

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y**  
**AMBIENTAL**



**ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE CAMIONES**  
**RECOLECTORES COMPACTADORES PARA EL**  
**EFICIENTE SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS**  
**SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA CIUDAD DE JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Autores:** Bach. Jicson Einstein Campos Castillo

Bach. Lili Yulisa Cubas Pérez

**Asesores:** Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernandez Zarate

**JAÉN – PERÚ, MAYO 2022**

Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

El día 09 de junio del año 2022, siendo las 16:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado de manera virtual, mediante el enlace <https://meet.google.com/yur-jifu-hcu?authuser=0>:

Presidente : M.Sc. HANDRY MARTÍN RODAS PURIZAGA

Secretario : PhD. WILFREDO RUIZ CAMACHO

Vocal : Dra. DELICIA LILIANA BAZAN TANTALEAN, para evaluar la Sustentación del informe final:

( ) Trabajo de Investigación

( X ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

*"Análisis de la demanda de camiones recolectores compactadores para el eficiente servicio de recolección de residuos sólidos municipales en la ciudad de Jaén"*, presentado por los Bachilleres Jicson Einstein Campos Castillo y Lili Yulisa Cubas Pérez de la escuela profesional de Ingeniería forestal y ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( X ) Aprobar

( ) Desaprobar

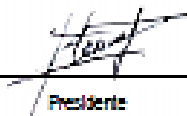
( X ) Unanimidad

( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 16:50 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

ii



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

# ÍNDICE

|  | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN.....   | vi   |
| ABSTRACT.....  | vii  |
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| II. OBJETIVOS.....   | 3    |
| 2.1. Objetivo general.....   | 3    |
| 2.2. Objetivos específicos.....  | 3    |
| III. MATERIAL Y MÉTODOS.....   | 3    |
| 3.1. Ubicación y descripción del área de estudio.....                                | 3    |
| 3.2. Materiales y equipos.....   | 3    |
| 3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....                   | 4    |
| IV. RESULTADOS.....  | 9    |
| 4.1. Caracterización de la generación de los residuos sólidos municipales (RSM)..... | 9    |
| 4.2. Estimación de la demanda de camiones recolectores compactadores (CRC).....      | 17   |
| 4.3. Proyección de la demanda futura de camiones recolectores compactadores (CRC)..  | 19   |
| V. DISCUSIONES.....  | 22   |
| VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....  | 24   |
| 6.1. Conclusiones.....   | 24   |
| 6.2. Recomendaciones.....  | 24   |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 25   |
| AGRADECIMIENTO.....  | 30   |
| DEDICATORIA.....   | 30   |
| ANEXOS.....  | 31   |



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

ii



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Estimación de la población en Jaén para el año 2013, 2015, 2017 y 2019 .....                                 | 11   |
| Figura 2. Tendencia de arribos al año a la ciudad de Jaén .....  | 13   |
| Figura 3. Tendencia de arribos al día a la ciudad de Jaén .....  | 13   |
| Figura 4. Tendencia de población de diseño estimada .....  | 14   |
| Figura 5. Generación per cápita de RSM de la ciudad de Jaén para el año 2013, 2015, 2017 y 2019 .....                  | 15   |
| Figura 6. Generación anual de RSM en la ciudad de Jaén .....   | 16   |
| Figura 7. Caracterización de la generación de los RSM en la ciudad de Jaén para los años 2013, 2015, 2017 y 2019 ..... | 17   |
| Figura 8. Comparación de generación de RSM en función a los ECRS y a la metodología de Zafra (2009) .....              | 19   |
| Figura 9. Tendencia de CRC necesarios para los años 2013, 2015, 2017 y 2019. ....                                      | 22   |
| Figura 10. Proyección de CRC necesarios entre el 2019 y el 2039.....   | 23   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Datos empleados para estimar la población de la ciudad de Jaén .....  | 10   |
| Tabla 2. Reporte de la encuesta mensual de turismo para establecimientos de hospedaje desarrollada por el MINCETUR ..... | 12   |
| Tabla 3. Población de diseño estimada .....  | 14   |
| Tabla 4. Coeficientes punta de generación .....  | 18   |
| Tabla 5. Generación de diseño de RSM: (Gd).....  | 19   |
| Tabla 6. Datos técnicos para cálculo de itinerarios/día .....  | 20   |



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

Tabla 7. N° de itinerarios/día de CRC ..... 21  
Tabla 8. N° de viajes de CRC por jornada laboral ..... 21

## SIGLAS

Cpd: Coeficiente punta diario

Cpddh: Coeficiente punta diario de distribución heterogénea

Cps: Coeficiente punta semanal

CRC: Camiones recolectores compactadores

ECRS: Estudio de caracterización de residuos sólidos

Gd: Generación de diseño de residuos sólidos municipales

GPC: Generación per cápita

MINAM: Ministerio del Ambiente

MINCETUR: Ministerio de comercio exterior y turismo

MPJ: Municipalidad Provincial de Jaén

PIGARS: Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos

RR.SS.: Residuos sólidos

RSM: Residuos sólidos municipales

SIGERSOL: Sistema de información para la gestión de residuos sólidos



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

v



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## RESUMEN

La gestión de los residuos sólidos municipales (RSM) es un problema al que se enfrentan las ciudades. El objetivo fue determinar la demanda de camiones recolectores compactadores (CRC) para el eficiente servicio de recolección de RSM en la ciudad de Jaén. La caracterización de los RSM fue recogida de los estudios de caracterización de residuos sólidos (ECRS) de la MPJ. La población de Jaén fue estimada tomando en cuenta la data de incremento poblacional de la ciudad del censo del año 2007 y 2017, además de la fórmula de crecimiento poblacional compuesto, sumado a esto se ha calculado la población flotante (visitantes/año) para determinar la población de diseño. El cálculo de los CRC se determinó considerando un coeficiente de punta semanal de 1.6, un coeficiente punta diario de distribución heterogénea de 1.67 y seis días de trabajo a la semana. Se evidenció que el mayor porcentaje de RSM generados está formado por residuos orgánicos y se estimó que la demanda actual de CRC es de nueve y que irá incrementando en uno cada ocho años. Se concluye que la cantidad de CRC con los que dispone la MPJ no son suficientes para satisfacer la demanda de RSM generados a diario.

**Palabras clave:** *coeficiente punta, estudio de caracterización, población flotante, residuos orgánicos.*



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

v 

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## ABSTRACT

Municipal solid waste management (MSW) is a problem facing cities. The objective was to determine the demand for compactor collection trucks (CRC) for the efficient RSM collection service in the city of Jaén. The characterization of the RSM was collected from the solid waste characterization studies (ECSR) of the MPJ. The population of Jaén was estimated taking into account the date of population increase of the city in the 2007 and 2017 census, in addition to the compound population growth formula, added to this has been calculated the floating population (visitors/year) to determine the design population. The calculation of the CRC was determined by considering a weekly peak coefficient of 1.6, a daily peak coefficient of heterogeneous distribution of 1.67 and six working days per week. It was evident that the highest percentage of MSY generated is formed by organic waste and it was estimated that the current demand for CRC is nine and that it will increase in one every eight years. It is concluded that the amount of CRC available to the MPJ is not sufficient to satisfy the demand for RSM generated on a daily basis.

