

# RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y SU RELACIÓN CON EL PAGO DEL SERVICIO EN LA CIUDAD DE PUNO

## COLLECTION AND TRANSPORTATION OF SOLID URBAN WASTE AND ITS RELATIONSHIP WITH THE PAYMENT OF THE SERVICE IN THE CITY OF PUNO

Raúl Cornejo Calvo<sup>1</sup>

Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, Av. Sesquicentenario N.º 1154 Ciudad Universitaria, Puno, Perú, reydraul@hotmail.com

**Resumen**— Este trabajo de investigación tiene el propósito de determinar la relación de la recolección y transporte de los Residuos Sólidos Urbanos, con el pago del servicio por el poblador de ciudad de Puno, para lo cual la metodología empleada fue la regresión lineal múltiple (MRLM), los datos se consolidaron de la Municipalidad Provincial de Puno (MPP), para una mejora en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Se identificó la cantidad de Residuos Sólidos Urbanos, la capacidad de transporte de RSU, se evaluó el pago por los servicios de limpieza y transporte de los RSU que brinda la MPP. La generación de RSU de la ciudad de Puno, es de 78.68 Tn.día<sup>-1</sup>, significa que los residuos sólidos en un mes es de 2,393.18 Tn.mes<sup>-1</sup>. La capacidad de transporte de los RSU de la ciudad de Puno, de los vehículos compactadores que cuenta la MPP es de 2,329.00 Tn.mes<sup>-1</sup> para recolectar y transportar a su disposición final. Teniendo un déficit de 48.92 Tn.mes<sup>-1</sup> de RSU, en transporte para su disposición final. Evaluando la recaudación por concepto de limpieza pública (que incluye la recolección, transporte y disposición final de RSU, según informe emitido por la Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública de la Municipalidad Provincial de Puno, el gasto total anual para estos servicios es de S/. 5'546,456.04, sin embargo, la recaudación por concepto de limpieza pública es de S/. 1'452,897.46, presentándose un déficit de S/ 4'093,558.58 por limpieza pública que realiza la Municipalidad Provincial de Puno, para dicho fin.

**Palabras clave**— Capacidad de transporte, servicio de limpieza, pago del servicio, recolección, residuos sólidos urbanos.

**Abstract**— This research work has the purpose of determining the relation of the collection and transport of the Urban Solid Residues, with the payment of the service by the population of the city of Puno, for which the methodology used was the multiple linear regression (MRLM), the data was consolidated from the Provincial Municipality of Puno (MPP), for an improvement in the management of Urban Solid Waste (RSU). The amount of Urban Solid Waste, the transport capacity of the RSU was identified, the payment for the cleaning and transportation services of the RSU provided by the MPP was evaluated. The generation of RSU of the city of Puno, is 78.68 Tn.day<sup>-1</sup>, means that solid waste in a month is 2,393.18 Tn.m<sup>-1</sup>. The transportation capacity of the RSU of the city of Puno, of the compactor vehicles that the MPP has is 2,329.00 Tn.m<sup>-1</sup> to collect and transport to its final disposal. Having a deficit of 48.92 Tn.mes<sup>-1</sup> of RSU, in transport for its final disposal. Evaluating the collection for public cleaning (which includes the collection, transport and final disposal of RSU, according to a report issued by the Sub Management of Environmental Management and Public Health of the Provincial Municipality of Puno, the total annual expenditure for these services is S / .5,546,456.04, however, the collection for public cleaning is S / .1,452,897.46, showing a deficit of S / 4'093,558.58 for public cleaning carried out by the Provincial Municipality of Puno, for this purpose.

**Keywords**— Transportation capacity, cleaning service, payment of the service, collection, urban solid waste.

\*Corresponding author: reydraul@hotmail.com

### 1 INTRODUCCIÓN

En México se han realizado estudios de generación y composición de residuos sólidos domésticos (RSD), sin embargo, no han sido específicos para localidades urbanas pequeñas. Para realizar una gestión adecuada de RSD, que permita a los municipios desarrollar una planeación estratégica es importante contar con datos confiables (Castillo & Medina, 2014).

El incremento de habitantes y su concentración en núcleos urbanos como resultado del progreso e industrialización que si bien implica grandes beneficios, trae preocupación global por la generación de gran cantidad de residuos sólidos, protección de ecosistemas, de recursos naturales; provocan grandes impactos sobre la naturaleza: Suelo, aire, agua, fauna, flora y el ser humano; impacto que puede ser muy difícil de disminuir y cuando se emprendan las acciones para lograrlo a su costo es demasiado alto (Meléndez, 2014).

