	1499,05	1853,82	19738,37	6579,46	8553,29	0,86

La capacidad útil del relleno se podrá definir con precisión, sólo después de contar con el diseño de la celda de disposición final, según el método a emplear, sin embargo se pudo realizar la estimación en función de: El total de RR.SS. a disponer, la densidad de los RR.SS. estabilizados en el RSM, la cantidad del material de cobertura del volumen compactado de RR.SS., la cantidad mínima de años que es posible opere un relleno sanitario en Perú, (DIGESA, s. f.).

Esta alternativa cuenta con una vida útil mayor a 10 años, considerando que tiene un área de 1.16341 Hás., por lo cual cumple con las condiciones necesarias para la instalación de un relleno sanitario.

Selección del Método

Se seleccionó el Método de zanja o trinchera ya que de acuerdo con las condiciones topográficas del sitio, las características del suelo y la profundidad del nivel freático, este método es el más factible, además de otros beneficios, ya que el material excavado servirá como material de cobertura. Además no es viable construir las celdas de un relleno manual sobre un terreno plano, puesto que los obreros deberían levantar los RR.SS. hacia el nivel actual de la celda, lo que significaría mucho más esfuerzo físico que el relleno de una celda excavada, (Fernández, 2010; Jaramillo, 2002a).

Usando la ecuación (10) del acápite 2.3 (pág. 25) se determinó el volumen necesario para cada zanja del relleno sanitario

$$Vz = 411,12m^3$$

Con las ecuación (11) del acápite 2.3 (pág. 25), se determinó la cantidad de RR.SS. recolectados y depositados en un día

$$Dsr d = 4,56 m^3$$

Por lo tanto el largo de la zanja se determinó con la ecuación (12) del acápite 2.3 (pág. 26):

$$l = 22,84 m$$

Se estimó el número de zanjas que se podrían excavar en el terreno, con la ecuación (13) del acápite 2.3 (pág. 26):

$$n = 65 \text{ zanjas}$$

Como se muestra el resultado, según las dimensiones de las zanjas, se requerirán 65 zanjas de una vida útil de 90 días cada una, considerando que la separación cada zanja será de 1m con el fin de permitir el correcto desplazamiento de los operarios, el número de zanjas se reducen a 40, por lo cual es necesario considerar el dato del tiempo de vida útil de las zanja y poder realizar las excavaciones de estas de forma anticipada, siendo lo más recomendable su excavación anual, de forma que se eviten pérdidas económicas y dificultades en el funcionamiento y operación del relleno, (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012; Fernández, 2010; Jaramillo, 2002a).

Se aplicó la ecuación (14) del acápite 2.3, (pág. 26)

$$Vu = 10 \text{ años}$$

La vida útil del terreno será de 10 años considerando la capacidad de las zanjas excavadas.

La cantidad de RR.SS. para diseñar la celda diaria se obtuvo con la ecuación (15) del acápite 2.3, (pág. 27)

$$DSrs = 3231,23 \frac{\text{kg}}{\text{día laboral}}$$

Para los siguientes cálculos, se utilizaron las ecuaciones (16), (17) y (18) del acápite 2.3, (pág. 27). Se obtuvieron el volumen de la celda diaria, las dimensiones y el largo de esta:

$$Vc = 8,98 \frac{\text{m}^3}{\text{día laboral}}$$

$$Ac = 5,99 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$l = 1,99 m$$

Debido a la baja compactación alcanzada por la operación manual, es recomendable proponer una altura mínima para la celda diaria y un ancho, el cual se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de los RR.SS. por los vehículos que depositarán los RR.SS., (Fernández, 2010; Jaramillo, 2002a; MINAM, 2010a).

Con la ecuación (19) del acápite 2.4 (pág. 35), se calculó la generación de lixiviados:

$$Q_{lm} = 49,52 m^3/mes$$

La generación de lixiviados depende de la composición y cantidad de residuos dispuestos en el relleno, su proceso de degradación y las condiciones climáticas de la zona, en el caso del Distrito de Chuquibamba se le dio prioridad a la precipitación y se realizó el cálculo en base a la máxima precipitación registrada en los últimos treinta años, lo que nos permitirá evaluar el peor escenario de la generación de lixiviados, evitando futuros problemas y un colapso del diseño.

Cálculo de requerimiento energético de las bombas para el suministro de oxígeno a través de aerogeneradores

Mediante una hoja de cálculo se determinó el requerimiento energético de compresores de aire ambiental para el suministro de oxígeno el cual se mezcló íntimamente con un flujo de lixiviados para su completo transporte (Anexo 2, pág. 123), dando como resultado una potencia de bomba requerida de 28,50 W, ya que el aire se disuelve eficientemente cuando hay mayor presión, cabe resaltar que cada columna donde se ubican las zanjas contará con una bomba (12 bombas en total), además de dos bombas de recirculación por lo cual se requerirán 14 bombas las cuales permitirán el funcionamiento aerobio del RSM; de otro lado, se calculó la potencia de un aerogenerador para garantizar el suministro energético sustentable y limpio para su completo funcionamiento, en el caso del aerogenerador eólico se empleará un

aerogenerador de 3 aspas las cuales tienen un diámetro de 0,63 m. La altura del aerogenerador será de 10 m. (Anexo 2, pág. 123).

Balance de materia

Se utilizó una hoja de cálculo, la misma que permitió el cálculo de la masa inicial y la acumulación dentro del RSM, considerando como entradas la precipitación y los RR.SS. y como salidas los gases y los lixiviados. Sin embargo se debe considerar que los lixiviados son recirculados en el RSM como se muestra en la Fig. 29. En la Tabla 16 se detallan los resultados obtenidos para toda la vida útil del relleno, considerando que 1 TM de RR.SS. produce 200m^3 de biogás (EPA) y tiene una densidad promedio de $1,22\text{ kg/m}^3$. (Colmenares & Santos, s. f.; Zorg Biogás, s. f.)

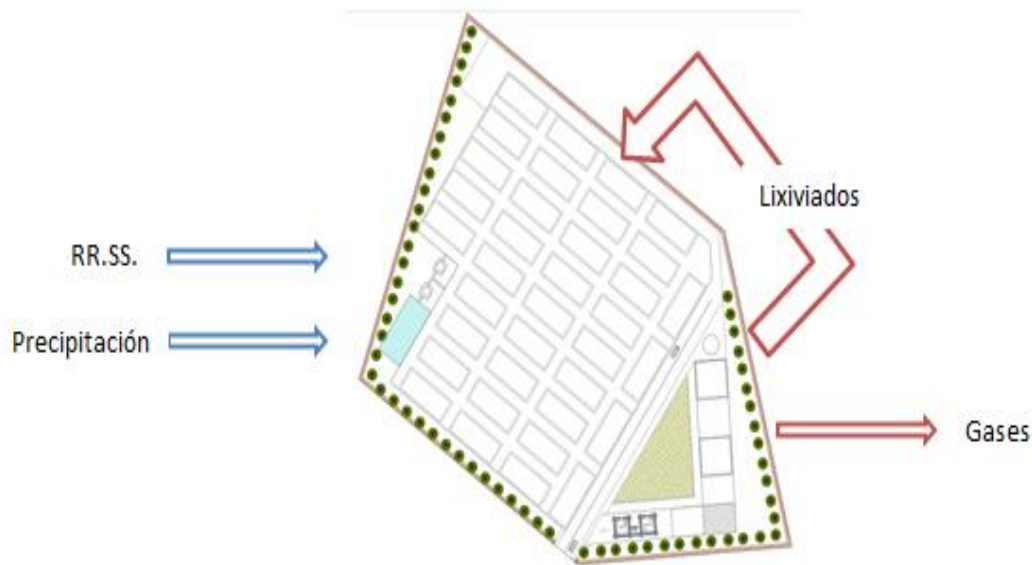


Figura 29: Balance de materia para el RSM

Tabla 16: Balance de materia del RSM

Año	RR.SS. (TM)	Precipitación (TM)	Biogás (TM)	Lixiviados (TM)	Mo (TM)	Acumulación (TM)
1	842,43	25127,48	205,55	594,25	0,00	25170,11
2	847,93	50419,32	206,90	1192,39	25764,36	49867,96
3	853,46	75876,03	208,24	1794,43	51060,35	74726,81
4	859,02	101498,47	209,60	2400,39	76521,24	99747,50
5	864,85	127294,88	211,02	3010,46	102147,88	124938,25
6	870,46	153258,63	212,39	3624,49	127948,71	150292,22
7	876,10	179390,50	213,77	4242,49	153916,70	175810,33
8	881,76	205691,23	215,15	4864,49	180052,83	201493,35
9	887,71	232169,39	216,60	5490,69	206357,84	227349,80
10	893,42	258818,02	218,00	6120,91	232840,49	253372,53
11	899,43	285645,82	219,46	6755,38	259493,44	279570,42

Control de incendios

En el diseño se considera la implementación de un sistema de control en las chimeneas con el fin de evitar obstrucciones que impidan la salida de los gases emitidos permitiendo la combustión controlada del biometano generado, esto debido a que es un gas con mayor efecto invernadero que el CO₂ evitando así que se incorpore a las masas atmosféricas de influencia, (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

Control y manejo de lixiviados

Debido a que es necesario el drenaje de los lixiviados dentro del relleno es que se incorpora al diseño un sistema de tuberías a través de una espina de pescado, para que los lixiviados puedan ser transportados a una laguna para su tratamiento y evitar la contaminación, por lo cual se utilizan tuberías de PVC de 4 pulgadas para los ramales o drenajes secundarios y para el drenaje principal tuberías de PCV de 6 pulgadas, (Jaramillo, 2002a).

Para un manejo adecuado de los lixiviados se considera su tratamiento con *Chlorella Vulgaris*, el cual será recirculado en el RSM luego del tratamiento, (Orta et al., 2014).

Control de gases

El drenaje de gases se constituye por una tubería perforada de concreto que se encuentra revestida con piedra, que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno. Las cuales se disponen de manera vertical a medida que avanza el relleno. Cada chimenea posee un diámetro de 0,50 m y se instalan cada 20m en cada una de las zanjas. Instalándose en total 39 chimeneas, (Jaramillo, 2002a)

Control de estabilidad y hundimiento del terreno

El área seleccionada cuenta con una pendiente media y con una capacidad portante apta para la construcción del relleno sanitario, lo que evita el hundimiento del terreno, adicionalmente cada celda del relleno sanitario cuenta con una espina de pescado para el drenaje de los lixiviados que a su vez van a servir para brindarle estabilidad al terreno del relleno. Además en el estudio de selección de área se realizó su respectivo informe de riesgos y su estudio de suelos, (INGEOVIAL, 2016; Linares, 2017).

Control de aguas de lluvia

Para el escurrimiento de las aguas de escorrentía, se construye un canal trapezoidal de drenaje en la tierra, el cual se constituye en cada una de las zanjas de RSM con dimensiones de 1 m de ancho y 0,80 m de profundidad. Adicionalmente se cuenta con un sistema de rejillas de protección de los canales de drenaje y mantenimiento de los mismos, esto debido a que en el distrito las épocas de lluvia son cortas, (Fernández, 2010).

Control de olores

En el diseño del RSM se considera la conformación de un cerco vivo de árboles a modo de cortina de vientos, siendo la especie seleccionada el Cahuato (*Tecoma fulva Arequipensis*) el cual se considera como medida para disminuir la contaminación y la dispersión de olores. Además como se muestra en los resultados del estudio de selección de área, la dirección del

viento es contraria a la zona donde se encuentra ubicada la población, (Jaramillo, 2002a; Montesinos, 2012; SENAMHI, 2016).

Control de vectores y animales

Los RR.SS serán compactados y cubiertos con una capa de tierra, lo que evitará que se encuentren a disposición de los vectores y aves de la zona. Además se cuenta con un programa de saneamiento ambiental, el cual consiste en desinfección, desinsectación y desratización de la zona donde opera el RSM, (MINSA, 2001).

