

Tipo de artículo: Artículo Original

Análisis de la metodología aplicada en la compactación del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa

Analysis of the methodology applied in the compaction of the sanitary landfill of the city of Jipijapa

José Francisco Villacreses Parrales^{1*} , <https://orcid.org/0000-0001-7450-6790>

Carlos José Zavala Vásquez² , <https://orcid.org/0000-0001-6265-2651>

Manuel Octavio Cordero Garcés³ , <https://orcid.org/0000-0002-4709-5874>

¹ Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad De Ciencias Técnica, Universidad Estatal Del Sur De Manabí. Ecuador. E-mail: villacreses-jose7046@unesum.edu.ec

² Facultad De Ciencias Técnica, Universidad Estatal Del Sur De Manabí. Ecuador.

³ Facultad De Ciencias Técnica, Universidad Estatal Del Sur De Manabí. Ecuador.

* Autor para correspondencia: villacreses-jose7046@unesum.edu.ec

Resumen

El manejo de los residuos sólidos es uno de los principales problemas que está afectando a la población de Jipijapa, pues el crecimiento poblacional de las últimas décadas ha ocasionado un aumento de residuos sólidos urbanos significativo. Por este motivo se consideró Analizar la metodología aplicada en la compactación del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa, pues en la actualidad esta no contempla con un adecuado plan de mejoramiento de residuos sólidos para abastecer la población futura. Aplicando de esta manera metodologías de carácter descriptivo, bibliográfico, empírico, exploratorio, y documental, especializados en rellenos sanitarios, manejos de desechos, residuos sólidos y diseños de celdas diarias de confinamiento. Fomentando de esta manera un buen plan de manejo de residuos sólidos optimo sin olvidar programas de capacitación y el equipamiento especial al personal que labora en el sitio de disposición final de Residuos Sólidos Urbano (RSU), pues una adecuada compactación de residuos sólidos, reduce el espacio y volumen ocupado, también provoca que los granos del material de cobertura diaria ingresen por los vacíos de la basura, obteniendo mayor firmeza de taludes y terrazas de residuos que se dispongan a crear.

Palabras clave: Residuos sólidos; población; relleno sanitario; plan de manejo de residuos sólidos.

Abstract

Solid waste management is one of the main problems that is affecting the population of Jipijapa, as the population growth in recent decades has caused a significant increase in urban solid waste. For this reason, it was considered to analyze the methodology applied in the compaction of the sanitary landfill of the city of Jipijapa, since at present it does not include an adequate plan to improve solid waste to supply the future population. Applying in this way descriptive, bibliographic, empirical, exploratory and documentary methodologies, specialized in sanitary landfills, waste management, solid waste and designs of daily confinement cells. Promoting in this way a good optimal solid waste management plan without forgetting training programs and special equipment for the personnel who work at the final disposal site of Urban Solid Waste (MSW), since an adequate compaction of solid waste reduces the occupied space and volume, it also causes the grains of the daily cover material to enter through the garbage voids, obtaining greater firmness of slopes and terraces of waste that are prepared to create.

Keywords: Solid waste, population, sanitary landfill, solid waste management plan.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Recibido: 12/10/2020
Aceptado: 22/12/2020

Introducción

En la actualidad los rellenos sanitarios en el mundo han tomado un curso adecuado en cuanto a las planificaciones de sus manejos, dejando atrás a los botaderos a cielo abierto que determinaban una mala práctica que además era nociva para con el medio ambiente y la salud de la población; Jipijapa toma conciencia y pone de manifiesto el interés de llevar un correcto manejo de sus residuos, siendo de trascendental importancia el control de la densidad de campo en el relleno sanitario.

De tal manera que la presente investigación hace mención al análisis de la metodología aplicada en la compactación del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa el cual permite llevar un adecuado vertido y distribución de los residuos sólidos urbanos (RSU), logrando de esta manera reducir los efectos contaminantes producidos por el mal manejo de estos.