La generación de residuos sólidos del ámbito municipal durante el 2013, considerando exclusivamente el ámbito urbano del país llegó a 18 533t/día; de ello, la recolección y transporte convencional con fines de disposición final alcanzaron en promedio el 87,5 % (16 216 t/día). De estos, solo 7 656 t/día de residuos fueron dispuestos en un relleno

sanitario autorizado, mientras que 8 545 t/día terminaron en botaderos municipales y 300,3 t/día en otros destinos no especificados, vinculados principalmente a centros poblados urbanos sin servicio de recolección de residuos sólidos. La Generación Per Cápita (GPC) para el año 2013 tuvo un valor 0,56 kg/hab./día en el ámbito nacional. Los valores representativos para la costa, sierra y selva son 0,588, 0,513 y 0,553 kg/hab./día respectivamente; se observa que para todos los casos la GPC muestra una tendencia de disminución de sus valores con respecto al año 2012 (MINAM, 2014).

La gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Puno se ha visto agravada por el crecimiento poblacional, hábitos de consumo, flujos migracionales, factores que inciden en una mayor generación de residuos sólidos. La capacidad operativa para la recolección, transporte, equipamiento, almacenamiento y barrido de residuos sólidos, al año 2014 se ha mejorado en tanto todavía se tiene limitaciones, el 45% del personal de limpieza presenta un detrimento de la capacidad física, por motivos de enfermedades, motivo por el cual existen conflictos entre los usuarios y los servidores de limpieza, todos estos hechos dan motivo a que el índice de morosidad sea significativo (Municipalidad Provincial de Puno, 2013).

Por ello, el conocimiento respecto a la generación y composición de residuos sólidos domésticos es importante para los tomadores de decisiones (Taboada *et. al.* 2011).

Actualmente en Colombia los procesos de Gestión Integral de Residuos Sólidos no contemplan la minimización en la producción de residuos sólidos como estrategia, por lo cual prevalece la acumulación de residuos sólidos en rellenos sanitarios, y su producción, en aumento, dado el crecimiento poblacional (Montoya & Martínez, 2013).

Estimando la cantidad que se genera de residuos sólidos urbano sabremos cuanto se tiene para su disposición final, determinando la capacidad de transporte de los vehículos camiones compactadores sabremos si no quedara saldos de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Puno, Evaluando el pago por el servicio de recolección limpieza y transporte de residuos sólidos urbanos que brinda la Municipalidad Provincial de Puno sabremos si con el monto recaudado por dicho servicio es suficiente para dicho fin, con la aplicación del método de Regresión Lineal Múltiple en la presente investigación, nos dará a conocer la deficiencia o la eficiencia de la recolección y transporte de residuos sólidos urbanos de la municipalidad Provincial de Puno, con relación al pago del poblador Puneño, para un adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos en los aspectos medioambiental y salud, utilizados para este fin en muchas centros poblados, poblaciones, ciudades y países.

### 3 MATERIALES Y METODOS

#### Variables Analizadas

- Identificación de residuos sólidos generados por el poblador puneño.
- Realizar capacidad de transporte de residuos sólidos.
- Proponer incremento de pago por servicios de limpieza de residuos sólidos urbanos.
- Para contrastar la hipótesis, se empleó el método de regresión lineal múltiple (MRL), cuyo modelo estadístico es.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + e_i$$

$Y_i$  = Consumo de combustible.

$X_{i1}$  = Costo de transporte y recolección.

$X_{i2}$  = Distancia de recorrido de los compactadores.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  : Parámetros desconocidos del modelo a ser estimado.

$e_i$  : Es el error residual aleatorio.

Seguidamente se realizará la selección de la mejor ecuación con la finalidad de reducir el modelo a través del método de selección STEPWISE, por presentar variables independientes mayor a dos.

#### Operacionalización de Variables

Para el presente trabajo de investigación se tiene las siguientes variables

- Variables Independientes (Vi)

Vi = Costo, Distancia y Número de camiones Compactadoras.