Control de plásticos y papeles

La Municipalidad Distrital de Chuquibamba cuenta con un sistema de segregación de RR.SS, el cual incluye la formalización de recicladores y la participación de viviendas voluntarias para la comercialización de los RR.SS. reaprovechables, por lo cual todos los residuos no reaprovechables irán directo al RSM, (Municipalidad Provincial de Condesuyos, 2016a).

Indicadores

Para poder medir la eficiencia del RSM se plantearon los siguientes indicadores

Ambientales:

- La reducción de la contaminación por la mala gestión de los RR.SS. en el distrito.
- Disminución de puntos críticos de generación y recolección de RR.SS. mal dispuestos.
- Incremento de la concientización y sensibilización ambiental.

Sociales:

- Mejora de calidad de vida.
- Aumento del número de inmigraciones.
- Reducción de la tasa de enfermedades.

Económicos:

- Incremento de oferta laboral.
- Incremento del porcentaje de PEA.
- Incremento del ingreso per cápita.

Seguimiento o monitoreo

Los monitoreos se establecerán según la línea base que se elabore en la Declaración de Impacto Ambiental, sin embargo se pueden tener en cuenta las condiciones mostradas en la Tabla 17.

Tabla 17: Monitoreo ambiental dentro del RSM

Monitoreo	Parámetros	Puntos	Frecuencia	Referencia
Lixiviados	DBO ₅ , DQO, TDS, pH, T°, Inorgánicos.	A la entrada y a la salida de la laguna de tratamiento	Trimestral	(Corena, 2008)
Aguas subterráneas	No Aplica	El agua subterránea en la zona se encuentra a más de 100 m de profundidad	No aplica	(Campano, 2017)
Aguas Superficiales	No Aplica	Las fuentes de agua se encuentran a más de 1 km	No aplica	Fig. 13
Gases	CO, NO _x , CO ₂ , CH ₄ , COV's	Chimeneas ubicadas en cada zanja del relleno sanitario	Semestral	Analizador de gases Sewerin Tren de muestreo de gases

Análisis de Costos

Se estima un presupuesto base en relación a la capacidad calculada (1 Ha = 10 000 m²) del RSM entre S/. 635 000,00 a 1 000 000,00 (± 5%) el cual deberá ser financiado por la Municipalidad Distrital de Chuquibamba de acuerdo a su Proyecto de Inversión Pública (PIP) para el año 2018, como se presenta en la Tabla 18 discriminada en sus principales fases de levantamiento debido a las obras de ingeniería y sanitarias consideradas en un relleno

sanitario, tomando como referencia los gastos realizados en rellenos sanitarios manuales de una dimensión semejante.

Tabla 18 Presupuesto para la RSM

Descripción	Monto Estimado (S/.)		Proporción (%)
	Mínimo	Máximo	
Obras preliminares	25 000,00	39 370,08	3,94
Movimiento de tierras	150 000,00	236 220,47	23,62
Impermeabilización de la base	200 000,00	314 960,63	31,50
Sistema de colección de lixiviados y drenaje de gases	40 000,00	62 992,13	6,30
Construcción de vías de acceso	20 000,00	31 496,06	3,15
Instalaciones auxiliares	200 000,00	314 960,63	31,50
TOTAL	635 000,00	1 000 000,00	100

4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL RSM

Simulación de la celda del relleno sanitario a escala de laboratorio

Con el resultado del volumen de la zanja obtenido mediante la ecuación (10) del acápite 2.3 (pág. 25), se procedió a calcular la cantidad de RR.SS. a disponer en el lisímetro, ya que el volumen es de 411,12 m³ (411 120 L), se realizó el escalamiento de 1/100 000.

Para el cálculo de la cantidad de residuos se consideró el estudio de caracterización de RR.SS, el cual indica que el contenido de materia orgánica es de 60%. Considerando la variación de composición de RR.SS. a través de los años, se consideró un rango de 60 % - 70% por lo tanto se trabajó con el promedio, obteniendo lo siguiente:

$$\text{Cantidad de materia orgánica} = 2,67 \text{ L}$$

$$\text{Cantidad de materia inorgánica} = 1,44 \text{ L}$$

Como material de cobertura se empleó el suelo de la zona que según el estudio de suelos es de tipo arena arcillosa, debido a que para el cálculo del material de cobertura se considera un 25% del volumen de la zanja, (Jaramillo, 2002a). Se obtuvo:

$$MC = 1,03 L$$

Por lo cual se utilizó una damajuana de capacidad de 5 L, se instaló el lisímetro en un soporte, y la tubería de salida de lixiviados con su respectiva llave de paso. Se colocó la malla mosquitero, la bolsa plástica y grava respectivamente. Como se muestra en las Fig. 30 y Fig. 31.



Figura 30: Estructura del Lisímetro



Figura 31: Material para impermeabilizar la base

Se realizó el llenado del lisímetro con RR.SS. y se compactaron, según la cantidad hallada en las ecuaciones, se empleó el suelo de la zona como material de cobertura (arena arcillosa), como se presenta en las Fig. 32a y Fig. 32b.



Figura 32: Llenado y compactación de los RR.SS.

En la parte superior del lisímetro se instalaron dos tuberías de PVC de $\frac{1}{2}$ "', una para el drenaje de gases, la segunda para la recirculación de lixiviados.

Tratamiento aeróbico en el lisímetro

Una vez finalizado la simulación del sistema, este fue llevado a la intemperie. Con el fin de darle un tratamiento aeróbico a los residuos compactados, se inyectó aire diariamente, una hora en la mañana y otra en la tarde a través de dos bombas de 3 L/min por tres semanas. Con el fin de brindar aire y humedad a la vez estas bombas estuvieron conectadas por mangueras a frascos lavadores de gases que contenían agua y el aire ingresó al relleno a través de las tuberías de drenaje de gases y la de recirculación de lixiviados, como se muestra en la Fig. 33.



Figura 33: Inyección de aire en el lisímetro.

Se fueron produciendo lixiviados, con la degradación de los residuos por lo que todos los días estos fueron depositados en un recipiente y pesados. Finalmente se reciclaron para mantener las condiciones de humedad necesaria.

El proceso de degradación se fue dando de la siguiente manera:

- En la primera semana no se observó una degradación considerable de los residuos, pero si se fueron generando lixiviados. Fig. 34a.
- A partir de la segunda semana se empezó a notar una disminución del volumen inicial del lisímetro y mayor generación de lixiviados. Fig. 34b.
- En la tercera semana, se percibió solo una pequeña franja de residuos y la presencia de las tuberías fue notoria. Fig. 34c.
- En la cuarta semana ya no se pudo establecer diferencias entre el material de cobertura y los RR.SS., por la completa degradación de estos. Fig. 34d.

Todo ello es indicador de que el relleno estuvo funcionando de manera adecuada, a través del tratamiento aeróbico y la correcta recirculación de lixiviados.



Figura 34: Proceso de degradación de los RR.SS. en el lisímetro

Simulación del agua de lluvia

Se simuló las condiciones meteorológicas del distrito de Chuquibamba en el laboratorio, considerando el mes de máxima precipitación de la data histórica obtenida del SENAMHI. (Anexos 13 y 14, págs. 135 y 136).

Cantidad de agua a simular = 6 L

Por lo cual se obtuvieron 6 L de agua de lluvia, a través de botellas de agua destilada acidificadas a través de la adición de CO₂. Para añadir este gas se empleó una manguera conectada por un extremo a un embudo, el cual entró en contacto con una llama de fuego, por el otro extremo la manguera estuvo conectada a la botella de agua destilada, tal como se muestra en la Fig. 35.



Figura 35: Simulación del agua de lluvia

Obtención del lixiviado

En un principio el lixiviado producido por la descomposición de los RR.SS. antes de la simulación de la precipitación fue liberado a través de la llave de paso y recirculado, como se muestra en la Fig. 35.



Figura 36: Recirculación de lixiviados

Una vez acidificada el agua, esta se vertió a un atomizador para ser echada al lisímetro. La cantidad utilizada fue de 1,50 L por semana, de la forma en la que se muestra en la Fig. 37.



Figura 37: Esparcimiento del agua en el lisímetro

Conforme se agregó el agua del atomizador al lisímetro, la cantidad de lixiviado aumentó y la llave de paso fue abierta de manera permanente, permitiendo que este caiga en una bandeja de plástico, cuya función fue la de un sedimentador y este fue cubierto para evitar su evaporación, como se muestra en la Fig. 38.



Figura 38: Recolección de lixiviados

Análisis del lixiviado

Se tomó una muestra del lixiviado obtenido y se midieron los parámetros de: Sólidos Totales Disueltos (TDS), Conductividad Eléctrica (CE) y ph, mediante un conductímetro y un pHímetro respectivamente, tal como se puede apreciar en las Fig. 39a y Fig. 39b.



Figura 39: Medición de parámetros iniciales

La muestra fue llevada al Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María UCSM, como se muestra en el Anexo 15 (pág. 137), para conocer los valores de DBO y DQO, obteniendo como resultados los que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19: Resultados Iniciales

Temperatura (C°)	22°C
Ph	7,21
CE (μS/cm)	1870 μS/cm
TDS (ppm)	849,40 ppm
DBO ₅ (ppm)	855,00 ppm
DQO (mg/l)	5064,82 mg/l

Tabla 20: Composición de lixiviados de un relleno sanitario con residuos orgánicos. ¹

Componentes	Rangos
Ph	5,30-8,50
DBO ₅ (ppm)	2000 – 30000
DQO (mg/l)	3000-45000

¹(Corena, 2008).

Comparando los resultados de la Tabla 19, con los valores de la Tabla 7 de la pág. 34 y de la Tabla 20, se puede apreciar que los valores para lixiviados jóvenes de DBO₅ y DQO son altos, lo que hace alusión al gran contenido de materia orgánica. Esto concuerda con la composición de RR.SS. añadidos al lisímetro y al obtener una concentración de sólidos totales disueltos y una conductividad eléctrica elevados, se pudo comprobar la mala calidad del lixiviado. También se apreció que el olor no era muy desagradable, esto debido a que el tratamiento de descomposición de los residuos fue aeróbico.

Tratamiento del lixiviado a través de la microalga *Chlorella vulgaris*

Una vez obtenido los resultados, se procedió al tratamiento del lixiviado por la microalga *Chlorella vulgaris*, debido a su capacidad de remoción y a su facilidad adquisitiva, (Cabrera & Pulla, 2014).

El tratamiento se realizó en un bioreactor, se colocaron 250 ml de *Chlorella* en el bioreactor, el cual estuvo protegido por un pico de ganso y su filtro HEPA colocados en un tapón de jebe, de esta forma se evitó el ingreso de otros microorganismos, como se muestra en la Fig. 40a. Diariamente, se fue alimentando el bioreactor con 25 ml de lixiviado a manera de adaptación y fue expuesto a horas de sol como de sombra, véase Fig. 40b.

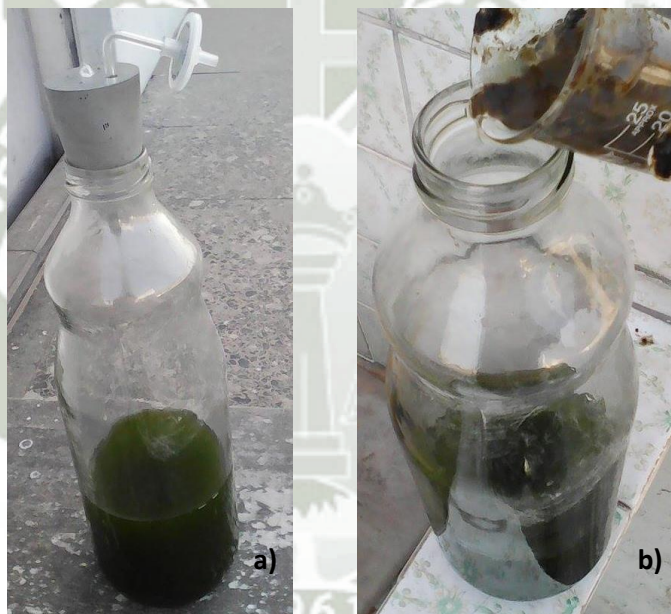


Figura 40: Adaptación de la microalga con el lixiviado

En tubos eppendorf de 1,50 ml, se tomaron muestras de 1 ml de la solución, luego de haber añadido el lixiviado, y fueron conservados mediante refrigeración hasta su análisis en laboratorio, como se muestra en la Fig. 41.