El relleno sanitario es entendido hoy en día como aquella instalación destinada a la disposición final de residuos sólidos no reciclables ni aprovechables, diseñada para minimizar los impactos ambientales y reducir los riesgos sanitarios potencialmente generables por dichos residuos, a fin de controlar las reacciones y procesos propios de su descomposición dentro del mismo relleno, mediante procedimientos previstos y concebidos (SINA COLOMBIA, 2002), (Espinace et al., 2007)

El relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa se localiza a 4,30 kilómetros del terminal terrestre de la misma ciudad, accediendo por la autopista que une Jipijapa-Guayaquil, en el margen derecho ubicado en el sector denominado San Vicente. En las coordenadas geográficas UTM: 1°23'9.73"S, 80°34'28.48"Oy 283 m.s.n.m, tal como muestra la figura 1.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)



Figura 1. Ubicación del Relleno Sanitario de Jipijapa.

Fuente: Google Earth, 2020

Un correcto manejo de relleno sanitario, utiliza métodos ingenieriles con el fin de minimizar el área y volumen que ocupan los residuos sólidos, predice problemas que puedan causar los líquidos y gases por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Este estudio nos permitirá estipular el tiempo de vida útil de operación del relleno sanitario del cantón Jipijapa, ayudará también a determinar la demanda del servicio de disposición final de residuos sólidos y capacidad volumétrica del sitio, así mismo presenta un plan de operación y mantenimiento de rellenos sanitarios, los mismo que hacen mención a normas, procesos constructivos y también procesos de recursos humanos.

Materiales y métodos

El artículo científico fue de carácter descriptivo, bibliográfico, empírico, exploratorio, y documenta la poyada a través de estudios sistemáticos de fuentes primarias como libros, revistas científicas, revistas digitales referente a manejos y operación de rellenos sanitarios, acceso a plataforma de internet como Google Académico y estudios realizados al relleno sanitario de la Ciudad de Jipijapa, Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizados, tesis de grado en el Diseño Geométrico, Plan de Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario de Jipijapa, Guía práctica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos. (PROARCA). Manejo de los residuos sólidos construcción y recubrimiento de celdas, que destacan la importancia de la utilización de los rellenos sanitarios, además de la operación y manejo de los residuos sólidos en la que interviene como principal motivo de investigación la compactación de la basura y el método apropiado que se debería usar en el relleno sanitario de la Ciudad de Jipijapa.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Generación de residuos sólidos

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos que se producen en los domicilios, ya sea casas habitación, oficinas o pequeños comercios, así como los que provienen de cualquier otra actividad que se realiza en establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias y los que se producen en lugares públicos, siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (DOF, 2003).

El conocimiento de la generación total de residuos sólidos domésticos permite tomar decisiones sobre el equipo de recolección más adecuado, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para el tratamiento y la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa de limpieza pública (Sandoval Alvarado, 2008). La producción de RSU está dada por la relación:

$$P_B = PPC_t * P_f \quad (1)$$

Donde:

PB: Cantidad de RSU producidos por día (kg/día).

Pf: Población total (hab).

PPC_t: Producción per cápita(kg/hab/día).

Vida útil del relleno sanitario

Según (Sandoval Alvarado, 2008) se llama vida útil de un relleno sanitario al tiempo en años que se utilizará un sitio seleccionado para la disposición final de los residuos sólidos de una comunidad. La vida útil del sitio depende de muchas variables entre las que mencionamos las siguientes: el volumen disponible del mismo, de la cantidad de residuos sólidos a disponer y del método de operación (pág. 39).

Por los efectos recuperación de la inversión en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario, es recomendable que el dimensionamiento del mismo sea mayor a 10 años (Alcivar, 2020). (Gallardo, 2020) afirma que el volumen total del terreno para recibir los residuos sólidos dependerá, de la capacidad volumétrica del sitio, así como también, del material de cobertura diaria dispuesta para cada plataforma que conformará dicho relleno sanitario.

Celda diaria

De acuerdo con (Sandoval Alvarado, 2008) Se llama, celda diaria a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos municipales y al material de cubierta (tierra) debidamente compactados mediante un equipo mecánico (pág. 63). Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como (Viteri Romero, 2015):



- La cantidad diaria de desechos sólidos a disponer.
- El grado de compactación.
- La altura de la celda más cómoda para el trabajo manual.