- Variables Dependientes (Vd)

Vd = residuos sólidos

Para la presente investigación se empleó el paquete de computo estadístico, SAS V. 9.00 para obtener el análisis de varianza para las variables de estudio, el AutoCAD 2017, programa AutoCAD Civil 2017, Microsoft Office Excel 2007, Wase y Microsoft Office Word 2007.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### PARA ESTIMAR LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SU DISPOSICIÓN FINAL

De informe de N° 021 – 2016 - MPP - GMAS/SGGASP/JJTC, de la generación de residuos sólidos, obtenido de la Sub gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública de la Municipalidad Provincial de Puno, es de **78.68 Tn/día** entonces, significa que los residuos sólidos en un mes son de aproximadamente de **2393.18 Tn/mes**. Del monitoreo superficial de fecha marzo del 2016, la generación de residuos sólidos urbanos de los contenedores de la ciudad de Puno, es de 15.26 Tn./día, con referencia al 97.77 % de la capacidad total del todos los contenedores disponibles en la ciudad de Puno. Los contenedores que son monitoreados, no cubren los lugares de difícil acceso para los camiones compactadoras. Sobre el particular coincidimos con, Aguilar *et al.*, (2010), Quienes en su investigación mencionan que, el crecimiento urbano ha causado un incremento en la generación de residuos domésticos, de manejo especial e industriales no peligrosos. Dichos residuos son acumulados en los sitios de disposición final; los cuales, sin un manejo apropiado, pueden producir problemas de contaminación de aire, agua y suelo, así como de salud pública. En cuanto a la generación de residuos sólidos coincido con la (Municipalidad Provincial de Puno, 2015), Para el distrito de Puno la generación per cápita promedio de residuos sólidos domiciliarios es de 0.55 Kg/hab/día. La generación total de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Puno es de 78.68 Ton/día y la proyección para el 2026 es de 104.89 Ton/día.

### PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para dichos resultados se obtuvieron de acuerdo a los datos de informe de N° 021 – 2016 - MPP - GMAS/SGGASP/JJTC obtenido de la Sub gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública de la Municipalidad Provincial de Puno, para los 7 camiones compactadores que cuenta la Municipalidad en el año 2015, siendo lo siguiente.

VEHICULO COMPACTADOR	AÑO DE FABRICACIÓN	CAPAC. DEL VEHICULO POR VIAJE (m³/Viaje)	DENSIDAD DE R.S.U. SEGUN TIPO DE VEHICULO (t/m³)	EFFECTIVIDAD POR VIAJE (%)	CAPACIDAD EFECTIVA DE RECOLECCIÓN POR VIAJE (t/Viaje)	NRO. DE VIAJE/MES (Viaje)	RECOLECCIÓN PROMEDIO POR VEHICULO (t/mes)
		A	B	C	D=A*B*C	E	F=D*E
Volvo: C9G-751	2012	20	0.500	85	8.500	52.00	442.00
Volvo: EGI-026	2012	15	0.500	85	6.375	48.00	306.00
Volvo: EGI-237	2012	20	0.500	85	8.500	60.00	510.00
Volvo: XO-6242	2003	15	0.500	85	6.375	88.00	561.00
Volvo: XO-6241	2003	15	0.500	85	6.375	24.00	153.00
Volvo: GZK-612		15	0.500	85	6.375	24.00	153.00
Mitsubishi: WJ-1864		20	0.500	85	8.500	24.00	204.00
CAPACIDAD TOTAL DE TRANSPORTE/VIAJE =							2329.00

Figura 1. Capacidad de transporte de los vehículos recolectores de la MPP. Fuente: Elaboración adaptado de acuerdo a la base de datos de la Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública.

De la figura 1. Se teniendo una Capacidad de Transporte/Viaje= 2329.00 t/mes de los 07 vehículos compactadores.

### PARA EVALUAR EL PAGO DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN, LIMPIEZA Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE BRINDA LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO

De informe N° 021 – 2016-MPP-GMAS/SGGASP/JJTC, en la parte de gasto presupuestal durante el año 2015, se tiene un presupuesto institucional de S/. 6424716.00, ejecución devengada UE de S/. 5'546,456.04, comparando con datos de ejecución presupuestal, de ingresos año fiscal 2015, en el rubro de limpieza pública que recauda un total de S/. 1'452,897.46.