Figura 41: Tubo eppendorf con su respectiva muestra

Conforme se fue agregando el lixiviado se fue observando la distinción de dos fases, como se muestra en la Fig. 42a, sin embargo al realizar la homogenización, se apreció el color predominante de la microalga, esto podría ser debido a que el alga habría estado consumiendo el lixiviado y reproduciéndose, y sedimentándose en el inferior del bioreactor, aquello que no pudo ser consumido, véase Fig. 42b.



Figura 42: Comportamiento del alga en el bioreactor

Se fue agregando periódicamente el lixiviado hasta que este se agotó, obteniendo como resultado 18 muestras que corresponden a 18 días. A pesar que la cantidad del lixiviado añadida, supero a la de la microalga, esta siguió manteniendo su color predominante, como se aprecia en la Fig. 43.



Figura 43: Comportamiento del alga en el bioreactor

Recuento celular de algas

Para realizar el recuento celular se utilizó la cámara de Neubauer, una propipeta de 0.5-10 μl , se tomó 1 μl y una dilución de 1/100 con agua destilada. Las muestras fueron observadas en el microscopio a un objetivo de 40x, para realizar el conteo, y se emplearon los cuatro cuadrantes de la cámara, sin embargo a partir de la muestra 13 se tuvo que realizar una dilución de 1/200 con agua destilada debido a que no fue posible hacer su conteo como se muestra en la Fig. 44.



Figura 44: Conteo de algas

Se realizó una gráfica de concentración vs. Tiempo en una hoja de Excel empleando la ecuación 20 del acápite 3.2 (pág. 56), para conocer como fue el crecimiento del alga en el transcurso de los días, tal como se muestra en Fig. 45.

Los resultados obtenidos del conteo, se muestran en la Tabla 21

Tabla 21: Resultados de la Concentración celular del alga

Tiempo (días)	Concentración (n° de células/ml)
0	12900
1	19500
2	15400
3	50900
4	27700
5	26700
6	12900
7	53000
8	37500
9	32000
10	24400
11	71500
12	64000
13	140000
14	166000
15	160000
16	168000
17	74600
18	56000

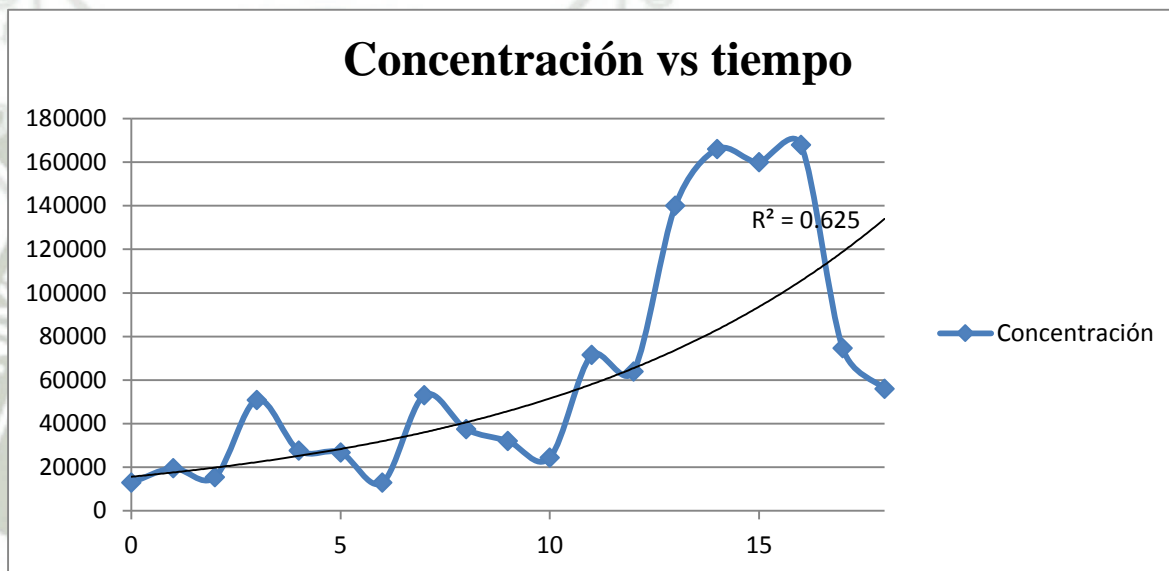


Figura 45: Gráfica de concentración celular del alga en función del tiempo

En la gráfica se observa que desde el día 2 hasta el 12, el alga se estuvo adaptando y por lo tanto se encontraba en la fase de latencia, por lo cual presentó un crecimiento regular, sin embargo a partir del día 12 se pudo observar la fase exponencial, considerándose estos los días en los que mayor consumo hubo, y a partir del día 14 este crecimiento se redujo pasando a la fase estacionaria y de muerte, donde se considera que el alga fue agotando su capacidad para consumir el lixiviado.

El recuento celular fue necesario para determinar la curva de crecimiento de la microalga en relación a la cantidad de lixiviado agregado, ya que esto es un indicador de que la *Chlorella* se está adaptando al medio y consumiéndolo. Por lo tanto una mayor cantidad de organismos indicaría que el lixiviado está siendo degradado, (Cabrera & Pulla, 2014).

Análisis final del lixiviado

Una vez finalizado el tratamiento, la solución del bioreactor fue filtrada con papel filtro lento, del líquido filtrado se obtuvo una muestra representativa para realizar la medición de los mismos parámetros evaluados en la muestra inicial y poder compararlos, tal como se aprecia en la Fig. 46.



Figura 46: Filtración para obtención del lixiviado tratado

Una vez obtenida la muestra representativa, en un vaso precipitado se realizó la medición de los parámetros de: Sólidos Totales Disueltos (TDS), Conductividad Eléctrica (CE) y ph, mediante un conductímetro y un pHmetro respectivamente calibrados, como se muestra en las Fig. 47a y Fig. 47b.



Figura 47: Medición de parámetros finales

La muestra obtenida de la filtración fue llevada al Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la UCSM como se muestra en el Anexo 16 (pág. 130), para conocer los valores de DBO y DQO, en la Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos luego del tratamiento de los lixiviados, además se hace una comparación con los parámetros medidos previos al tratamiento.

Tabla 22: Comparación de parámetros del lixiviado antes y después del tratamiento

Parámetros	Muestra Inicial	Muestra Final	% De Reducción
Temperatura (C°)	22°C	21,7°C	-
pH	7,21	8,46	-
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1870	1733	7,32
TDS (ppm)	849,40	641,40	24,48
DBO ₅ (ppm)	855,00	810,00	5,26
DQO (mg/l)	5064,82	1780,20	64,85

Comparando los datos obtenidos en la Tabla 19 de la pág. 103 con los de la Tabla 22, el resultado muestra que la concentración de DQO bajo considerablemente, se observó una reducción del 64,85%, sin embargo la de DBO mostró solo un mínimo rango (5,26%), lo cual se podría deber a la materia orgánica de la misma alga. De igual forma no hubo gran diferencia entre los resultados de CE y TDS lo cual muestra que aún existe materia orgánica en la muestra debido a que el tratamiento fue biológico. El pH tuvo un ligero incremento. Esto es importante, debido a que los metales pesados precipitan a pH alto, lo cual constituye una ventaja al momento de recircular los lixiviados, ya que los metales pesados quedarán inmovilizados al interior del relleno sanitario conforme el pH del mismo vaya aumentando, (Corena, 2008).

Como se puede ver en el estudio se determinó como resultado una eficiencia de 5,26% en la reducción de DBO₅ y del 64,85% en la DQO sin embargo (Orta et al., 2014) reportan que utilizando lagunas facultativas algales de *Chlorella* y otras especies para el tratamiento de aguas residuales mezcladas con lixiviados de rellenos se obtuvo una eficiencia mayor al 70% en la reducción de la DBO₅. Por otro lado (Mustafa et al., sf citado por Cerón et al., 2015) reportan un éxito en el tratamiento de lixiviados con sistemas algales mediante los cuales se puede conseguir una buena reducción de DQO, NH₄⁺.

Estas diferencias en los resultados pueden deberse a que la especie utilizada fue distinta y trabajó de manera individual, también se debe tener en cuenta que el tiempo de retención fue de 18 días y el lixiviado tratado era un lixiviado crudo y esto pudo influir en la eficiencia obtenida.

Simulación en 3D

En el Anexo 17 (pág. 143) se muestra el plano de la distribución de las áreas del RSM con el software AutoCAD v2016. La animación 3D mostró la distribución de las zanjas, los drenajes de lluvia, lixiviados (espina de pescado) y de gases, asimismo se mostraron la distribución de las bombas, el aerogenerador y las áreas auxiliares del RSM. Como cortina de viento se empleó la especie arbustiva Cahuato (*Tecoma fulva Arequipensis*).



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Luego de realizar la proyección de la población del distrito de Chuquibamba, se obtuvo que para el año 2027 el número será aproximadamente de 3380 habitantes, lo que conlleva a que la GPC de RR. SS. sea de 0,73 kg/hab/día y la generación de RR. SS diaria sea de 2,46 TM/día, esto indicaría que la GPC aumentaría en un 7% desde el año 2017 hasta el año 2027.

Se cuenta con la opinión favorable de GERESA del área seleccionada para la construcción de una infraestructura de RR.SS., valida por dos años, de un área de 1.16 Hás, la cual será utilizada para la construcción del relleno y sus obras complementarias.

Se construirá un RSM, bajo el método de zanja o trinchera debido a las condiciones topográficas del sitio, la profundidad del nivel freático y el material excavado servirá como material de cobertura. La vida útil del relleno sanitario será de aproximadamente 10 años y el número de zanjas con el que contará será de 40, este podrá abastecer tanto a la zona rural como urbana de un servicio adecuado de disposición de RR.SS.

El tratamiento aeróbico de los RR.SS. resultó eficiente, debido a la rapidez con la que se produjo la descomposición de los RR.SS., además de controlar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, este método permitió evitar la generación de olores desagradables que se pudieron haber producido si la descomposición hubiese sido anaerobia.

La microalga *Chlorella vulgaris*, puede ser utilizada para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios, los cuales muestran parámetros elevados de DQO, DBO₅, el valor de la DQO inicial fue de 5064,82 mg/l luego de haberse realizado el tratamiento con la microalga la reducción que se produjo fue de un 64, 85% lo que dejó un valor final de DQO de 1780,20 mg/l. Los demás parámetros analizados como DBO₅ no muestran una reducción significativa.

El pH aumentó de 7,21 a 8,46, un pH básico es adecuado para la precipitación de metales pesados.

RECOMENDACIONES

Se debe tener en cuenta que la tasa de crecimiento del distrito de Chuquibamba es negativa, esto debido a las migraciones que se producen, teniendo en cuenta que la construcción de un RSM presupone la mejora de la calidad de vida de la población, se podría generar un cambio en la tasa de crecimiento ya que la población podría aumentar al mejorarse las condiciones de vida en el distrito.

En el momento de la construcción del relleno sanitario, se debe considerar que los cálculos fueron obtenidos de forma teórica por lo que en el momento de la realización del proyecto ciertas condiciones pueden variar, como por ejemplo la disposición de las zanjas y el número de las mismas.

Es necesario que el tratamiento del lixiviado mediante *Chlorella vulgaris* vaya de la mano con otro tipo de tratamiento o que se emplee un sistema multialgal para obtener mayor eficiencia.