Según (Lopez, 1994) la finalidad de la cobertura diaria de las celdas es evitar los impactos causados por:

- La proliferación de fauna nociva
- La dispersión de basura ligera por el viento
- Los malos olores
- La infiltración de agua pluvial
- Presencia de biogás y riesgo de incendios
- Estética

El tipo de material a emplear (arcilloso o granular) se propondrá de acuerdo a la función de control de impactantes que tenga mayor jerarquía. El espesor de la cubierta diaria suele considerarse entre 15 y 25 cm, haciéndose mayor en zonas en las que no se operará por más de un mes (unos 30 cm.). La cobertura final del relleno suele llegar a un espesor de 60 cm. La relación entre el volumen de material de cubierta y el volumen de residuos varía entre el 10 % y 25 %, siendo menor a mayor altura de la celda, aunque esta altura debe mantenerse dentro del rango de eficiencia operativo (Lopez, 1994), (Lemma, 2020)

Selección del equipo y vehículos requeridos para la operación del relleno sanitario

La construcción y operación del relleno sanitario requiere de equipo especializado cuya selección se realiza tomando en cuenta el método de operación y las condiciones de trabajo para el adecuado movimiento y compactación de los residuos sólidos y material de cubierta (Caterpillar, 1991). Cualquier relleno sanitario con operación mecánica, necesita máquinas para:

- Preparación de terreno, incluyendo desmonte y despalle.
- Compactación y manejo de residuos.
- Excavación, transporte y aplicación de cubierta diaria.
- Esparcimiento y compactación de la cubierta final.
- Trabajos generales y de limpieza.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta:

- Tonelaje y tipo de residuos a disponer y su proyección.



- Cantidad y tipo de material de cobertura.
- Distancia de acarreo del material de cobertura.
- Método de operación del relleno.
- Condiciones del tiempo, necesidades de compactación.
- Tareas complementarias.
- Recursos económicos.

Lo anterior implica que es esencial conocer la amplia variedad de diseños y de capacidades de rendimiento de las máquinas especializadas en rellenos sanitarios. La versatilidad es otro factor importante en la selección de maquinaria. Mientras más trabajos la máquina pueda hacer, menos necesidad hay de adquirir otros equipos. La figura 2 muestra la selección de equipos según el tonelaje diario de residuos, propuesta por (Caterpillar, 1991). (Espinace et al., 2007), (VALLE & CASTRELLÓN, 2019), (Artunduaga & Ríos, 2017).

Población	Toneladas	Equipo
0-20000	0-50 0-45*	D3C, 933C
20.000-60.000	50-150 45-136*	D6R ó 953C ó 816F
60.000-100.000	150-250 136-226*	D6R ó 953C y 816F
100.000-140.000	250-350 226-317*	D6R ó D7R ó 963C y 816F
140.000-200.000	350-500 317-453*	D6R ó D7R ó 963C y 816F u 826G
200.000-300.000	500-750 453-680*	D8R y 826G u 836G
300.000 y mas	750 y mas 680 y mas*	D9R y D10R u 836G/variedad de equipos de apoyo

* Toneladas métricas

Figura 2. Selección de Equipos Según el Tonelaje Diario de Residuos

Fuente: (Manual de manejo de desechos. Caterpillar. 1991.)

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados de la tabla 1, se considera que en la ciudad de Jipijapa se ha incrementado los servicios de recolección de los residuos sólidos desde los años 1990 hasta el 2010, sin embargo hasta esa fecha aún no se logra abastecer y cumplir el correcto funcionamiento de recolección al 100%, pues hasta el censo del año 2010 sólo logra



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

obtener una cobertura real del servicio de recolección de un 74.26%, logrando que la población incremente botaderos alternativos y quemas de basura por la necesidad de desaparecer los desechos de residuos sólidos producidos.

Tabla 1. Cobertura del servicio de Recolección

Parroquia	INEC 1990		INEC 2001		INEC 2010	
	Por carro recolector	Cobertura real	Por carro recolector	Cobertura real	Por carro recolector	Cobertura real
Jipijapa (Urbano)	3.796,00	64,20%	6.422,00	67,22%	9.347,00	68,12%
Jipijapa (Rural)	3,00	0,00%	43,00	0,01%	161,00	0,06%
La América	1,00	0,00%	90,00	0,06%	270,00	0,30%
El Anegado	6,00	0,00%	200,00	0,20%	512,00	0,76%
Julcuy		0,00%		0,00%	152,00	0,24%
La Unión		0,00%	86,00	0,09%	158,00	0,19%
Membrillal		0,00%	1,00	0,00%	181,00	0,55%
Pedro Pablo Gómez	5,00	0,00%	25,00	0,00%	291,00	0,35%
Puerto Cayo	14,00	0,01%	353,00	1,11%	586,00	3,70%
	3.825,00	64,21%	7.220,00	68,69%	11.658,00	74,26%

Fuente: Censos INEC; Elaborado por: (Alcivar, 2020, pág. 53)

Según los datos registrados en la tabla 2, entre los años 2017 y 2019, se obtuvo un promedio de 79.35% de Cobertura Urbana lo que significa que el servicio de recolección de residuos de Jipijapa aun no abastece a toda la población.