**Key words:** *characterization study, floating population, organic waste, peak coefficient.*



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

v



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo





## I. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos que se generan en un municipio, se denominados residuos sólidos municipales (RSM), están compuestos por residuos orgánicos, papel, vidrio, plásticos, latas, textiles y otros (Jurič, 2006; Jin, 2016). Estos RSM se generan diariamente y son considerados un problema debido a factores como: la expansión demográfica, falta de recursos económicos en las municipalidades, deficiencias en la educación y conciencia ambiental. Este problema se ve reflejado en un deficiente sistema de recojo de RSM, escasa limpieza de áreas públicas y en la existencia de botaderos, los que son focos de contaminación, presencia de vectores transmisores de diferentes enfermedades y daño a la belleza paisajística (Gonzales, 2021).

En la ciudad de Jaén se evidencia el incremento de su población ligado a la presencia de pobladores del campo que emigran a la ciudad trayendo consigo mayor generación de RSM acompañado de la carencia del compromiso ambiental de la sociedad en colaborar con la segregación y recuperación de los residuos antes de ser entregados al servicio de recolección que realiza la Sub Gerencia de Limpieza Pública de la Municipalidad Provincial de Jaén (MPJ). Esta realidad genera la creación de zonas de vertimiento de residuos y la adquisición eventual de vehículos idóneos destinados a la recolección en bruto de los RSM.

A través de la plataforma del sistema de información para la gestión de residuos sólidos (herramienta SIGERSOL) administrada por el Ministerio del Ambiente (MINAM) para registrar, procesar y difundir información sobre la gestión y manejo de los RSM, la MPJ en el año 2019 reportó el informe de resumen general anual, indicando contar con la operatividad de cinco (05) camiones recolectores compactadores (CRC) de carga manual y con caja fija, con capacidad promedio de 6.2 m<sup>3</sup>, cubriendo un total de 31 m<sup>3</sup>/viaje y 62 m<sup>3</sup>/día de un total de 311.5 m<sup>3</sup>/día de RSM; siendo 249.5 m<sup>3</sup>/día de RSM recolectados por otro tipo de vehículos no convencionales como: camiones baranda, volquetes, moto cargueras, triciclos y camionetas los cuales no son apropiados para brindar el servicio de



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

1



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate




Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

recolección de RSM. Sin embargo, este servicio aparenta no abastecer a la ciudad de Jaén, evidenciado en la continua presencia de zonas destinadas a su almacenamiento informal e ilegal lo que genera el malestar en la población.

Hernández y Santana (2018) indican que los vehículos empleados para la recolección y transporte de RSM deben ser empleados de acuerdo con las necesidades del sector y cumpliendo con las rutas que estén diseñadas y que faciliten el recorrido de los vehículos a fin de recorrer por todos los puntos donde se generan residuos. Huaccha (2017) argumenta que los vehículos recolectores realizan el servicio dependiendo del estado mecánico y la viabilidad financiera de la operación, lo que se traduce en variaciones de recorrido, frecuencia y cobertura en zonas específicas de la ciudad bajo diferentes circunstancias. La recolección de RSM es un desafío de acuerdo a las particularidades del terreno, las condiciones climáticas y el espacio limitado para los vehículos recolectores de residuos (Terioja et al., 2012).

Zafra (2009) demostró que el volumen de producción y recolección cambia con el tiempo, debido al desarrollo económico y el tipo de consumo de la sociedad, lo que se traduce en la generación elevada de RSM originando un problema ambiental. Ante esto, Ronen et al. (1983) señalan que es necesario aplicar metodologías que sirvan de guía para la estimación del número adecuado de CRC necesarios en una localidad. Además la recolección de los RSM es tarea indispensable para las autoridades y comprende entre el 5 y el 25% de los gastos municipales (McLeod y Cherrett, 2011).

Actualmente, en la ciudad de Jaén, la población crece constantemente de la mano con un mayor movimiento y generación de RSM así como la creciente demanda de CRC. Bajo este contexto, la investigación tiene el propósito de (1) caracterizar la generación de los RSM en los años 2013, 2015, 2017 y 2019, (2) estimar la demanda de CRC necesarios en el servicio de recolección de RSM en los años 2013, 2015, 2017 y 2019, (3) proyectar la demanda futura de CRC necesarios para el servicio de recolección de RSM en la ciudad de Jaén.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Analizar la demanda de camiones recolectores compactadores para el eficiente servicio de recolección de residuos sólidos municipales en la ciudad de Jaén.

### 2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la generación de los residuos sólidos municipales en los años 2013, 2015, 2017 y 2019.
- Estimar la demanda de camiones recolectores compactadores necesarios en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales en los años 2013, 2015, 2017 y 2019.
- Proyectar la demanda futura de camiones recolectores compactadores necesarios para el servicio de recolección de residuos sólidos municipales.

## III. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en la ciudad de Jaén, distrito y provincia de Jaén. Se ubica en el sector Nor Oriental de la región Cajamarca, en la latitud sur 05° 15' 15'' y longitud oeste 78° 48' 29''. Ver anexo 1.

### 3.2. Materiales y equipos

**Materiales de escritorio:** cuadernos de apuntes, bolígrafo, resaltados, laptop, USB, cámara fotográfica y material documental vigente del 2013, 2015, 2017 y 2019 referido a: estudios de caracterización de residuos sólidos (ECRS – MPJ);



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

3



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

reporte en el SIGERSOL – MPJ; plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS–MPJ).

**Equipos y software:** Microsoft Office Profesional 2019.

### 3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

El estudio se realizó de acuerdo al método analítico documental ya que se puntualizó la búsqueda de información relacionada a: la naturaleza de las características de los residuos sólidos generados por la población de la ciudad de Jaén (RSM); la capacidad real de recolección que ofrece el servicio de limpieza pública de la MPJ; datos reales de los ECRS - MPJ de los años 2013, 2015, 2017 y 2019; reporte en el SIGERSOL – MPJ y PIGARS – MPJ vigente.

Se realizó el análisis documentario de información bibliográfica vigente, aprobada y publicada por la MPJ y el MINAM (datos recopilados de Sub Gerencia de Limpieza Pública de la MPJ) considerando observaciones referidas al registro sistemático, válido y confiable de los datos recabados. Luego se contempló el dato de generación per cápita (GPC) de RSM en el año 2013, 2015, 2017 y 2019, para con ello determinar las toneladas reales de RSM generados al día, contemplando el incremento de la población (temporada alta anual) y las particularidades fisiográficas de Jaén (pendiente vial, sentido de vías, acceso a botadero controlado) para el cálculo de la estimación de demanda de CRC de 8 m<sup>3</sup> necesarios para el servicio de recolección en la MPJ considerando la proyección de la demanda futura de CRC por un periodo de 20 años.