El balance energético se revierte hacia un análisis termodinámico el cual no ha sido considerado en este estudio, sin embargo se sugiere realizar una investigación que profundice este tema.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, R. (2008). *DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS HIDROLÓGICOS EN RELLENOS SANITARIOS EN MÉXICO, CASO DE ESTUDIO: TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Recuperado a partir de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2183/aguilarvera.pdf?sequence=1>
- Alonso, C., Martínez, E., & De la Morena, J. (2003). Manual para la gestión de residuos urbanos (pp. 45-50-544). La Ley.
- Bortoliti, E. (2004). *Contraste del mercado laboral entre el estado de Puebla y la República Mexicana a principios del siglo XXI: perspectivas y propuestas*. Univerdad de las Américas Puebla, México. Recuperado a partir de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lat/bortolotti_s_e/capitulo3.pdf
- Cabrera, M., & Pulla, M. (2014). *LÍNEA BASE PARA EL APROVECHAMIENTO DE MICROALGAS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL*. Universidad de Cuenca. Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20739/1/TESIS.pdf>
- Cáceres, S. (2009). *AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES MICROALGAS PRESENTES EN EL SISTEMA HIDROPÓNICO DEL TIPO RAÍZ FLOTANTE*. Universidad de Chile. Recuperado a partir de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117608/Scarlett Cáceres.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117608/Scarlett_Cáceres.pdf?sequence=1)
- Campano, J. (2017). *Municipalidad Distrital de Chuquibamba, estudio geofísico de resistividad con fines medioambientales para la construcción de un relleno sanitario*. Arequipa.
- Cantanhede, A., & Sandoval, L. (2001). *Rellenos sanitarios manuales*. Lima.
- Cárdenas, A. (2012). *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE HUMEDALES CONSTRUIDOS CON PLANTAS NATIVAS TROPICALES PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS*. Universidad de Sevilla. Recuperado a partir de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70357/>
- CEDAF. (2015). *Las 3Rs*. Santiago. Recuperado a partir de http://www.sostenibilidad3rs.org.do/publicaciones/Gestion_Residuos_Cultura_3Rs.pdf
- CEDEM. (s. f.). Curso: POBLACIÓN Y DESARROLLO Conferencia 8, 4. Recuperado a partir de http://www.cedem.uh.cu/sites/default/files/conferencia_8.pdf
- CEMPRE. (2013). Residuos Sólidos Urbanos : Manual de Gestión Integral - Uruguay - Capítulo IV - Disposición final de los Residuos Sólidos. Parte 4. Recuperado 9 de mayo de 2017, a partir de <https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=2768>
- Cerón, V., Madera, C., & Peña, M. (2015). Using high rate algal ponds for wastewater treatment. *Ingeniería y Desarrollo*, 33(1), 98-125. <https://doi.org/10.14482/inde.33.1.5318>
- Chávez, M. (2006). Residuos Sólidos (pp. 75-80). Arequipa: Ecología y Educación Ambiental.
- Collazos, H. (2008). Diseño y Operación de rellenos sanitarios (Tercera, pp. 105-112). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Colmenares, W., & Santos, K. (s. f.). *GENERACION Y MANEJO DE GASES EN SITIOS DE DISPOSICION FINAL*. Recuperado a partir de www.ingenieriaquimica.org/usuario/wagner
- Corena, M. (2008). *SISTEMAS DE TRATAMIENTOS PARA LIXIVIADOS GENERADOS EN RELLENOS SANITARIOS*. Universidad de Sucre. Recuperado a partir de

Recuperado a partir de http://www.alapop.org/alap/Serie-E-Investigaciones/N2/Capitulos/Capitulo4_Estimaciones&Proyecciones.pdf

- Guerra, J., Magno, J., Pineda, R., & Cruz, M. (2015). Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis* , en Carapongo- Lurigancho, 41-64.
- Guevara, A., Guanoluisa, L., & De La Torre, E. (2014). *Diseño de Sistemas de Tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario El Inga mediante Electrocoagulación y Fitorremediación* (Vol. 34). Quito. Recuperado a partir de <http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/imagenes/revista/volumen34/tomo1/DisenodeSistemasdeTratamientodeLixiviadosdelRellenoSanitario.pdf>
- Hegel, G. (s. f.). *CAPÍTULO 7 TECNOLOGÍAS PARA RESIDUOS SÓLIDOS*. Recuperado a partir de <http://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanamiento-Capitulo7.pdf>
- INCAPeru. (2007). *Diagnóstico de Disposición Final de Residuos Sólidos de Lima y Callao*. Lima.
- INEI. (2017). Instituto Nacional de Estadística e Informática, Censos Nacionales. Recuperado 17 de mayo de 2017, a partir de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/censos/>
- INGEMMET. (2016). *Boletín geológico del cuadrángulo de Chuquibamba-32q*. Recuperado a partir de <http://www.ingemmet.gob.pe/>
- INGEOVIAL. (2016). *Estudio de Suelos, Relleno Sanitario en el Distrito de Chuquibamba*. Arequipa.
- Jaramillo, J. (2002a). GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES. Recuperado a partir de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128200240.pdf>
- Jaramillo, J. (2002b). *SEMINARIO INTERNACIONAL GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS, SIGLO XXI GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES -GIRSM*. Medellín. Recuperado a partir de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf>
- Julca, J., Bonilla, R., & Pastor, S. (2011). *Plan Regional De Reforestación*. La Libertad.
- Linares, Y. (2017). *Evaluación de gestión de riesgos del relleno sanitario del distrito de Chuquibamba*. Arequipa.
- Maldonado, H. (2009). *Metodología Proyecciones de Población y Estudios Demográficos*. Bogotá. Recuperado a partir de http://www.banrep.gov.co/economia/pli/Proyecciones_poblacion.pdf
- Marquez-benavides, L., & Nicol, S. (2016). « *Residuos Sólidos : Un enfoque multidisciplinario* » Vol . I *Residuos sólidos Volumen I* (Vol. I). México. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/publication/308057682_Residuos_Solidos_Un_enfoque_multidisciplinario_Vol_I?enrichId=rgreq-ad240b165d9a8c73d22ac89243e43dba-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMwODA1NzY4MjBUzo0MDU5Mzk5MzM5OTA5MTZAMTQ3Mzc5NTAzMTE3NQ%3D%3D&el=1_x_2&
- Mendez, R., Castillo, E. R., Sauri, M. R., Quintal, C. A., Giacoman, G., & Jimenez, B. (2009). Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3), 133-145. Recuperado a partir de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300002
- Mikatia, M., Santos, M., & Armenta, C. (2012). Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica. *Science Direct*, 3-15.
- MINAGRI. Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, Pub. L. No. DS 017-2009-AG, 18 (2009). La Libertad, Peru.

- MINAM. Guía de: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual (2010).
- MINAM. (2010b). *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales 2*. Lima. Recuperado a partir de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>
- MINAM. (2014). Implementación de proyectos de residuos sólidos municipales (pp. 16-22). Lima. Recuperado a partir de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/11/1.-Implementación-de-proyectos-de-residuos-sólidos-municipales.pdf>
- MINAM. Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental, Pub. L. No. D.L 1278, 4 (2016). Recuperado a partir de <http://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-legislativo-que-aprueba-ley-gestion-integral-residuos-solidos>
- MINAM. Guía para el cumplimiento de la meta 36 (2016). Perú. Recuperado a partir de [guia_cumplimiento_meta36.pdf](#)
- Ministerio de Cultura. (2017). *Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos*. Arequipa.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2010). *Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios – 1era Versión*. Bolivia. Recuperado a partir de <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2012). Bolivia. Recuperado a partir de [Guia-para-el-Diseno-Construccion-Operacion-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario.pdf](#)
- MINSA. Norma Sanitaria para Trabajos de Desinsectación, Desratización, Desinfección, Limpieza y Desinfección de Reservorios de Agua, Limpieza de Ambientes y de Tanques Sépticos, Pub. L. No. RESOLUCION MINISTERIAL N° 449-2001-SA-DM, 10 (2001). Recuperado a partir de http://www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/RM_449-2001.pdf
- Montesinos, D. (2012). Árboles y leñosas de Arequipa, soluciones para mitigar la contaminación. (I, pp. 65-80). Arequipa: Patrulla Ecológica.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. En D. Nash (Ed.), (pp. 25-30). Santa Cruz: El país. Recuperado a partir de <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Municipalidad Distrital de Ubinas. (2017). *Proyecto de Inversión Pública para Relleno Sanitario Manual Ubinas*. Moquegua.
- Municipalidad Provincial de Caravelí. (2015). *Proyecto de Inversión Pública del Relleno Sanitario Manual de Caravelí*. Arequipa.
- Municipalidad Provincial de Condesuyos. (2016a). *Diseño del Programa de Segregación en la fuente*. Arequipa.
- Municipalidad Provincial de Condesuyos. (2016b). *Estudio de Caracterización de residuos sólidos*. Arequipa, Perú.
- Municipalidad Provincial de Condesuyos. (2016c). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos*. Arequipa.
- Najera, H. (2007). Un panorama general sobre el manejo de lixiviados en rellenos sanitarios del centro del país. *UNICACH / nas-jome*, 10-16.

- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal*. Lima. Recuperado a partir de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Informe Analítico - Perú de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales*. Recuperado a partir de <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/informeperu.pdf>.
- Orta, M. T., Rojas, M. N., Yañez, I., & Monge, I. (2014). *ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS EN PLANTAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS*. Mexico. Recuperado a partir de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico2005/orta.pdf>
- Ortega, J. (1994). *CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE SITIOS CONTROLADOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (RELLENO SANITARIO)*. Instituto Tecnológico de la Construcción. Recuperado a partir de Marco teorico/Ortega_Zuniga_Jorge_Enrique_44580.pdf
- Prieto, C. (2003). *Basuras Manejo y Transformación práctico-económico* (Segunda, pp. 3-12). Bogotá: Ecoediciones.
- Recycling Bureau Yokohama. (2015). *Integrated Solid Waste Management in Yokohama*. Yokohama. Recuperado a partir de http://citynet-ap.org/wp-content/uploads/2011/10/Intergrated_solid_waste_management_in_Yokohama.pdf
- Sanchez, G. (2007). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en los Municipios de Actopan, San Salvador y el Arenal del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado a partir de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/doctorado/documentos/Gestion_integral_residuos.pdf
- Sardi, A., Peña, E., Madera, C., & Cerón-, V. (2016). Diversidad de las comunidades de algas asociadas a un sistema algal de alta tasa fotosintética para la biorremediación de lixiviados de rellenos sanitarios Diversity of algal communities as. *J. Aquat. Res*, 44(1), 113-120. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue1-fulltext-11>
- SEDESOL. (2010). Manual para la operación de rellenos sanitarios, 27-30. Recuperado a partir de http://www.sustenta.org.mx/3/wp-content/files/MT_OperacionRellenoSanitario.pdf
- SENAMHI. (2016). *Informe de Rosa de vientos Estación Co Chuquibamba*. Arequipa.
- SERNANP. (2016). *Certificación de ubicación de punto, línea o polígono relacionados con áreas naturales protegidas*. Arequipa.
- Shukle, S., & Alkolkar, A. (2012). *Handbook of Municipal Solid Waste Management*.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & A.Vigil, S. (1998). Gestión integral de residuos sólidos. En *I (I-II, pp. 408-505)*. Madrid: McGraw-Hill.
- Terraza, H. (2009). *Lineamientos estratégicos del Banco Interamericano de Desarrollo para el sector de residuos sólidos (2009 – 2013)*.
- Trejo, R. (2002). Procesamiento de la basura urbana (pp. 13-15). México: Trillas.
- Vasquez, E. (2001). *Cuantificación y efectos de la producción de lixiviados en el relleno sanitario de salinas victoria, N. L.* Universidad autonoma de nuevo leon.
- Yufra, H. (2010). Residuos Sólidos (pp. 13-30). Arequipa: Post Grado en Ciencias Ambientales.
- Zorg Biogás. (s. f.). Producción de Biogás. Recuperado a partir de <http://zorg-biogas.com/biogas-plants/biogas-out?lang=es>

ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULOS

PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RR.SS.