Tabla 2. Porcentaje de Cobertura de Servicio de Recolección.

Población	Unidad	2017	2018	2019
Población Atendida	(hab.)	38.188,04	38.929,44	39.670,83
Población INEC	(hab.)	47.911,67	48.693,99	49.487,50
% Cob. Urbana	(%)	79,71%	79,95%	80,16%
Promedio		79,35%		

Fuente: Censos INEC; Elaborado por: (Alcivar, 2020, pág. 54).

En la tabla 3, se identifican las principales fuentes de generación de residuos sólidos del año 2019 las cuales se detallan en la misma tabla, obteniendo como resultado que cada habitante produce por lo menos 0,8387 kg al día.

Tabla 3. Producción Per cápita de RSU – Jipijapa

Nº	Fuente	Kg/día	PPC		%
			Hab. 2019	Kg/Hab.día	
1	Doméstico	37.794	49.487	0,7637	91,06%
2	Barrido	250	49.487	0,0051	0,60%
3	Mercados	300	49.487	0,0061	0,72%



4	Centros comerciales	1.200	49.487	0,0242	2,89%
5	Centros educativos	750	49.487	0,0152	1,81%
6	Instituciones públicas	640	49.487	0,0129	1,54%
7	Hoteles	250	49.487	0,0051	0,60%
8	Moteles	100	49.487	0,0020	0,24%
9	Cárcel	222	49.487	0,0045	0,53%
10	Otros	0	49.487	0,0000	0,00%
	Total	41.506	49.487	0,8387	100,00%
PPC Dom. (Kg/hab.día)				0,7637	76,37%
PPC Varias fuentes (Kg/hab.día)				0,0750	7,50%
PPC Tot. (Kg/hab.día)				0,8387	83,87%
PPC Tot. (Tn/hab.año)				0,3061	

Fuente: UNESUM 2019 (como se citó en (Alcivar, 2020))

Del análisis de la producción Per cápita que se logró determinar en las tablas 1 y 2 respectivamente, obtenemos como resultado la capacidad volumétrica del relleno que necesitara para una operación óptima en un periodo de 10 años

Producción per cápita final:

$$PP_f = PP_a(1 + r^n) \quad (2)$$

$$PP_f = 0.838 \frac{kg}{hab \frac{día}}{día} * (1 + 1.2\%)^1$$

$$PP_f = 0.849 \frac{kg}{hab/día}$$

Producción de RSU al día:

$$P(RSU) = P_o * PP_f \quad (3)$$

$$PP_f = 50293 Hab * 0,849 \frac{kg}{hab \frac{día}}{día} * \frac{1tn}{1000 kg}$$

$$P(RSU) = 42,69 \frac{tn}{día}$$

Producción de RSU para el año 2020:

$$P(RSU) = 42,69 \frac{tn}{día} * \frac{365 día}{1año} \quad (4)$$



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

$$P(RSU) = 15.581$$

Tabla 4. Producción de RSU

N°	Año	Pob.	PPC (kg/hab /día)	Producción RSU			Cob. Recol. (%)	Recolección RSU		
				(Tn/día)	(Tn/año)	Acum.		(Tn/día)	(Tn/año)	Acum.
1	2019	49.487	0,839	41,51	15.150	15.150	79,35%	32,94	12.022	12.022
2	2020	50.293	0,849	42,69	15.581	30.731	80,00%	34,15	12.465	24.487
3	2021	51.112	0,859	43,90	16.023	46.753	80,66%	35,41	12.923	37.410
4	2022	51.943	0,869	45,13	16.474	63.227	81,31%	36,70	13.394	50.805
5	2023	52.787	0,879	46,40	16.935	80.162	81,96%	38,03	13.880	64.684
6	2024	53.644	0,889	47,69	17.407	97.570	82,61%	39,40	14.380	79.064
7	2025	54.519	0,899	49,02	17.892	115.461	83,26%	40,81	14.896	93.960
8	2026	55.406	0,909	50,37	18.386	133.848	83,91%	42,27	15.428	109.388
9	2027	56.309	0,919	51,76	18.893	152.740	84,56%	43,77	15.976	125.364
10	2028	57.229	0,929	53,18	19.412	172.152	85,21%	45,32	16.541	141.904
11	2029	58.168	0,939	54,64	19.944	192.096	85,86%	46,91	17.124	159.028
12	2030	59.121	0,949	56,13	20.488	212.584	86,51%	48,56	17.725	176.753
13	2031	60.094	0,959	57,66	21.046	233.629	87,16%	50,26	18.344	195.097
14	2032	61.085	0,970	59,23	21.617	255.246	87,81%	52,01	18.983	214.079
15	2033	62.098	0,980	60,83	22.204	277.450	88,46%	53,81	19.642	233.722
16	2034	63.129	0,990	62,48	22.804	300.255	89,11%	55,68	20.322	254.044
17	2035	64.181	1,000	64,16	23.420	323.675	89,77%	57,60	21.023	275.067
18	2036	65.254	1,010	65,89	24.051	347.726	90,42%	59,58	21.746	296.813
19	2037	66.353	1,020	67,67	24.700	372.426	91,07%	61,63	22.494	319.307
20	2038	67.471	1,030	69,49	25.364	397.791	91,72%	63,74	23.264	342.570

Fuente: Elaborado por: (Alcivar, 2020)

Esparcido y compactación de residuos sólidos:

Menciona (Sandoval Alvarado, 2008) que un aspecto importante para una mejor operación del relleno sanitario es la colocación y principalmente la compactación del residuo sólido; se debe de asegurarse una correcta compactación la cual mejorara también la capacidad del relleno. Este procedimiento reduce la cantidad de aire remanente en los



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

depósitos de residuos sólidos (el cual puede acelerar la descomposición, incrementar el olor, la propagación de superficie inflamable y la contaminación de agua), también se previene los espacios vacíos los cuales reducen la estabilidad de los residuos pudiendo provocar un colapso. Logrando una buena compactación se reduce la probabilidad de problemas futuros. En una compactación de residuos sólidos entre mayor es la capa, menor es la densidad a la que puede compactar la máquina.

- Se recomienda que la máquina pase por encima de los residuos sólidos entre 3 a 6 veces para maximizar la compactación con lo que se espera obtener una densidad de 850 a 950 kg /m³.
- Homogeneizar y distribuir los desechos frente al trabajo y colocarlos en capas de no más de 30 - 50 cm de espesor. Para esto, el operador se basará en un control visual de la altura de la capa o puede ayudarlo con una estaca graduada como referencia.
- Crear un frente de trabajo con una contra pendiente de aproximadamente 1 m de altura por 3 m de base, a la vez que se trabaja el material de abajo hacia arriba, rompiendo, acomodando y compactando los residuos.

Según (Alcivar, 2020) los residuos se distribuyen a una altura de 1,50 m. Una vez que se alcanza esta altura, se cubrirá una capa de 0,20 m de material de excavación para las dos primeras capas y de 0,30 m para la tercera capa, debiendo alcanzar en estas 4 capas una altura de 12 m, hasta un máximo 13 m. Para las siguientes capas se repiten las medidas antes indicadas.

La altura de las plataformas, incluyendo la capa de cobertura diaria, se encuentra entre 3,20 y 3,30 metros, esto depende de la necesidad de cobertura y de tráfico de vehículos cuando se planifican caminos de acceso en la celda diaria. En el último caso mencionado, la altura de cobertura puede aumentarse hasta 50 cm para permitir la estabilidad en la carretera y garantizar una entrada segura de vehículos a la celda diaria.

Control de compactación:

- La terminación de la celda, una vez que se ha esparcido y compactado con el material de cobertura, se recomienda conservar una leve pendiente, del orden del 1 % al 2 % hacia su parte posterior. El objeto de la pendiente es la de reducir la posibilidad de afloramiento de fluidos percolados en el momento de sobreponer una celda sobre otra
- Las celdas diarias de disposición final deberán ser controladas con un topógrafo el cual indicara las coordenadas y dimensiones establecidas para ese día.
- Los vehículos cargados con residuos sólidos ingresarán a la celda diaria respectiva donde el residente de trabajo supervisará la operación en coordinación con la báscula para mantener un registro especial de control de pesaje.