#### 1. Caracterización de la generación de los RSM de los años 2013, 2015, 2017 y 2019

##### a. Población

Se empleó la data de incremento poblacional de la ciudad de Jaén acorde a la información recopilada de los Censos Nacionales de los años 2007 y 2017, además de la aplicación de la fórmula de crecimiento poblacional compuesto.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

4



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

$$P_t = P(1 + r)^t$$

Donde:

P<sub>t</sub>: Población total después de t años

P<sub>0</sub>: Población inicial

r: Tasa de crecimiento anual expresada en decimales

t: Número de años después del año inicial

## b. Población de diseño

Para obtener cálculo de población de diseño, se consideró la tasa de crecimiento poblacional en relación al Censo Nacional del año 2007 y 2017, además se consideró la presencia de población flotante (visitantes/año) según datos de la encuesta mensual de turismo para establecimientos de hospedaje desarrollada por el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR en los años 2013, 2015, 2017 y 2019. Con la data de esta encuesta se ajustó la generación de RSM considerando su incremento en temporadas altas/año.

Específicamente en la ciudad de Jaén por contar con un potencial económico y atractivos turísticos, se evidenció que existe un flujo significativo de turistas (> 10 000 visitantes/mes) quienes pernoctan en esta ciudad como población flotante por razones de negocio, visita de familiares o investigación (Huaccha, 2017).

## c. Generación per cápita de (GPC) y caracterización de los RSM de la ciudad de Jaén

La data de los ECRS de la ciudad de Jaén de los años 2013, 2015, 2017 y 2019 permitió identificar la GPC anual y la caracterización de la composición física porcentual de los RSM y con ello determinar la ecuación lineal  $y=0.01x + 0.62$  para proyectar la GPC desde el 2021 hasta el 2039.

## 2. Estimación de la demanda de CRC en los años 2013, 2015, 2017 y 2019



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

5



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

**a. Estimación de la generación de RSM de diseño (Gd) acorde a coeficientes punta de generación**

La estimación de generación de RSM de diseño se determinó de acuerdo a lo propuesto por Zafra (2009) en función a los coeficientes punta de generación, que se rigen en función a la “existencia o no de data anual de generación de RSM en una localidad”, siendo:

- Coeficiente punta semanal: Cps
- Coeficiente punta diario: Cpd
- Coeficiente punta diario de distribución heterogénea: Cpddh

Estos tres (3) coeficientes son empleados para tomar en cuenta la variación temporal de las tasas de generación y recolección de los RSM, sin embargo, durante el desarrollo de la presente investigación se identificó que en los instrumentos de gestión de residuos de la ciudad de Jaén (E CRS, PIGARS, reporte SIGERSOL) no se desarrollaron estudios anuales de producción diaria (Cpd) de RSM, por lo que se consideró emplear los siguientes valores típicos acorde a lo señalado por (Tejero et al., 2002).

- **Para el Cps (adimensional):** Los valores típicos oscilan entre 1.5 – 1.9. Para pequeñas localidades los valores se acercan a 1.9 y para grandes localidades los valores se acercan a 1.5. En esta investigación se empleó el Cps 1.6 por ser Jaén una ciudad que superar el umbral de los 100 000 habitantes en zona urbana.
- **Para el Cpddh (adimensional):** Si la recogida de los RSM no se realiza los 7 días de la semana, se debe añadir este coeficiente ya que los RSM recogidos presentan variaciones de acuerdo al número de recogidas y a la distribución de estas a la semana. En esta investigación se consideró seis (6) días a la semana para las operaciones de recogida de los RSM en Jaén, teniendo en cuenta que los domingos no se realizan labores municipales. Para su cálculo se consideró el siguiente intervalo:



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

6



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

$$Cpddh = \left[ \frac{7}{n} ; 1 + \frac{7}{n} \right]$$

Donde:

n; representa el número de días a la semana en los cuales se realizan las operaciones de recogida de los RSM

Con la definición del valor del coeficiente punta semanal “Cps” y del coeficiente punta diario de distribución heterogénea “Cpddh”, se procedió a estimar la generación de RSM de diseño “Gd” en t/día, considerando la expresión propuesta por Zafra (2009).

$$Gd = GPC * Población * Cps * Cpddh$$

### 3. Proyección de la demanda futura de camiones recolectores compactadores (CRC)

#### a. Número de itinerarios de CRC necesarios por día

Para determinar el número de itinerarios necesarios para recoger la generación diaria de RSM se utilizó la expresión respaldada por Zafra (2009).

$$\text{Itinerarios} = Gd / (Vc \times pc)$$

Donde:

Gd representa la producción de diseño para la recolección en t/día.

Vc el volumen de la caja en m<sup>3</sup>.

pc la densidad de los residuos en el interior del CRC en t/m<sup>3</sup>.

#### b. Número de viajes de CRC por jornada laboral

Para calcular el número de viajes por jornada laboral se utilizó la expresión avalada por Zafra (2009).



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

7



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

$$\text{Viajes} = \text{JL} / T_{\text{itinerario}}$$

Donde:

JL: representa la jornada laboral.

$T_{\text{itinerario}}$ : representa el tiempo total del itinerario de recolección por CRC en horas.

**c. Número de camiones recolectores compactadores (CRC).**

Finalmente, para determinar el número total de CRC necesarios para la recolección de los RSM se utilizó la siguiente expresión respaldada por Zafra (2009).

$$\text{CRC} = T_{\text{itinerarios}} / \text{Viajes}$$

Donde:

Itinerarios: es el número de viajes necesarios para recolectar la generación de RSM de diseño.

Viajes: representa el número de viajes por jornada laboral que puede realizar un CRC.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización de la generación de los residuos sólidos municipales (RSM)

#### a. Población de la ciudad de Jaén

En la **Tabla 1** se indican los datos que fueron extraídos de Censos Nacionales de los años 2007 y 2017- INEI para la estimación de la población de la ciudad de Jaén considerando la fórmula de crecimiento poblacional compuesto:  $P_t = P_0 (1 + r)^t$ , donde  $r = 1.06$ .