Ecuación (1) del acápite 2.1 (pág. 12):

$$r = 100 \times \left(\sqrt[14]{\frac{3618}{3797}} - 1 \right) = -0,34\%$$

Ecuación (2) del acápite 2.1 (pág. 12):

$$PF = 3618 \times (1 - 0,34\%)^{10} = 3497 \text{ hab.}$$

Ecuación (3) del acápite 2.2 (pág. 15):

$$G_{pf}(2017) = 0,66 \times (1 + 1\%)^1 = 0,66 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}}$$

DISEÑO DEL RSM

Ecuación (4) del acápite 2.3 (pág. 22):

$$V_{\text{anualc}} = \frac{2308,02 \text{ kg/día} \times 0,71}{450 \text{ kg/m}^3} \times 365 = 1329,16 \text{ m}^3/\text{año}$$

Ecuación (5) del acápite 2.3 (pág. 23):

$$V_{\text{anuale}} = \frac{2308,02 \text{ kg/día}}{600 \text{ kg/m}^3} \times 365 = 1404,05 \text{ m}^3/\text{año}$$

Ecuación (6) del acápite 2.3 (pág. 23):

$$MC = 1329,16 \text{ m}^3/\text{año} \times (0,25) = 332,29 \text{ m}^3/\text{año}$$

Ecuación (7) del acápite 2.3 (pág. 23):

$$VRS = 1404,05 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} + 332,29 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} = \frac{1736,34 \text{ m}^3}{\text{año}}$$

Ecuación (8) del acápite 2.3 (pág. 23):

$$ARS = \frac{1736,34 \text{ m}^3/\text{año}}{3\text{m}} = 578,78 \frac{\text{m}^2}{\text{año}}$$

Ecuación (9) del acápite 2.3 (pág. 24):

$$AT = 1,3 \times 578,78 \frac{\text{m}^2}{\text{año}} = 752,41 \frac{\text{m}^2}{\text{año}}$$

Ecuación (10) del acápite 2.3 (pág. 25):

$$Vz = \frac{90 \text{ días} \times 2308,02\text{kg}/\text{día} \times 0,95 \times 1,25}{600 \text{ kg}/\text{día}} = 411,12 \text{ m}^3$$

Ecuación (11) del acápite 2.3 (pág. 25):

$$Dsrd = \frac{Vz}{tz} = \frac{411,12 \text{ m}^3}{90} = 4,568 \text{ m}^3$$

Ecuación (12) del acápite 2.3 (pág. 26):

$$l = \frac{411,12 \text{ m}^3}{6\text{m} \times 3\text{m}} = 22,84 \text{ m}$$

Ecuación (13) del acápite 2.3 (pág. 26):

$$n = \frac{11634,1\text{m}^2}{1,3 \times 6\text{m} \times 22,84\text{m}} = 65 \text{ zanjias}$$

Ecuación (14) del acápite 2.3 (pág. 26):

$$Vu = \frac{90 \text{ días} \times 40}{365} = 10 \text{ años}$$

Ecuación (15) del acápite 2.3 (pág. 27):

$$DSrs = \frac{2308,02\text{kg}/\text{día} \times 7}{5} = 3231,23 \frac{\text{kg}}{\text{dia laboral}}$$

Ecuación (16) del acápite 2.3 (pág. 27):

$$Vc = \frac{3231,23 \text{ kg/día l}}{450 \text{ kg/m}^3} \times 1,25 = 8,98 \frac{\text{m}^3}{\text{día laboral}}$$

Ecuación (17) del acápite 2.3 (pág. 27):

$$Ac = \frac{Vc}{hc} = \frac{8,98 \text{ m}^3 / \text{día l}}{1,5 \text{ m}} = 5,99 \text{ m}^2 / \text{día}$$

Ecuación (18) del acápite 2.3 (pág. 27):

$$l = \frac{Ac}{a} = \frac{5,99 \text{ m}^2 / \text{día}}{3 \text{ m}} = 1,99 \text{ m}$$

Ecuación (19) del acápite 2.4 (pág. 35):

$$Q_{lm} = 278,3 \text{ mm/mes} \times \frac{1 \text{ m}}{103 \text{ mm}} \times 48,23 \text{ m}^2 \times 0,38 = 49,52 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

Ecuación (20) del acápite 3.2 (pág. 56):

$$N^{\circ} \text{ células} = 195 * 100 = 19500 \text{ n}^{\circ} \text{ de células/ml}$$

ANEXO 2: CÁLCULOS DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS BOMBAS Y AEROGENERADOR

Cálculos Requerimientos energéticos de bombas

Propiedades reológicas del fluido		
densidad	1000	Kg/m ³
viscosidad	0,10000000	Pa.s

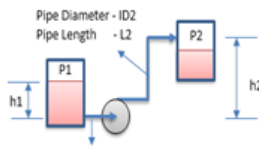
Flujo másico	0,21	Kg/s
Caudal	0,000211	m ³ /s

Tubería		
D _{externo}	0,1016	m.
espesor	0,003	m.
D _{interno}	0,0956	m.

Area transv.	0,00717804	m ²
--------------	------------	----------------

velocidad	0,0294	m/s
-----------	--------	-----

Reynolds	28
----------	----



Propiedades del material de la tubería	
MOC	Acero sanitario
Rugosidad	0,000001524 m.

f	0,207164
---	----------

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3,6 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{\kappa/D}{3,7} \right)^{1,11} \right]$$

Red de tubería		
Longitud (L)	60	m.
Altura (H)	3	m.
E _{fricción}	11	m ² /s ²

E _{bomba}	40	m ² /s ²
--------------------	----	--------------------------------

Potencia teórica	9	Watts
------------------	---	-------

Eficiencia	30	%
------------	----	---

Potencia real	28,453	Watts
	0,0381	HP

Accesorios	N	Leq, m
Manómetros	1	14,34
Codos 90°	5	14,34
Tees std	1	1,912
Valvula globo	2	65,008
Int. CC	1	2772,4
Int. CD	0	0
Leq total		2868 m.

$$E_{FRICCIÓN} = \frac{2fv^2}{D} (L + L_m)$$

CALCULATOR

Datos del emplazamiento ?

Datos de densidad del aire
 °C temp a m de altitud (= kPa de presión) ?
 kg/m³ de densidad

Datos de distribución del viento en el emplazamiento
 parámetro de forma de Weibull
 m/s de velocidad media del viento = parámetro de escala de Weibull ?
 m de altura, Longitud de rugosidad m = clase de rugosidad
 ?

¹Datos del aerogenerador kW ?
 m/s de velocidad de conexión, m/s de velocidad de corte
 m de diámetro de rotor, m de altura de buje ?
 Nota: la altura del buje difiere de la altura de medición de

?

Resultados de la potencia de salida en el emplazamiento	Resultados de la potencia de salida de la turbina
Potencia de entrada* <input type="text" value="72"/> W/m ² de área de rotor	Potencia de salida* <input type="text" value="23"/> W/m ² de área de rotor
Max. potencia de entrada a* <input type="text" value="6.3"/> m/s	Energía producida* <input type="text" value="202"/> kWh/m ² /año ?
velocidad media del viento a la altura del buje* <input type="text" value="3.9"/> m/s	Energía producida* <input type="text" value="292790"/> kWh/año
	Factor de carga* <input type="text" value="6"/> por ciento

ANEXO 3: DISEÑO EXPERIMENTAL DEL RSM

Cantidad de materia orgánica a disponer

$$4,11 \text{ L} \rightarrow 100\%$$

$$X \rightarrow 65\%$$

$$X = \frac{65 \times 4,11}{100} = 2,67 \text{ L}$$

Cantidad de materia inorgánica a disponer

$$\text{Cantidad de materia inorgánica} = 4,11 \text{ L} - 2,67 \text{ L} = 1,44 \text{ L}$$