Analizando el gasto de Ejecución de Devengados UE, durante el año 2015 en cuanto a limpieza, recolección, transporte, disposición final, pagos al personal de la “Gerencia de medio Ambiente y Servicios”, Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública, con presupuesto de ejecución de devengada UE es de S/. 5'546,456.04, restando el costo de recaudación por concepto de limpieza pública de S/. 1'452,897.46 = S/. 4'093,558.58, el resultado de lo expuesto es el déficit en costo por recolección, limpieza y transporte pública que realiza la Municipalidad Provincial de Puno.

Nº	PLACA	MARCA	CAPACIDAD EN m³	RECORRIDO EN EL AÑO 2015 (km)	CONSUMO COMBUSTIBLE	COSTO COMBUSTIBLE (S/.)
1	XO-6241	volvo -C9G-751	20	16775.55	1832.04	21617.88
2	XO-6242	volvo -EGJ-026	15	17586.52	1920.48	22662.36
3	XO-6250	Volvo -EGJ-237	20	22310.41	2436.36	28749.6
4	XO-6261	Volvo -XO-6242	15	26259.87	2867.64	33838.2
5	XO-6221	Volvo -XO-6241	15	7394.73	807.6	9529.44
6	XO-6245	Volvo -GZK-612	20	10147.34	1108.68	13082.76
7	XO-6228	Mitsubishi-WJ-1864	15	7451.11	813.72	9601.8
				107925.53	11786.52	139082.04

Figura 2. Recorrido, consumo y costo de combustible de los 7 camiones compactadores en el año 2015

El recorrido total de los 7 camiones compactadores en el año 2015 es de 107,925.53 km. en cuanto al consumo total de combustible del año 2015 de los 7 camiones compactadores es de 11,786.52 galones de petróleo. Equivalente a 139,075.04 nuevos soles.

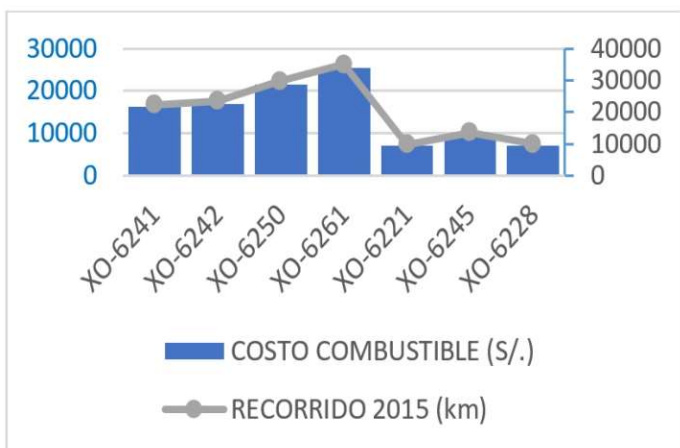


Figura 3. Relación entre costo de combustible y recorrido de los 7 vehículos compactadores en el año 2015, marzo del 2018.

Otros gastos de combustible de vehículos que trabajan en recolección y transporte de residuos sólidos tales como camión baranda, volquete, tractor sobre oruga, cargador frontal, las moto cargas el consumo aproximado total de combustible en el año 2015 es de 82,464.00 nuevos soles.

El costo del consumo de combustible de los 7 camiones compactadores más la suma de otros vehículos que trabajan en recolección y transporte de residuos sólidos para su disposición final, hacen un total aproximado de 221,539.27 nuevos soles.

### PARA EVALUAR EL PAGO DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN, LIMPIEZA Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE BRINDA LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO.

De informe de N° 021 – 2016-MPP-GMAS/SGGASP/JJTC, en la parte de gasto presupuestal durante el año 2015, se tiene un presupuesto institucional de S/. 6'424,716.00, ejecución devengada de S/. 5'546,456.04, comparando con datos de ejecución presupuestal, de ingresos año fiscal 2015, en el rubro de limpieza pública que recauda un total de S/. 1'452,897.46

Analizando el gasto de Ejecución de Devengados, durante el año 2015 en cuanto a limpieza, recolección, transporte, disposición final de residuos sólidos urbanos, pagos al personal, de la “Gerencia de medio Ambiente y Servicios”, Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública, con presupuesto de S/. 5'546,456.04, restando con el costo de recaudación por concepto de limpieza pública de S/. 1'452,897.46 = S/. 4'093,558.58, el resultado de lo expuesto es el déficit en costo por recolección, transporte y limpieza pública que realiza la Municipalidad Provincial de Puno. Sobre el particular coincidimos Akhtar, Ahmad, Qureshi, & Shahrzad, (2017), en su investigación, basado en la encuesta de desechos sólidos existentes instalación de gestión, el área carece de un suministro adecuado de contenedores de recogida de residuos y vehículos para el transporte de desperdicio.