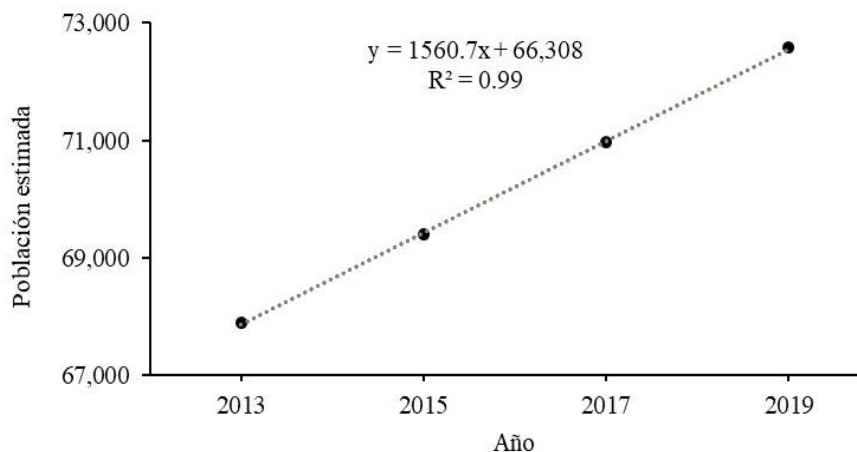
**Tabla 1.** Datos empleados para estimar la población de la ciudad de Jaén

| Ítems                           | Referencia |        |
|---------------------------------|------------|--------|
| Año                             | 2007       | 2017   |
| Población                       | 63 208     | 70 214 |
| Tasa de crecimiento poblacional | 1.06       |        |

Fuente: Censos Nacionales de los años 2007 y 2017- INEI

En la **Figura 1** se presenta la estimación del incremento poblacional de la ciudad de Jaén el cual es ascendente desde el 2015 al 2019.

**Figura 1.** Estimación de la población en Jaén para el año 2013, 2015, 2017 y 2019



**b. Población de diseño estimada en la ciudad de Jaén**

En la **Tabla 2** se presenta el reporte de la encuesta mensual de turismo para establecimientos de hospedaje desarrollada por el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR en los años 2013, 2015, 2017 y 2019 en la ciudad de Jaén además en la **Figura 2** y **Figura 3** se ilustra el aumento anual y diario de arribos de población flotante a esta localidad debido a las oportunidades de turismo y comercio en el nororiente.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

1



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

**Tabla 2.** Reporte de la encuesta mensual de turismo para establecimientos de hospedaje desarrollada por el MINCETUR

| Año  | Numero de arribos/ mes |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Total          |            |
|------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|------------|
|      | Ene.                   | Feb.   | Mar.   | Abr.   | May.   | Jun.   | Jul.   | Ago.   | Sep.   | Oct.   | Nov.   | Dic.   | Año            | Día        |
| 2013 | 17 859                 | 15 877 | 15 905 | 15 641 | 16 292 | 16 959 | 17 951 | 18 876 | 19 123 | 17 226 | 16 232 | 14 294 | <b>204 248</b> | <b>560</b> |
| 2015 | 17 454                 | 17 837 | 17 511 | 16 336 | 19 102 | 18 349 | 21 572 | 22 074 | 20 852 | 19 353 | 19 150 | 17 008 | <b>228 613</b> | <b>626</b> |
| 2017 | 23 201                 | 20 978 | 19 138 | 19 257 | 22 196 | 22 280 | 24 657 | 25 037 | 26 514 | 23 459 | 23 074 | 22 437 | <b>274 245</b> | <b>751</b> |
| 2019 | 25 991                 | 24 303 | 26 364 | 25 247 | 23 531 | 23 451 | 25 641 | 25 971 | 30 083 | 29 663 | 27 224 | 26 537 | <b>316 025</b> | <b>866</b> |

Fuente: Adaptación de la encuesta mensual de turismo para establecimientos de hospedaje desarrollada por el MINCETUR en los años 2013, 2015, 2017 y 2019.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