Material de cobertura

$$MC = 4,11 \text{ L} \times 0,25 = 1,03 \text{ L}$$

Obtención de lixiviados

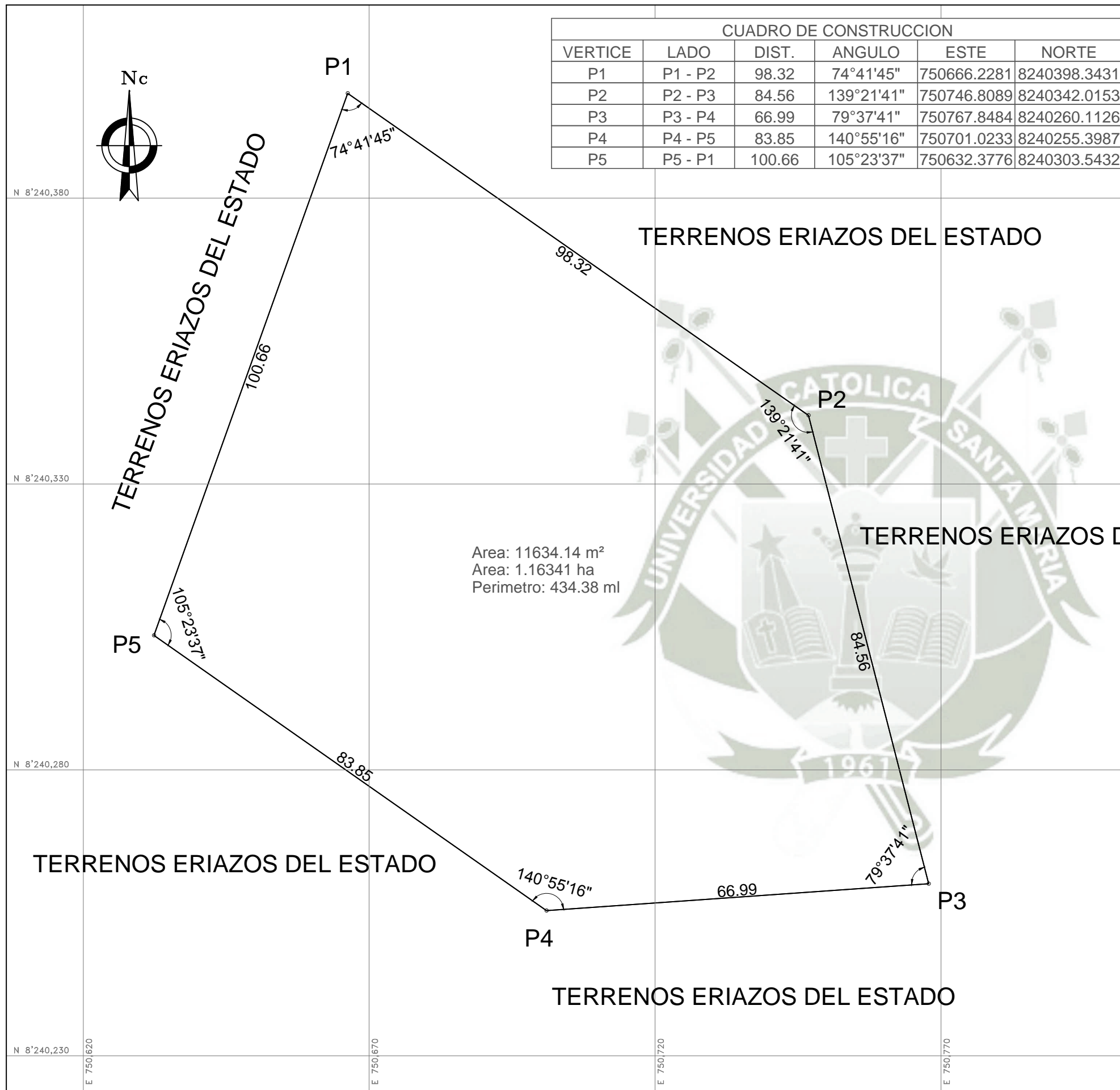
Área de cobertura de la precipitación

$$Ac = \frac{\pi \times (0,168 \text{ m})^2}{4} = 0,02216 \text{ m}^2$$

$$278 \text{ L} \rightarrow 1\text{m}^2$$

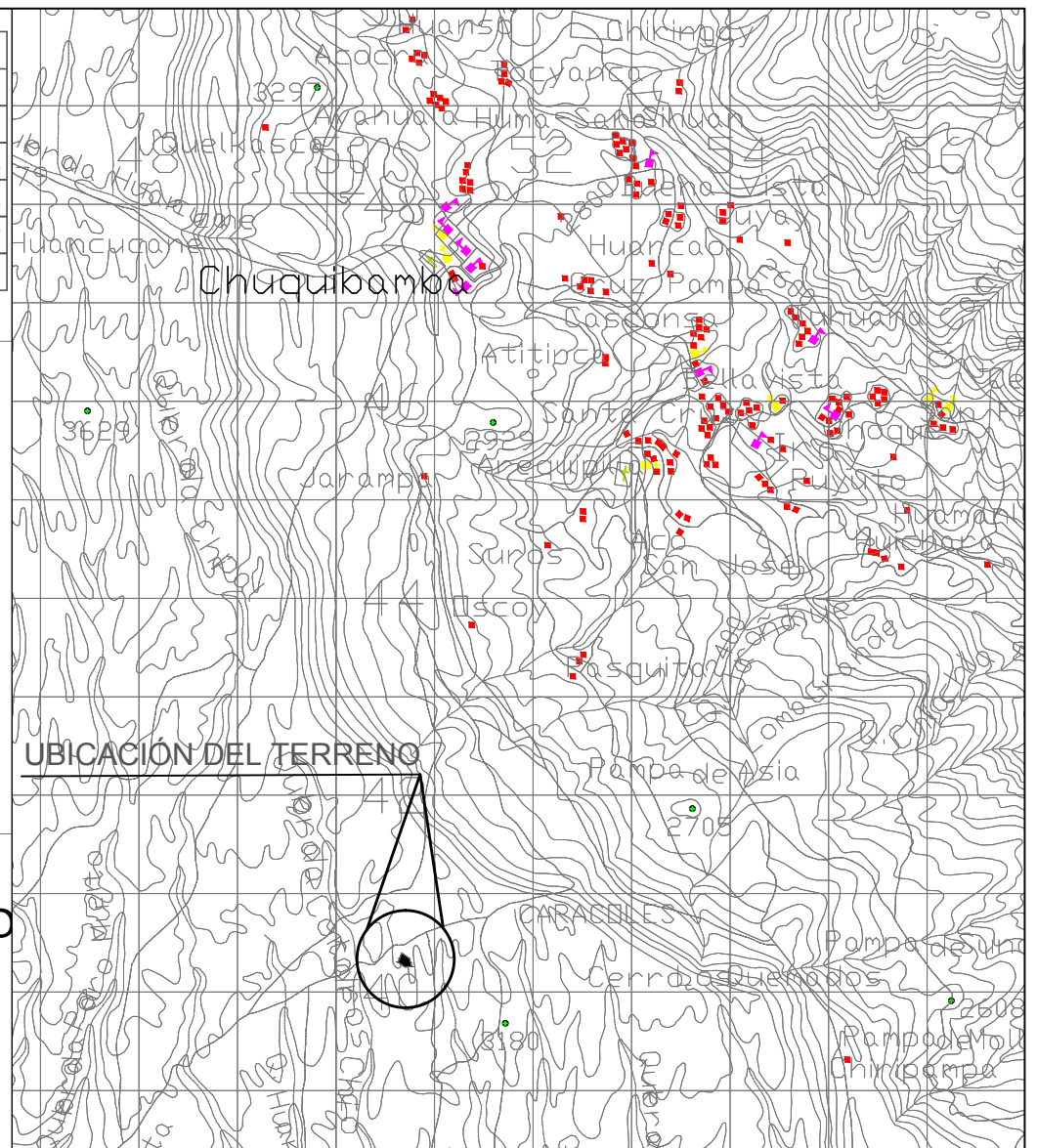
$$X \rightarrow 0,02216 \text{ m}^2$$

$$X = \frac{278 \text{ L} \times 0,02216}{1} = 6,16 \text{ L}$$



CUADRO DE CONSTRUCCION

VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	98.32	74°41'45"	750666.2281	8240398.3431
P2	P2 - P3	84.56	139°21'41"	750746.8089	8240342.0153
P3	P3 - P4	66.99	79°37'41"	750767.8484	8240260.1126
P4	P4 - P5	83.85	140°55'16"	750701.0233	8240255.3987
P5	P5 - P1	100.66	105°23'37"	750632.3776	8240303.5432



UBICACION DEL PROYECTO
ESCALA: 1/75000

COORDENADAS UTM

Datum : WGS84
Proyección : UTM - Zona : 18 S - Cuadrícula: K

UBIGEO: 040601 Dpto: Arequipa, Provincia Condesuyos
Distrito: CHUQUIBAMBA

Proyecto				
RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA				
Plano:				
PLANO DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO				
Escala: 1/750	Ubicación: Km 7.5 Carretera a pachana	Distrito: Chuquibamba	Provincia: Condesuyos	PLANO N°: UB-01
Fecha: Nov. 2016	Datum: WGS84	UBIGEO: 040601	Departamento: Arequipa	

ANEXO 5: CERTIFICADO DE COMPATIBILIDAD DE USO DEL ÁREA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONDESUYOS CHUQUIBAMBA

GERENCIA DESARROLLO URBANO Y CATASTRO

CERTIFICADO DE COMPATIBILIDAD DE USO

N° 003-2016-MPC/GDU

El suscrito Gerente de Desarrollo Urbano y Catastro de la Municipalidad Provincial de Condesuyos Ing. Yordy Santa Cruz Cárdenas.

CERTIFICA:

Que el predio cuenta con un área 11,634.14m² y está ubicado en el Cerro Los Quemados, en el distrito de Chuquibamba, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa, en las coordenadas:

Vértice	Coordenadas	
	Este	Norte
P1	750666.2281	8240398.3431
P2	750746.8089	8240342.0153
P3	750767.8484	8240260.1126
P4	750701.0233	8240255.3987
P5	750632.3766	8240303.5432

El predio se encuentra fuera del casco urbano de la localidad de Chuquibamba. El funcionamiento del Relleno Sanitario es COMPATIBLE con el plan de desarrollo aprobado de acuerdo a la reglamentación vigente.

Se expide el presente certificado a solicitud de la Municipalidad Provincial de Condesuyos para trámites que se estime convenientes.

Chuquibamba, 23 de diciembre del 2016



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
CONDESUYOS - CHUQUIBAMBA
Yordy Santa Cruz Cárdenas
DNI: 41128969
GERENTE

Trabajando Juntos por un Mañana Mejor

Av. Mariscal Castilla N° 106 Chuquibamba, Condesuyos - Arequipa
Teléfono: 054 474002 Celular: 954 000925 RPPM #954000925 Email: municondesuyos@yahoo.com . jcasquino2014@hotmail.com

ANEXO 6: CERTIFICADO NEGATIVO DE CATASTRO



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONDESUYOS CHUQUIBAMBA

CERTIFICADO CATASTRAL NEGATIVO DE EXPANSIÓN URBANA

N° 005 -2016-MPC-GDUYC

Estando el Informe Técnico favorable de la Gerencia de Desarrollo Urbano y Catastro de la Municipalidad, habiendo cumplido con presentar los requisitos pertinentes.

SE LE OTORGA:

A la **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONDESUYOS**, el presente **CERTIFICADO CATASTRAL NEGATIVO DE EXPANSIÓN URBANA** del terreno ubicado en:

PRIMERO.- Lugar : Cerro Los Quemados
Zona :
Sector :
Centro Poblado :
Distrito : Chuquibamba
Provincia : Condesuyos.
Región : Arequipa.

Vértice	Coordenadas	
	Este	Norte
P1	750666.2281	8240398.3431
P2	750746.8089	8240342.0153
P3	750767.8484	8240260.1126
P4	750701.0233	8240255.3987
P5	750632.3766	8240303.5432

SEGUNDO.- LINDEROS

Por el Norte : Terrenos eriazos del estado
Por el Sur : Terrenos eriazos del estado
Por el Este : Terrenos eriazos del estado
Por el Fondo : Terrenos eriazos del estado

TERCERO.- ÁREA Y PERÍMETRO

ÁREA : **11,634.14 m²**
PERÍMETRO : **434.38 m**

El mismo que se encuentra fuera de la Zona de Expansión Urbana.

Se expide la presente de acuerdo a lo solicitud presentada por el interesado y para los fines que crea por conveniente. Se adjunta plano.

Chuquibamba, 23 de diciembre del 2016



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
CONDESUYOS - CHUQUIBAMBA
Yordy Santa Cruz Carmona
DNI: 41125588
GERENTE

Trabajando Juntos por un Mañana Mejor

Av. Mariscal Castilla N° 106 Chuquibamba, Condesuyos - Arequipa
Teléfono: 054 474002 Celular: 954 000925 RPM #954000925 Email: municondesuyos@yahoo.com, jcasquino2014@hotmail.com

ANEXO 7: CERTIFICADO DE OPINIÓN FAVORABLE SERNANP



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional
de Áreas Naturales
Protegidas por el Estado

Dirección de Desarrollo
Estratégico

"Año de la consolidación del Mar de Grau"

15 DIC. 2016

Lima,

CERTIFICACIÓN N° 434 - 2016-SERNANP-DDE

Considerando la Carta S/N recibida el 06 de diciembre de 2016 (CUT- 032974-2016), suscrita por la Srta. Yessica Pamela Vizcardo Delgado, Representante de la Municipalidad provincial de Condesuyos, identificado con N° de DNI 74049028 y N° de RUC 20191802633; con domicilio fiscal en Av. Mariscal Castilla N° 106; distrito Chuquibamba, mediante la cual solicita la certificación de un área que denomina proyecto "Relleno sanitario manual del distrito de Chuquibamba", que se ubica tomando de referencia los límites políticos administrativos del INEI, en el distrito Chuquibamba, provincia Condesuyos, departamento Arequipa.

Se certifica en base a la información proporcionada que grafica la referida área que, ésta no se superpone a un Área Natural Protegida o Zona de Amortiguamiento, tal como se precisa en el informe N° 1322 - 2016-SERNANP-DDE y mapa adjunto.



Ing. Benjamín Lau Chiong
Director de Desarrollo Estratégico
SERNANP

Dirección: Calle Diecisiete N° 355, Urb. El Palomar – San Isidro, Lima-Perú.
Teléfonos: (51 1) 717-7500 / 225-2803
Web: www.sernanp.gob.pe

Fax: (51 1) 475-1555
Email: sernanp@sernanp.gob.pe

ANEXO 8: CÁLCULO DEL RIESGO DEL ÁREA



EVALUACION DE GESTIÓN DE RIESGOS DEL RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA, PROVINCIA DE CONDESUYOS Y REGIÓN AREQUIPA

RIESGO BAJO

Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias y/o Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad. Tsunami: Grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, Intensidad algo grandes y/o ligeras. Vulcanismo: piroclastos 1 000 000 m³, alcance menor a 100m, IEV menor a 1. Descenso de Temperatura: 0°C a 6°C, altitud menor a 3500msnm, nubosidad N es mayor o igual a 6/8 y menor o igual que 7/8, el cielo estará muy nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas menor a 50%, cercanía a la fuente de agua mayor a 1000m, intensidad media en una hora (mm/h) Moderadas: menor a 15. Sequia: incipiente, precipitaciones anómalas negativas menor a 50%. Sismo: menor a 4.4: Sentido por mucha gente, intensidad menor a V. Pendiente menor a 20°, Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados. Grupo Etario: De 15 a 50 años (hombres y mujeres). Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Organización social activa. Ingreso familiar promedio mensual mayor a 1200 soles. Población económicamente sostenible. Escaso porcentaje de deserción educativa. Difusión masiva y frecuente en medios de comunicación en temas de Gestión del Riesgo. Edificaciones en buen estado. Estructura de concreto armado y acero, con adecuadas técnicas de construcción. Edificaciones menores a 15 años. Viviendas con abastecimiento de agua y desagüe. Sistema de producción del área en estudio presenta importante inserción a la competitividad. Ambiental: áreas de bosques. Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación. Geología del suelo: zona sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas. Localización de centros poblados mayor a 5km. Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo. El desarrollo planificado del territorio, es un eje estratégico de desarrollo..

0.001 ≤ R < 0.005

CÁLCULO DEL RIESGO

De las consideraciones anteriores se tiene la siguiente evaluación de los riesgos:

PELIGRO	RIESGO				
	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
POR SISMOS			X		
INUNDACIÓN POR LLUVIAS EXTREMAS			X		
DESPLAZAMIENTOS		X			

Arq. Yrma Alida Linares Perea
C.A.R. 15412

18

ARQ.. YRMA ALIDA LINARES PEREA, CAP 15412, INSPECTORA ITSE NRO. 00019/CENEPRED/CONSULTORA,
E. MG. EN GESTIÓN URBANO AMBIENTAL, Y GESTIÓN DE RIESGOS

ANEXO 9: CIRA



PERÚ

Ministerio de Cultura

Dirección Desconcentrada de Cultura
de Arequipa

Arequipa, 3 de enero de 2017

OFICIO N° 015 -2017-DDC-ARE/MC

Señores:
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONDESUYOS.
Ciudad.