Para la presente investigación se emplea el paquete de cómputo estadístico, SAS V. 9.00 para poder tener el análisis de varianza para las variables del estudio.

TABLA 1

#### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLE EN ESTUDIO.

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Signif.
Debido a Regresión	2	36.03382	18.01691	5.00	ns.
Error Residual	4	14.41338	3.60334		
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>50.4472</b>			

#### 4 MODELO ESTIMADO

El modelo estimado para el presente trabajo de investigación fue:

$$\hat{Y}_i = -396.88 + 0.32 \times PRECIO + 0.002 \times DIST$$

$$\hat{Y}_i = \text{Consumo de combustible.}$$

- Por cada un sol que se paga aumenta en 0.32 soles en promedio en el consumo de combustible, cuando se mantiene constante la variable distancia.
- Por cada un kilómetro que se traslada existe un incremento de 0.002 en promedio

## 5 CONCLUSIONES

- La generación de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Puno, de los datos obtenido de la Sub gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública de la MPP, es de 78.68 Tn./día, significa que los residuos sólidos en un mes es de 2,393.18 Tn./mes.
- Del monitoreo superficial en marzo del 2016 de la MPP, cuya capacidad de almacenamiento de los residuos sólidos urbanos en los contenedores de la ciudad de Puno, es de 15.26 t/día, con referencia al 97.77 % de la capacidad total de los contenedores disponibles en la ciudad de Puno.
- La capacidad de transporte de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Puno por los vehículos compactadores que cuenta la MPP, es de 2,329.00 Tn/mes es recolectado y transportado para su disposición final por los vehículos compactadores que cuenta la MPP. Teniendo un déficit de 48.92 Tn/mes en recolección y transporte para su disposición final.
- Evaluando la recaudación por concepto de limpieza pública (que incluye para recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos urbanos), de informe emitida por la Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Salud Pública de la Municipalidad Provincial de Puno, con presupuesto de ejecución de devengada es de S/. 5'546,456.04, realizando la resta con el costo de recaudación por concepto de limpieza pública que es de S/. 1'452,897.46 = S/. 4'093,558.58, el resultado presenta un déficit en costo por limpieza pública que realiza la Municipalidad Provincial de Puno, para dicho fin.
- El consumo de combustible, de todos los vehículos motorizados para la limpieza y transporte de residuos sólidos urbanos, se tiene un costo aproximado total de S/. 221,539.27 nuevos soles.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aguilar, Q., Armijo, C., Taboada, P., & Aguilar, X. (2010). Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario. *Revista de Ingeniería*, 32, 16–27.
- [2] Akhtar, S., Ahmad, A., Qureshi, M., & Shahraz, S. (2017). Disposición de los hogares a pagar por una gestión mejorada de los residuos sólidos. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 3 ( 2 ) , 1 4 3 – 1 5 2 . <https://doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.02.003>
- [3] Castillo-González, E., & de Medina-Salas, L. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(1), 81–90.
- [4] Melendez, A. (2014). Impacto Ambiental Producido Por Los Residuos Sólidos Urbanos Y Su Influencia En La Preservación Del Ecosistema Urbano En La Ciudad De Puno –2014., 197–206.
- [5] MINAM. (2014). Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/residuos>
- [6] Montoya, C., & Martínez, P. (2013). Diagnóstico del manejo actual de residuos sólidos (empaques) en la Universidad El Bosque. *Producción + Limpia*, 8(1), 80–90.
- [7] Municipalidad Provincial de Puno (2013) Plan Integral de Gestión Ambiental de residuos sólidos de la provincia de Puno.
- [8] Municipalidad Provincial de Puno (2015). Estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de Puno. P u n o . Retrieved from [siar.minam.gob.pe/puno/download/file/fid/59707](http://siar.minam.gob.pe/puno/download/file/fid/59707)
- [9] Taboada, Paul A.; Aguilar, Virgen Quetzalli; Ojeda Benitez, Sara. (2011). Statical Analysis of domestic solid wastec in a border municipality of Mexico. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 10.