12

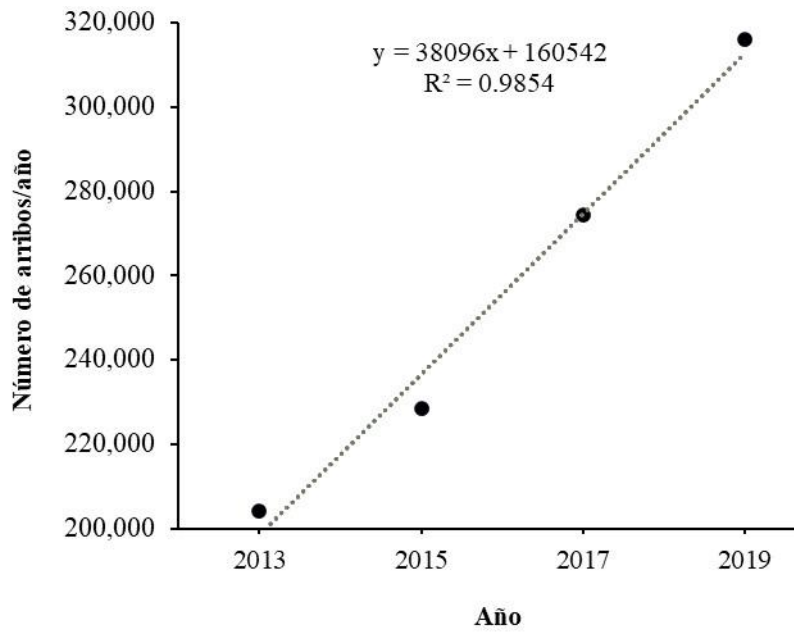


Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

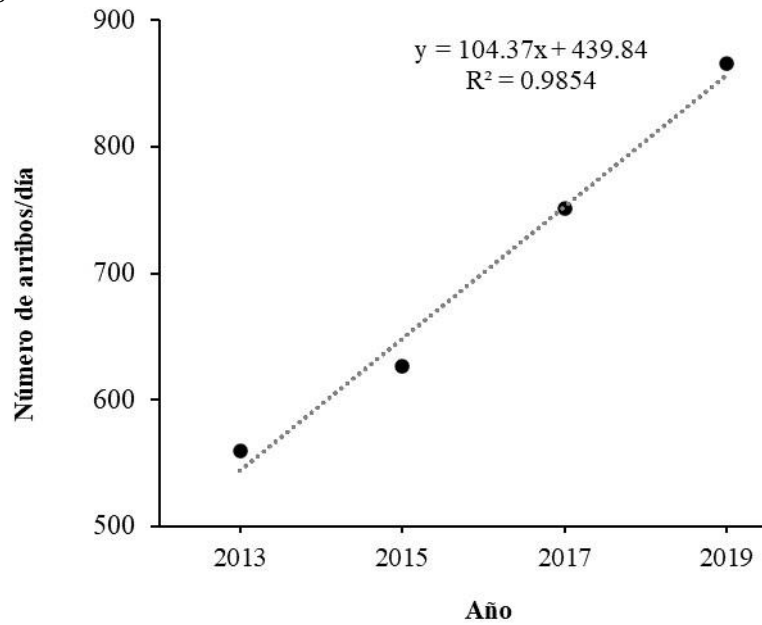


Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

**Figura 2.** Tendencia de arribos al año a la ciudad de Jaén



**Figura 3.** Tendencia de arribos al día a la ciudad de Jaén



Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

1

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

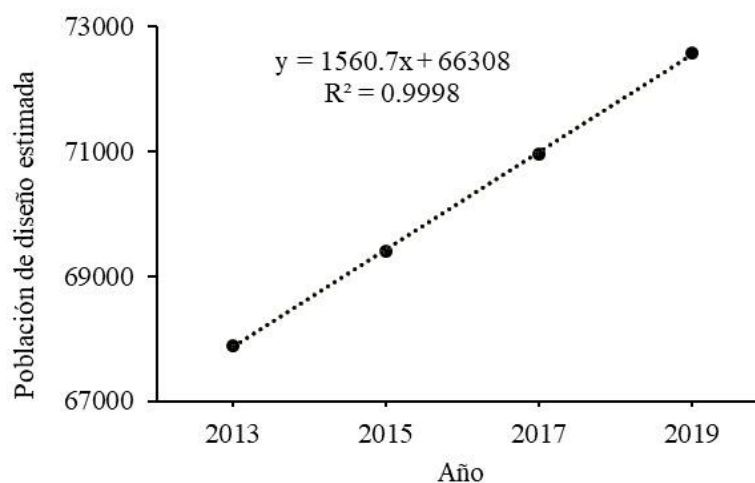
Mg. Ing. Anniek Estefany Huaccha Castillo

En referencia a los habitantes de la ciudad de Jaén y el incremento de población que arriba diariamente por actividades de turismo y comercio, en la **Tabla 3** se presenta el cálculo de la población de diseño estimada para su consideración en el número de CRC necesarios para la recogida de RSM de la ciudad de Jaén y, en la **Figura 4** se presenta la tendencia de la población de diseño estimada, la cual aumenta en 2.2% desde el 2013 al 2019.

**Tabla 3.** Población de diseño estimada

| Ítems                        | Unidad de Medida | Año    |        |        |        |
|------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|
|                              |                  | 2013   | 2015   | 2017   | 2019   |
| Población de Jaén            | habitantes/día   | 67 337 | 68 773 | 70 214 | 71 711 |
| Población que arriba a Jaén  | visitantes/día   | 560    | 626    | 751    | 866    |
| Población de diseño estimada | habitantes/día   | 67 897 | 69 399 | 70 965 | 72 577 |

**Figura 4.** Tendencia de población de diseño estimada

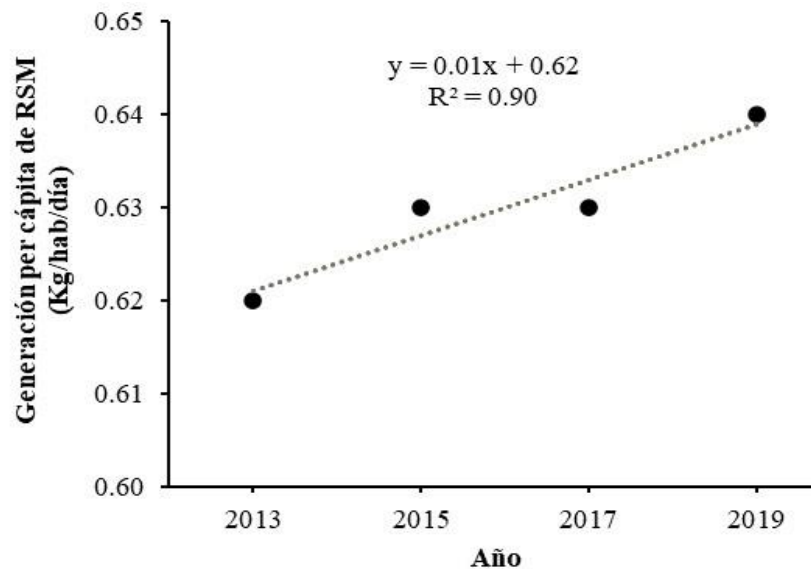


### c. Generación per cápita (GPC) y caracterización de los RSM de la ciudad de Jaén

- **GPC de RSM de la ciudad de Jaén**

En la **Figura 5** se observa el incremento del 1.6% en la GPC entre los años 2013 al 2015 y 2017 al 2019, sin embargo, no sucede lo mismo entre los años 2015 al 2017 periodo en el cual es constante. Además el incremento total de la generación per cápita de los cuatro ECRS es de 3.2%.

**Figura 5.** Generación per cápita de RSM de la ciudad de Jaén para el año 2013, 2015, 2017 y 2019



- **Caracterización de los RSM de la ciudad de Jaén**

Los datos extraídos de los ECRS de los años 2013, 2015, 2017 y 2019 de la ciudad de Jaén permitieron exponer en la **Figura 6** las t/año de RSM generadas por la “población de diseño estimada” en relación a la “generación per cápita de RSM”, evidenciando un incremento constante.