Ref.: Expediente N° 6248-2016

De mi consideración:

Por medio del presente se le cursa respuesta a su solicitud de expedición CIRA para el "RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA". Se ha considerado procedente su pedido, en razón de haberse efectuado la revisión de la documentación y la inspección de campo emitiéndose el Informe N° 013-2017-DMA-DDC/MC, del 3 de enero de 2017, de la Licenciada Ana Miranda Quispe, con R.N.A. N° Am-9501, donde se concluye que en el área materia del CIRA, no se encuentran vestigios arqueológicos en superficie, por lo cual se recomienda se otorgue el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos.

Así mismo la Municipalidad Provincial de Condesuyos y/o los responsables de la obra, deberán presentar y ejecutar en forma obligatoria un "**Plan de Monitoreo Arqueológico**", propuesta que deberá estar a cargo de un Licenciado en Arqueología para su aprobación y autorización correspondiente. Dicho monitoreo deberá contar con la supervisión del Ministerio de Cultura (Decreto Supremo N° 054-2013-PCM, Resolución Viceministerial N° 037-2013-VMPCIC-MC, y la Directiva N° 001-2013-VMPCIC/MC "Normas y Procedimientos para la emisión del Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) en el marco de los Decretos Supremos N° 054 y 060-2013-PCM).

El **Plan de Monitoreo Arqueológico**, permitirá que durante la ejecución de las obras y excavaciones, se tomen medidas de protección de las evidencias arqueológicas que puedan hallarse de manera fortuita.

En tal sentido, adjunto al presente, remitimos el certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos.

Por otro lado considerando que la presente certificación es solo de la superficie del terreno evaluado, esta quedara sin efecto, si en el proceso de remoción del mismo se hallasen restos arqueológicos, por lo cual se encuentran en la obligación legal (Ley N° 28296-04, D.L. N° 635-91) de paralizar las obras e informar inmediatamente al Ministerios de Cultura a fin de evaluar el caso.

Sin otro particular quedo de usted,

Atentamente,



FGC/DDC-ARE/MC
Amq/dma

Calle Ramon Castilla N° 745 Cayma-Arequipa-telefono: (054) 340397/www.mcultura.gob.pe

ANEXO 10: ESTRUCTURA DE LA ENCUESTA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONDESUYOS CHUQUIBAMBA

Encuesta de participación ciudadana sobre el proyecto de relleno sanitario del Distrito de
Chuquibamba - Provincia de Condesuyos – Región Arequipa

Nombre: _____ DNI: _____

1. ¿Sabe usted que es un relleno sanitario y cuáles son sus ventajas?

SI NO DESCONOCE

2. ¿Cree usted que un relleno sanitario genera más contaminación que un botadero?

SI NO DESCONOCE

3. ¿Le gustaría que la disposición de los residuos sólidos del distrito, se de en un lugar que cumpla con las exigencias ambientales y sanitarias?

SI NO NO OPINA

4. ¿Se encuentra de acuerdo con seleccionar dos áreas, como propuestas para realizar el relleno sanitario del distrito?

SI NO ⇒ ¿Por qué? _____

5. ¿Cree usted que el sector del cerro Murcopata, está lo suficientemente alejado de la población y se puede realizar estudios en el área, para que sea el relleno sanitario?

SI NO ⇒ ¿Por qué? _____

6. ¿Cree usted que el sector de Huamantambo, está lo suficientemente alejado de la población y se puede realizar estudios en el área, para que sea el relleno sanitario?

SI NO ⇒ ¿Por qué? _____

7. ¿Está satisfecho con la iniciativa de la municipalidad de mejorar la disposición de los residuos sólidos del distrito?

SI NO ⇒ ¿Por qué? _____

8. ¿Se encuentra dispuesto a participar de charlas de información ciudadana acerca del proyecto y brindar su apoyo para la ejecución de este?

SI NO ⇒ ¿Por qué? _____

9. ¿Su opinión a relación del proyecto del relleno sanitario es?

POSITIVA NEGATIVA ⇒ ¿Por qué? _____

ANEXO 11: ACTA DE CONSULTA CIUDADANA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONDESUYOS CHUQUIBAMBA

ACTA DE REUNIÓN DE CONFORMIDAD DE USO DEL ÁREA SELECCIONADA PARA EL RELLENO SANITARIO DE CHUQUIBAMBA, CON AUTORIDADES, LÍDERES Y POBLACION COLINDANTE

Chuquibamba – Condesuyos - Arequipa, siendo las 16:15 horas del día jueves 22, a convocatoria del responsable del cumplimiento de la META 36 del plan de incentivos (MEF-MINAM) “Implementar la Disposición Final Segura de Residuos Sólidos recolectados por el servicio municipal de limpieza pública”, se hicieron presente el Señor Alcalde Soc. **James Casquino Escobar**, presidentes de juntas vecinales del Distrito de Chuquibamba y vecinos de Chuquibamba e Iray.

Para tratar la siguiente agenda:

- Presentación de la importancia de construcción de un relleno sanitario en la Ciudad de Chuquibamba – Condesuyos.
- Conformidad de uso de las áreas pre-seleccionadas como alternativas para el relleno sanitario.

Como primer acto, se dio inicio a la reunión tomando la palabra el Sr. **Wilidoro L. Tellez Torres**, Responsable del Cumplimiento de la META 36 y Jefe de Área de Servicios Municipales y Ornato para informar a todos los presentes que en la actualidad, la municipalidad viene elaborando el “Estudio de selección de área para la disposición final segura de residuos sólidos municipales en el distrito de Chuquibamba”, con el asesoramiento de un equipo consultor, MINAM para lo cual se hace necesario, entre otros requisitos contar con al menos dos áreas seleccionadas como alternativas para el estudio de selección de área.

Como segundo acto, el Lic. **Edilberto Gómez Apaza** consultor externo a cargo del estudio, informa que es necesario contar con un relleno sanitario para la disposición final segura de los residuos sólidos del distrito de Chuquibamba, a fin de evitar que estos continúen siendo dispuestos en el actual botadero del distrito (**Sector Huamantambo**), buscando como objetivo final, disminuir los riesgos de salud de la población a contraer enfermedades. Seguidamente, se hace un resumen del estudio y la explicación de la diferencia entre un relleno sanitario y botadero, y de la importancia que los representantes de la población del Distrito de Chuquibamba tengan conocimiento y aceptación de lo que se busca con el estudio de selección de área y requisito indispensable ante la autoridad competente de Salud para su aprobación.

Como tercer acto, después de un amplio análisis colectivo de los presentes y luego de resolver todas las dudas, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Acuerdo N° 01.- Todos los presentes están plenamente de acuerdo a que se prosiga con el estudio de selección de área para el proyecto del relleno sanitario del distrito de Chuquibamba – Condesuyos.
- Acuerdo N° 02.- Los representantes de la población muestran su satisfacción por la iniciativa de la Municipalidad y se comprometen a brindar su apoyo para que el proyecto resulte un éxito.

Trabajando Juntos por un Mañana Mejor

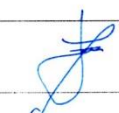
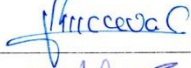








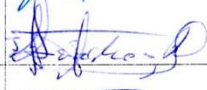


Av. Mariscal Castilla N° 106 Chuquibamba, Condesuyos - Arequipa
Teléfono: 054 474002 Celular: 954 000925 RPA: #954000925 Email: municondesuyos@yahoo.com, jcasquino2014@hotmail.com



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONDESUYOS CHUQUIBAMBA

- Asimismo, expresan su conformidad sobre la elección de las 02 alternativas como posibles áreas para el proyecto de relleno sanitario.

Siendo las 18:30 horas del 22 de diciembre de 2016, el Señor Alcalde da por concluida la reunión, agradeciendo la participación de consulta ciudadana y de todos los asistentes, por tanto se cierra la presente acta, firmando todos los presentes en señal de aprobación y conformidad.

Nombres y Apellidos	Cargo / Representante / Vecino	DNI	FIRMA
James Casquino Escobar	Alcalde Prou. Condesuyos	40477856	
Maria Julia Villanueva C	Regidora MP Condesuyos	29630789	
Ysenia Elizabeth Valdivia T.	Asistente	43576784	
Jesús G. Valdivia Torres	Presidente Nuevo Chuquibamba	30766613	
WILIBORO TELLEZ TORRES	SERVO. MUNICIPAL Municipalidad P.C.	09642849	
Daniilo serrano Albarracin	Pr. Barrio Buenos Aires	40549933	
Victor Hugo Herrera Chacalla	Vicepresidente Ampliación Copacabana	41790241	
Vicente Medino Medina	Presidente IRAY COOPABIC	29254242	
Ysania Kanu Onkudo Pj	Vicepresidenta Barro VALLECITO	29629254	
John L. Torres Fernandez	Presidente BARRO DGLIN	09137401	
Jose Moises Sanchez Rivera	Rivera	42022177	
Bonuncio Delatorre	Asistente	30760869	
Luis Carlos Yanque Caseres	Asistente	43180388	


Trabajando Juntos por un Mañana Mejor

Av. Mariscal Castilla N° 106 Chuquibamba, Condesuyos - Arequipa
Telefono: 054 474002 Celular: 954 000925 RPM #954000925 Email: municondesuyos@yahoo.com , jcasquino2014@hotmail.com

ANEXO 12: OPINIÓN FAVORABLE DE GERESA


GOBIERNO REGIONAL AREQUIPA
GERENCIA REGIONAL DE SALUD AREQUIPA
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL AREQUIPA

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"


RECORRIDO
12 MAY 2017
N° 136 V. 2017
Instituto de Sanidad
Arequipa, 09 de Mayo del 2017

OFICIO N° 3766 -2017-GRA/GRSA/GR-DESA-SB-RS.

Señor

Soc. James Casquino Escobar

Alcalde de la municipalidad Provincial de Condesuyos, Chuquibamba

Av. Mariscal Castilla N° 106. Chuquibamba - Condesuyos.

Presente.

ASUNTO : Solicita Opinión Técnica Favorable de Selección de Área para Relleno Sanitario de la Municipalidad Provincial de Condesuyos – Chuquibamba.

REFERENCIA : Oficio N° 115-MPC

T. DOCUMENTARIO : N° 32360-16

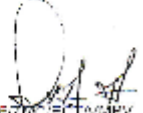
Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y de acuerdo al Oficio de la Referencia, hacerle llegar el Informe N° 181-2017-GRA/GRSA/GR-DESA-SB-RS, emitido por el Área de Residuos Sólidos de la Oficina de Saneamiento Básico en la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de la Gerencia Regional de Salud Arequipa; mediante el cual se emite la "**Opinión Técnica Favorable de Selección de Área**", al Expediente Técnico de Estudio de Selección de Área para Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales del distrito de Chuquibamba, Provincia de Condesuyos, de acuerdo con la normatividad vigente, Ley General de Residuos Sólidos D.L. N° 27314, su modificatoria Decreto Legislativo N° 1065, y su Reglamentación D.S. N° 057-2004-PCM, para su conocimiento y fines pertinentes.