Afirma (Caterpillar, 1991) que el contenido de humedad también afecta considerablemente la densidad de compactación, ya que el agua ablanda materiales como papel y cartón y permite una consolidación más sólida, no obstante, mientras mayor es el contenido de humedad aumenta la probabilidad de formación de fluido de percolación, por lo que es recomendable controlar dicho factor dependiendo de una estación climatológica (pág. 157).

Conclusiones

Es necesario que el relleno sanitario de la ciudad de jipijapa contemple la implementación de un plan de mejoras en la operatividad y disposición de los residuos sólidos urbanos. El contenido de humedad uno de los factores que afecta considerablemente a la compactación de la basura, y al tratamiento por capas de relleno. Mientras mayor es el contenido de humedad aumenta la probabilidad de formación de fluido de percolación, lo que hace necesario controlar dicho factor considerando datos de estación climatológica. Para impedir la inestabilidad de los taludes de residuos sólidos en el relleno sanitario de la ciudad de jipijapa es aconsejable conservarlos con una inclinación de 3H: 1V y no sobrepasar alturas de 3 metros, evadiendo así deslizamientos de tierra.

Conflictos de intereses

Los autores de la presente investigación declaran que no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: José Francisco Villacreses Parrales, Carlos José Zavala Vásquez, Manuel Octavio Cordero Garcés.

Curación de datos: José Francisco Villacreses Parrales, Carlos José Zavala Vásquez, Manuel Octavio Cordero Garcés.

Análisis formal: José Francisco Villacreses Parrales.

Investigación: José Francisco Villacreses Parrales, Carlos José Zavala Vásquez.

Metodología: Carlos José Zavala Vásquez.

Supervisión: Carlos José Zavala Vásquez.

Validación: Manuel Octavio Cordero Garcés.

Visualización: José Francisco Villacreses Parrales.



Redacción – borrador original: José Francisco Villacreses Parrales, Carlos José Zavala Vásquez, Manuel Octavio Cordero Garcés.

Redacción – revisión y edición: José Francisco Villacreses Parrales, Carlos José Zavala Vásquez, Manuel Octavio Cordero Garcés.

Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa, ha sido financiada por los autores.

Referencias

- Alcivar, J. (2020). “Diseño Geométrico, Plan de Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario de Jipijapa”. UNESUM, 48.
- Caterpillar. (1991). Manual de Manejo de Desechos.
- DOF. (08 de Octubre de 2003). Ley general para la prevencion y gestion integral de los residuos. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión.
- Gallardo, P. (2020). Ingeniería de Vertederos. UNESUM.
- Lopez, F. (1994). Diseño de rellenos sanitarios. Facultad de Ingenieria U.N.A.M., 3.
- PDOT. (2015). Actualizacion del plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Secretaria Nacional de Planificación y desarrollo , 342.
- Sandoval Alvarado, L. (2008). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado. Red de Instituciones Especializadas en captación, 39.
- SINA COLOMBIA. (2002). Guia Ambiaental de Relleno Sanitario . 17.
- Viteri Romero, J. P. (2015). “Diseño de una celda diaria de confinamiento de residuos sólidos para el actual relleno sanitario del Tena” . Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 37.
- Artunduaga, T. H. S., & Ríos, J. F. R. (2017). Ciudad compacta vs. ciudad difusa Ecos antiguos y recientes para las políticas de planeación territorial y espacial. Cuaderno urbano, 22(22), 29-52. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/crn/article/download/2042/1782>
- Espinace, R., Palma, J., Peña, A., Villavicencio, G., Bossier, D., Bacconnet, C., & Gourves, R. (2007). Nueva alternativa para el control de compactación de tranques de relave. El penetrómetro PANDA. Revista de la Construcción, 6(2), 33-41. <https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619405003.pdf>



Lemma, M. H. (2020). Entre el modelo de ciudad compacta y las lógicas empresariales. Fragmentación del espacio urbano residencial en la Ciudad de Córdoba, 1991-2010.

VALLE, M. E. A., & CASTRELLÓN, O. F. (2019). Determinación del coeficiente de permeabilidad de jales en un permeámetro de carga constante y pared flexible. *Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges: Proceedings of the XVI Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVI PCSMGE)*, 17-20 November 2019, Cancun, Mexico,



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)