Lili Yulisa Cubas Perez

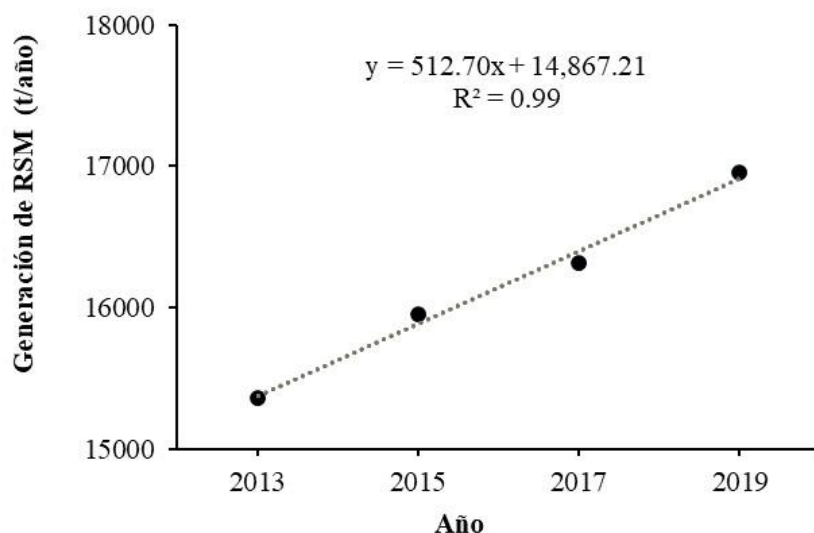
Jicson Einstein Campos Castillo

1

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

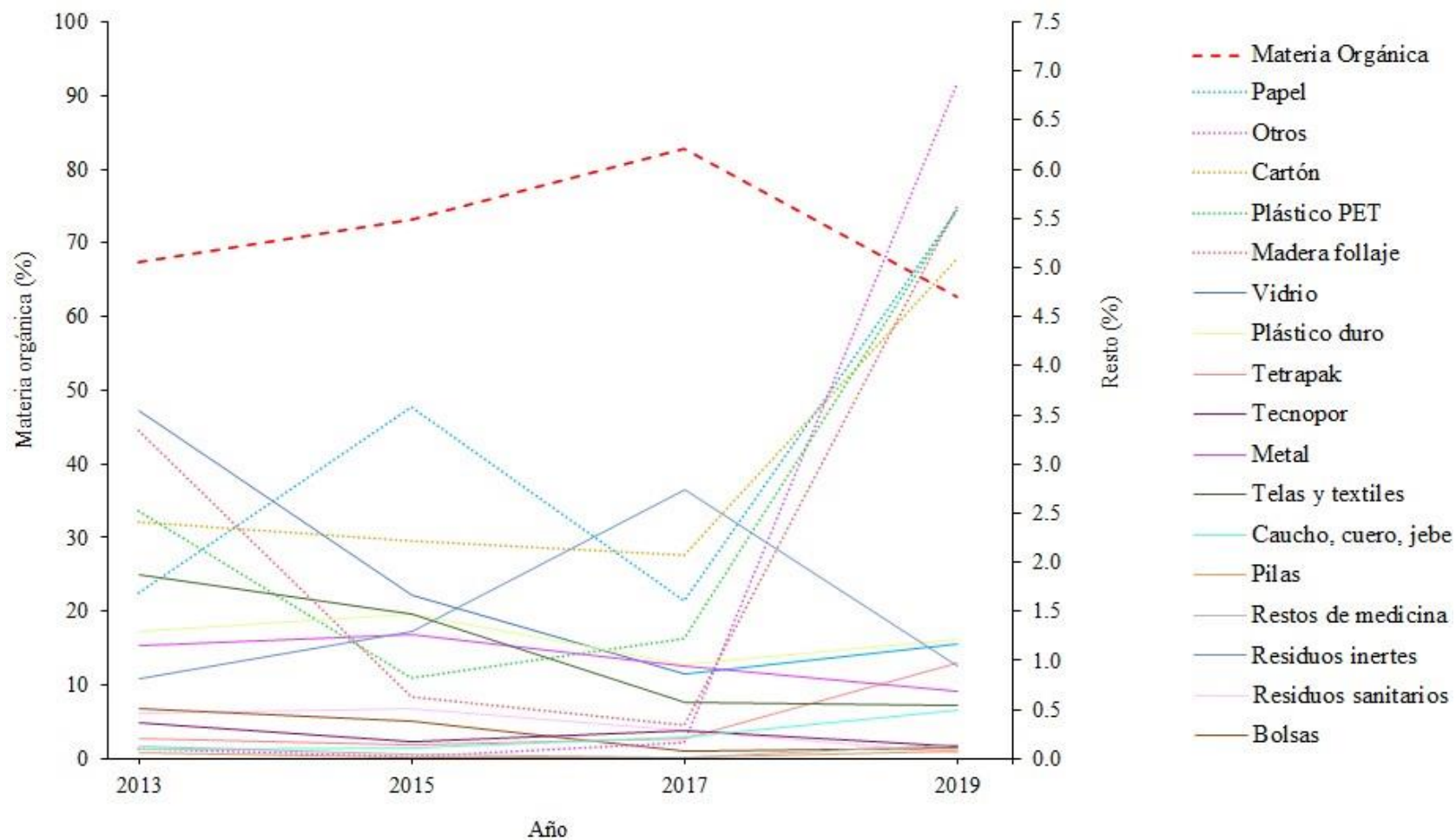
**Figura 6.** Generación anual de RSM en la ciudad de Jaén



Además en base a los reportes de los ECRS de la ciudad de Jaén, se presenta en la **Figura 7** la caracterización de la composición física porcentual de los RSM y con ello se determinó la ecuación lineal  $y = 0.01x + 0.62$  para proyectar la GPC desde el 2021 hasta el 2039. Además se evidencia que la materia orgánica es el componente con mayor porcentaje de generación durante los cuatro (4) años en los que se dispone de ECRS.

También se observa el crecimiento lineal del 2013 al 2017 y el decrecimiento del 2017 al 2019, alcanzando el mayor porcentaje de generación (80%) en el año 2017 y por otro lado, los componentes clasificados como “resto” no presentan tendencias definidas en los datos reportados en los ECRS de la ciudad de Jaén, sin embargo del 2017 al 2019 los componentes “papel, otros, cartón, plásticos PET y madera follaje” muestran un incremento de alrededor de 7%.

**Figura 7.** Caracterización de la generación de los RSM en la ciudad de Jaén para los años 2013, 2015, 2017 y 2019



*[Signature]*

Lili Yulisa Cubas Perez

*[Signature]*

Jicson Einstein Campos Castillo

17

*[Signature]*

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

*[Signature]*

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo



## 4.2. Estimación de la demanda de camiones recolectores compactadores (CRC)

### a. Estimación de la generación de diseño de RSM (Gd) acorde a coeficientes punta de generación (metodología de Zafra, 2009)

En la **Tabla 4** se presentan los coeficientes punta de generación empleados para estimar la generación de diseño de RSM considerando que el servicio de recogida en Jaén según reportes en el SIGERSOL-MINAM es de lunes a sábado con un total de seis días a la semana.

**Tabla 4.** *Coefficientes punta de generación*

| Ítems  | Unidad de medida | Valor empleado o calculado |
|--|------------------|----------------------------|
| Coficiente punta semanal;<br>Cps (1.5 - 1.9)                                     | adimensional     | 1.60                       |
| Recogida de RSM a la semana  | día              | 6.00                       |
| Coficiente punta diario de<br>distribución heterogénea; Cpddh =<br>[7/n ; 1+7/n] | adimensional     | 1.67                       |

La **Tabla 5** presenta la estimación de la generación de t/día de diseño de RSM para los años 2013, 2015, 2017 y 2019 en función a los coeficientes punta de generación (Zafra, 2009) indicados en la **Tabla 4**.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