Sin otro particular aprovecho la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



GOBIERNO REGIONAL AREQUIPA
GERENCIA REGIONAL DE SALUD
Méd. GUSTAVO E. RONDON FLORES
Gerente Ejecutivo de Salud


GERENCIA REGIONAL DE SALUD
D.E. Archivo DESA-RS

2017-2018
Servicios Operativos
Presupuesto correspondiente
11/1

ANEXO 13: SOLICITUD DIRIGIDA AL SENAMHI



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERÚ

“IN SCIENTIA ET FIDE ERIT FORTITUDO NOSTRA”
(En la Ciencia y en la Fe está nuestra Fortaleza)

Arequipa, 23 de mayo del 2017

CARTA N° 048-EPIA-2017

Señor
Blgo. GUILLERMO GUTIÉRREZ PACO
Director Zonal 6 del SENAMHI Arequipa
Presente.-

De mi especial consideración:

Tengo a bien dirigirle el presente para llevarle el saludo Institucional de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, y en especial de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, y a la vez presentarle a las señoritas bachilleres:

BRUNELA JESÚS BRICEÑO BEDOYA Y YESSICA PAMELA VIZCARDO DELGADO

Las mencionadas, se encuentran desarrollando el plan de tesis titulado: “DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN UN RELLENO SANITARIO PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA - CONDESUYOS, 2017”. Por tal motivo, le solicito se sirva brindar el permiso con el fin de que nuestras bachilleres puedan obtener la data histórica de las precipitaciones pluviales de los últimos 30 años de la estación meteorológica de Chuquibamba.

Por la atención que le merezca la presente y por las facilidades que le brinde a nuestras señoritas bachilleres para el cumplimiento de su cometido, desde ya, le manifestamos nuestro agradecimiento.

Para cualquier coordinación el número telefónico de la Universidad Católica de Santa María es el 054-382038, anexo de la Escuela Profesional es el 1411.

Conocedores de su amplio espíritu de colaboración, hago propicia la ocasión para reiterar los sentimientos de mi mayor consideración y deferencia personal.

Atentamente.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Ing. MILAGROS SOCORRO GUILLEN MALAGA
DIRECTORA DE LA ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MGM/DEPIA
C.c. Arch.
C.v.

ANEXO 14: DATA HISTÓRICA DE LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA


Variable	Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
PT101	1990	3,5	13,2	30,6	0	0,6	0,9	0	0		0	11,4	62,5
PT101	1991	3,2	2,1	51,4		0							
PT101	1993				2	0	0	0	3,3	0	8	0	0
PT101	1994	278,3		36,2	0,8	0	0	0		0	0	0,7	1,9
PT101	1995	49,1	0		0	0	0	0	0	1,4	0	4,1	0
PT101	1996	26,4		9,6	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PT101	1997	67,6		14,3	0	0	0	0	10,9	9,8	0	0	17,6
PT101	1998			26,8	26	0	0	4,2	0	0	0	0	30,2
PT101	1999	33,7	145,3	70,7	9,1	0	0	0	0	0	12,1	0	6,2
PT101	2000	173,1	71,3	47,2	0,7	0	0	0	0	0	0	0	3,8
PT101	2001	54,1	271,3	95	8	0	0	0	1,4	0	0	0	0
PT101	2002	79,3	106,3	41,1	3,9	0	0	8,7	0	0	0	5,4	10,3
PT101	2003	8,2	11,9	29,9	0	3,3	0	1,2	0	0	0	0	7,4
PT101	2004	55,4	52,7	2,1	0	0	0	17,1	0	0	0	0	2,8
PT101	2005	41,1	30	38,7	0	0	0	0	0	2,5	0	0,6	14,2
PT101	2006	19,1	101,8	29,6	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
PT101	2007	18,4	42	23,2	6,9	0	0	0	0	0	0	0	0,9
PT101	2008	106,6	40,9	0,7	1	0	0	0	0	0	0	0	1,1
PT101	2009	54,7	102,5	37,4	2,3	0	0	0	0	0	0	0	2,1
PT101	2010	2,6	33,9	0	18,7	1,5	0	0	0	0	0	0	0
STD		69,12	70,95	24,34	7,12	0,8	0,21	4,32	2,64	2,35	3,24	2,89	15,17
Media		59,69	68,35	32,47	4,2	0,27	0,05	1,64	0,87	0,76	1,06	1,17	8,68
Mediana		45,1	42	30,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	2,8
Suma		1074,4	1025,2	584,5	79,8	5,4	0,9	31,2	15,6	13,7	20,1	22,2	165
Max		278,3	271,3	95	26	3,3	0,9	17,1	10,9	9,8	12,1	11,4	62,5
Min		2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 15: RESULTADOS INICIALES DE LOS PARÁMETROS DEL LIXIVIADO



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📠 Aptdo. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA20G17.002856

Nombre del Cliente
 Dirección del Cliente
 RUC
 Condición del Muestreado
 Descripción
 Tamaño de muestra
 Fecha de Recepción
 Fecha de Inicio del Ensayo
 Fecha de Emisión de Informe
 Página

: Yessica Vizcardo Delgado
 : Av Jorge Chavez 712 IV Centenario
 : No corresponde
 : Por el cliente
 : Lixiviado de Residuos
 : 650 mL
 : 20/07/2017
 : 20/07/2017
 : 27/07/2017
 : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

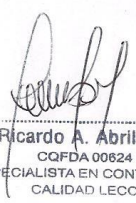
ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX -AA-030-SCFI-2001	5064,82

II. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:


ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	855,00

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



Wavelengths
Wavelength Name: WL600.0
Wavelength: 600.00 nm

Calibration Curve
Column for Cal. Curve: WL600.0
Cal. Curve Type: Multi Point
Cal. Curve Unit: mg/l
Selected Wavelength: WL600.0
Calibration Equation: $Abs = K1 * (Conc) + K0$
Zero Interception: Not Selected

Measurement Parameters(Standard)
Data Acquired by: Instrument
Delay sample read: Disabled
Repeat: Enabled
Repetitions: 2

Measurement Parameters(Sample)
Data Acquired by: Instrument
Delay sample read: Disabled
Repeat: Disabled

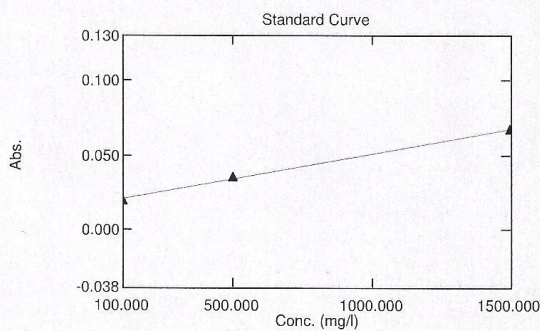
Equations

Pass Fail

Method Summary

Title:
Date/Time: 18/06/2012 06:26:32
p.m.

Comments:
Sample Preparations:



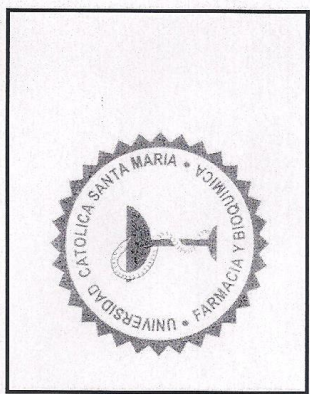
Correlation Coefficient $r^2 = 0.99735$
Standard Error of Estimate = 0.00175

Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600.0	Wgt.Factor	Comments
1	1	Std-Repeat		100.000	0.020	1.000	
2	1-2	Std-Repeat		100.000	0.020	1.000	
3	1-Avg	Average		100.000	0.020	1.000	Avg of preceding 2 Samples
4	2	Std-Repeat		500.000	0.035	1.000	
5	2-2	Std-Repeat		500.000	0.036	1.000	
6	2-Avg	Average		500.000	0.036	1.000	Avg of preceding 2 Samples
7	4	Std-Repeat		1500.000	0.067	1.000	
8	4-2	Std-Repeat		1500.000	0.067	1.000	
9	4-Avg	Average		1500.000	0.067	1.000	Avg of preceding 2 Samples
10							

Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600.0	Comments
1	lixiviado	Unknown		5064.821	0.186	
2						



REPORTE DE ANÁLISIS	
DATOS	
MUESTRA	Livido de Basura
CÓDIGO SIM	2856
DESCRIPCIÓN	
CANTIDAD	
FECHA	

DETERMINACION DE DBO								
CODIGO	VECES	DBO INICIAL	DBO FINAL (5 dias)	FACTOR DILUCION	RESULTADO (mg/L)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	CV%
A	1	3,400	0.50	300	870,00	855,00	#DIV/0!	2,48
	2	3,400	0.6	300	840,00			
B	1				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!			
C	1				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!			
C	1				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!			
C	1				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!			

ANALISTA	
Criterio de aseguramiento de calidad	NO
Duplicados	
METODO	
NORMA	

ANEXO 16: RESULTADOS FINALES DE LOS PARÁMETROS DEL LIXIVIADO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO Nº DE INFORME: ANA28H17.002905

Nombre del Cliente : Yessica Vizcardo Delgado
Dirección del Cliente : Av. Jorge Chavez 712 Cercado
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Lixiviado tratado
Tamaño de muestra : 50 mL
Fecha de Recepción : 28/08/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 28/08/2017
Fecha de Emisión de Informe : 04/09/2017
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX -AA-030-SCFI-2001	1780,20

II. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	810,0

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE
CALIDAD LECC



Wavelengths
Wavelength Name: WL600.0
Wavelength: 600.00 nm

Calibration Curve
Column for Cal. Curve: WL600.0
Cal. Curve Type: Multi Point
Cal. Curve Unit: mg/l
Selected Wavelength: WL600.0
Calibration Equation: $Abs = K1*(Conc) + K0$
Zero Interception: Not Selected

Measurement Parameters(Standard)
Data Acquired by: Instrument
Delay sample read: Disabled
Repeat: Enabled
Repetitions: 2

Measurement Parameters(Sample)
Data Acquired by: User Entry
Delay sample read: Disabled
Repeat: Disabled

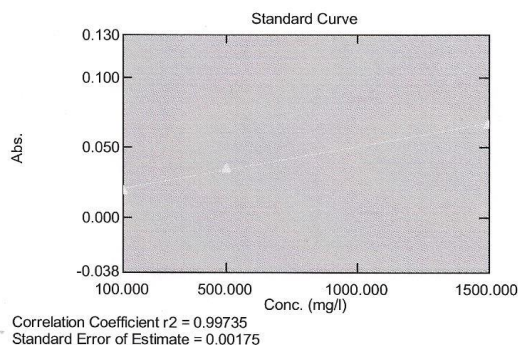
Equations

Pass Fail

Method Summary

Title:
Date/Time: 18/06/2012 06:26:32 p.m.
Comments:
Sample Preparations:

Instrument Properties
Instrument Type: UV-1700 Series
Measuring Mode: Absorbance



Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600.0	Wgt.Factor	Comments
1	1	Std-Repeat		100.000	0.020	1.000	
2	1-2	Std-Repeat		100.000	0.020	1.000	
3	1-Avg	Average		100.000	0.020	1.000	Avg of preceding 2 Samples
4	2	Std-Repeat		500.000	0.035	1.000	
5	2-2	Std-Repeat		500.000	0.036	1.000	
6	2-Avg	Average		500.000	0.036	1.000	Avg of preceding 2 Samples
7	4	Std-Repeat		1500.000	0.067	1.000	
8	4-2	Std-Repeat		1500.000	0.067	1.000	
9	4-Avg	Average		1500.000	0.067	1.000	Avg of preceding 2 Samples
10							

Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600.0	Comments
1	002905 R1	Unknown		1728.016	0.075	
2	002905 R2	Unknown		1758.068	0.076	
3	002905 R3	Unknown		1818.172	0.078	
4						



REPORTE DE ANÁLISIS	
DATOS	
MUESTRA	Lixiviado Tratado
CÓDIGO SIM	00 2905
DESCRIPCIÓN	Lixiviado Tratado
CANTIDAD	50 mL
FECHA	04/09/2017

DETERMINACION DE DBO						
CODIGO	VECES	DBO INICIAL	DBO FINAL (5 dias)	FACTOR DILUCION	RESULTADO	PROMEDIO
A	1	3.100	0.40	300	810.00	810.00
	2	3.000	0.30	300	810.00	810.00
B	1				#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!	#DIV/0!
C	1				#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!	#DIV/0!
C	1				#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!	#DIV/0!
C	1				#DIV/0!	#DIV/0!
	2				#DIV/0!	#DIV/0!

ANALISTA	
Criterio de aseguramiento de calidad	
Duplicados	NO
METODO	
NORMA	

ANEXO 17: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DEL RSM