1



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

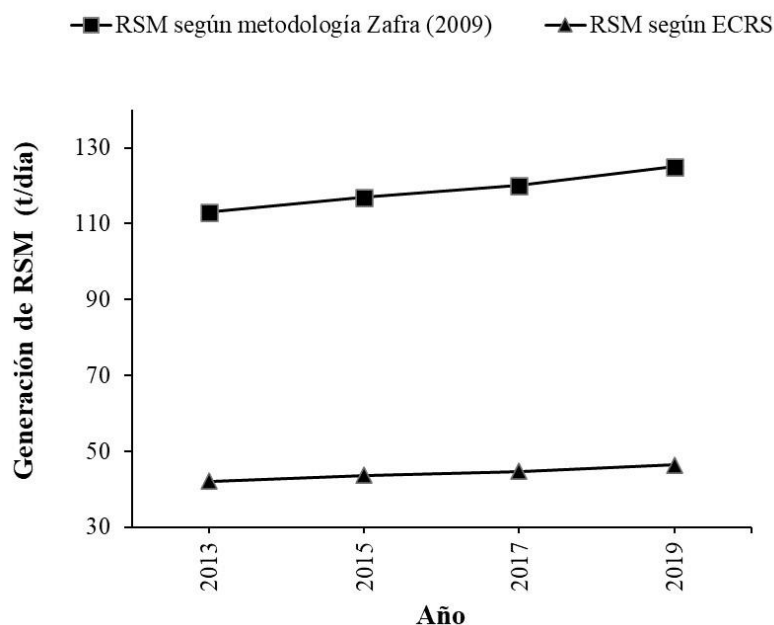
**Tabla 5.**

*Generación de diseño de RSM: (Gd)*

| Ítem   | Unidad de medida | Año  |      |      |      |
|--|------------------|------|------|------|------|
|  |                  | 2013 | 2015 | 2017 | 2019 |
| Gd de RSM<br>( $Gd = GPC \times población \times Cps \times Cpddh$ ) | t/día            | 113  | 117  | 120  | 125  |

En la **Figura 8** se observa la tendencia lineal de generación de RSM de acuerdo a los estudios de caracterización y a la generación de diseño según la metodología de Zafra (2009). Sin embargo, la generación de RSM estimada con esta metodología está justificada por considerar la cantidad de material fermentado, quemado, arrojado a las alcantarillas o canalizaciones urbanas, donado, vendido y recuperado para reciclaje (Tchobanoglous et al., 1994).

**Figura 8.** Comparación de generación de RSM en función a los ECRS y a la metodología de Zafra (2009)



Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

1

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

### 4.3. Proyección de la demanda futura de camiones recolectores compactadores (CRC)

#### a. Número de itinerarios de CRC necesarios por día

La **Tabla 6** contiene los datos técnicos considerados para la estimación del itinerario de los CRC en la ciudad de Jaén, en función a la capacidad de almacenamiento de la caja fija (volumen) que según el Informe reportado al SIGERSOL-MINAM por la MPJ en el 2019, los CRC de carga manual con caja fija de capacidad promedio de  $6.2 \text{ m}^3$  cumplen jornada laboral diaria de 12 horas, con cuatro (4) horas promedio por cada ciclo de recogida; ello debido a las particularidades fisiográficas de la ciudad de Jaén. Además se contempla la densidad promedio de los residuos en los CRC, oscilando entre  $0.450$  y  $0.750 \text{ t/m}^3$  según Búfalo (2007) y Fanalca (2007).

**Tabla 6.**

*Datos técnicos para cálculo de itinerarios/día*

| Ítems   | Unidad de medida | Valor |
|---|------------------|-------|
| Vc: Volumen promedio de CRC para diseño                             | $\text{m}^3$     | 8.0   |
| pc: Densidad promedio de residuos en CRC<br>(0.450-0.750)           | $\text{t/m}^3$   | 0.6   |
| JL: Jornada laboral de dos turnos de seis horas<br>(mañana y tarde) | hora             | 12    |
| T <sub>itinerario</sub> : Tiempo de itinerario                      | hora             | 4     |

La **Tabla 7** presenta el N° de itinerarios/día de CRC para los años 2013, 2015, 2017 y 2019 considerando la generación de RSM de diseño producto de la aplicación de coeficientes punta de generación.

**Tabla 7.**

Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

1

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

*Nº de itinerarios/día de CRC*

| Ítems                          | Unidad de medida | Año  |      |      |      |
|--------------------------------|------------------|------|------|------|------|
|                                |                  | 2013 | 2015 | 2017 | 2019 |
| Generación de RSM de diseño    | t/día            | 113  | 117  | 120  | 125  |
| Nº de itinerarios = Gd/Vc x pc | itinerarios/día  | 24   | 24   | 25   | 26   |

**b. Número de viajes de CRC por jornada laboral**

En la **Tabla 8** se presenta el cálculo del Nº de viajes que deben realizar los CRC para el servicio de recogida de los RSM de la ciudad de Jaén considerando las 12 horas de jornada laboral y el tiempo que le toma a cada CRC para realizar un viaje (inicio y fin de trayecto).

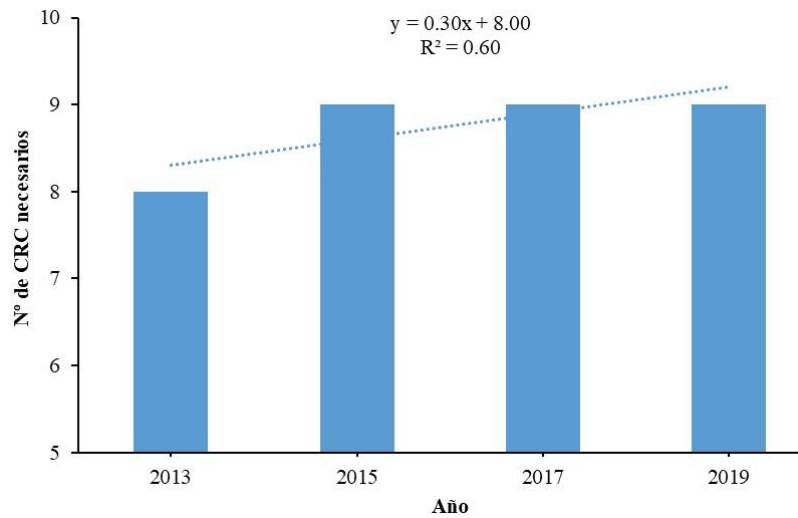
**Tabla 8.**

*Nº de viajes de CRC por jornada laboral*

| Ítems                                     | Unidad de medida       | Año  |      |      |      |
|---|------------------------|------|------|------|------|
|   |                        | 2013 | 2015 | 2017 | 2019 |
| Generación de RSM de diseño               | t/día                  | 113  | 117  | 120  | 125  |
| Nº de itinerarios                         | itinerarios/ día       | 24   | 24   | 25   | 26   |
| Nº de viajes = JL/T <sub>itinerario</sub> | Viajes/jornada laboral | 3    | 3    | 3    | 3    |

**c. Número de camiones recolectores compactadores (CRC) necesarios** La **Figura 9** muestra la cantidad de CRC con capacidad de 8 m<sup>3</sup> necesarios para brindar un servicio de recogida óptimo en la ciudad de Jaén, según los datos, se necesita un 12.5% más de camiones con capacidad de 8 m<sup>3</sup> del 2013 al 2015 manteniéndose este número hasta el 2019.

**Figura 9.** Tendencia de CRC necesarios para los años 2013, 2015, 2017 y 2019.



La **Figura 10** muestra la proyección de CRC idóneos para brindar un servicio óptimo de recogida de RSM en la ciudad de Jaén desde el año 2019 al 2039 con un periodo de 20 años. Además es necesario considerar el incremento de CRC en un 12.5% cada ocho años.

**Figura 10.** Proyección de CRC necesarios entre el 2019 y el 2039



Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

2

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## V. DISCUSIONES

Se evidenció que entre el 67 y 83% corresponde a residuos orgánicos, este dato se encuentra dentro del promedio reportado para América Latina (Graziani, 2018) siendo una oportunidad para su valorización biológica mediante el proceso de compostaje (Huamaní et al., 2020; Jaime-Huaman et al., 2021). Tendencias similares donde el mayor porcentaje de RSM corresponde a residuos orgánicos fueron reportados en diferentes estudios (Burga, 2021; Cáceres, 2017; Castillo y De Medina, 2014; Salazar, 2013). Este alto valor de generación de residuos orgánicos se debe a los hábitos de consumo por parte de los pobladores y a la disponibilidad de productos en el mercado (Durán et al., 2013); en contraste, en los países desarrollados el porcentaje de materia orgánica suele estar entorno al 35 % (Siami et al., 2019).

Además, se observó que el plástico tipo PET presenta entre el 0.8 a 5.6 % con resultados similares a los reportados por (Jaime-Huaman et al., 2021; Ramírez et al., 2020; Ruiz, 2012), considerando que el amplio rango de variación se debe a las alteraciones en los patrones de consumo de la población (Araiza et al., 2017) y a los envases sin retorno fabricados con materiales poco o nada degradables (Salvato et al., 2003; Mosler et al., 2006).

La generación per cápita de RSM estuvo en el rango de 0.62 a 0.64 kg/hab/día, similar a lo reportado en el distrito de Panao, Huánuco cuya GPC fue de 0.64 kg/hab/día (Cabello et al., 2020) y, superior a los datos reportados en el distrito de Roque (selva peruana) cuya GPC fue de 0.42 kg/hab/día (León y Meléndez, 2017); de igual modo en el distrito de Huancabamba provincia de Oxapampa la GPC fue de 0.44 kg/hab/día (Quispe, 2018), estas variaciones están relacionadas con el crecimiento poblacional y el nivel de desarrollo de las ciudades (Ojeda-Benítez et al., 1998; Al-Khatib et al., 2010). Sakurai (2015) sostiene que la gestión de los RSM es proporcional al crecimiento de la población y la expansión urbana, siendo necesario plantear un plan de gestión integral y eficaz para controlar el aumento de la GPC.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

La generación de diseño de RSM tomando en cuenta a los coeficientes punta propuestos por Zafra (2009) fue de 2.7 veces más que la cantidad de residuos sólidos estimada en los estudios de caracterización de RSM, este resultado se debe a que los coeficientes punta consideran residuos fermentados, quemados, arrojado a las alcantarillas, podas, limpieza de jardines, días festivos, residuos vendidos y recuperados mediante el reciclaje (Tchobanoglous et al., 1994), sumado a esto, los estudios de caracterización de RSM no consideran a la población flotante, por ende subestiman la generación de RSM (Rhyner et al., 1995).

Jaén cuenta con cuatro CRC que están operativos, no obstante, ante la carencia de disponibilidad de CRC se emplean vehículos inadecuados para el recojo de RSM, por ejemplo, moto furgón, camión baranda, volquetes y camionetas los que generan problemas de cúmulos - derrame de residuos en las vías públicas, transporte inadecuado y diferentes itinerarios de recolección, por lo que es necesario que se disponga de vehículos adecuados para el recojo y transporte de RSM, con el fin de mejorar la calidad de gestión de RSM (Huaccha, 2017). Considerando la generación de diseño y las particularidades fisiográficas de Jaén (Ronen et al., 1983; Huaccha, 2017) se determinó que Jaén no cuenta con el número de CRC necesarios para brindar el servicio de recolección de RSM, y que este número de CRC va ir incrementándose en uno cada ocho años teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la generación per cápita de RSM, lo que resulta de suma importancia conocer la cantidad absoluta de CRC necesarios para cubrir con la demanda solicitada en la zona de estudio (Hernández & Santana, 2018), adicional a ello se debe tener en cuenta el enrutamiento de recolección a fin de ser más eficientes en esta labor (Ronen et al., 1983), además, se debe considerar que para un adecuado manejo de RSM se tiene que priorizar el sistema de recolección y transporte desde su origen hasta su disposición final, para mejorar la calidad de vida de la población y la conservación de los recursos naturales (Cárdenas-Ferrer et al., 2019).



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Se determinó que la ciudad de Jaén al 2019 necesitaba 9 CRC con capacidad para 8 m<sup>3</sup> de RSM y que se incrementaría en uno para el 2023 y en adelante su incremento sería en un CRC de la misma capacidad cada ocho años.
- Se evidenció que entre el 67 y 83% de los RSM generados en Jaén corresponden a residuos orgánicos, seguido de papel entre 1.61 y 5.59%, cartón entre 2.07 y 5.09% y plástico PET entre 0.83 y 5.58%.
- Se determinó que la MPJ necesita de 9 CRC de 8 m<sup>3</sup> de capacidad para satisfacer la demanda actual de recojo de RSM, sin embargo, a la fecha únicamente se cuenta con cuatro CRC resultando en un déficit lo que conlleva al uso de vehículos inadecuados y una mala gestión en el recojo e RSM en la provincia de Jaén.
- Se ha estimado que el número de CRC irá incrementándose en uno cada ocho años, por lo que es necesario que se disponga de vehículos adecuados para el recojo y transporte de RSM, con el fin de mejorar la calidad de gestión de estos en la provincia de Jaén.

### 6.2. Recomendaciones

- Se sugiere a la Municipalidad Provincial de Jaén que realice estudios de caracterización en varios periodos durante el año a fin de tener una visión más específica sobre la generación de RSM.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Jaén generar los mecanismos necesarios legales y técnicos para redefinir la demanda de CRC a futuro a fin de brindar un adecuado servicio de recolección de RSM.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Khatib, I. A., Monou, M., Abu Zahra, A. S. F., Shaheen, H. Q., Kassinos, D. (2010). Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. a case study: Nablus district - Palestine. *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1131-1138. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.003>
- Araiza, J. A., Chávez, J. C., Moreno, J. A., Juan Antonio. (2017). Cuantificación de residuos sólidos urbanos generados en la cabecera municipal de Berriozábal, Chiapas, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(4), 691-699. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.04.12>
- Burga, M. L. D. B. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 17(3), 61-72.
- Cabello, G. G. C., Landeo, O. T., Areche, F. O. (2020). Manejo integral de residuos sólidos para minimizar la contaminación del ambiente en el distrito de Panao, Huánuco, Perú. *Ambiente y Desarrollo*, 24(46), 1-10. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-46.mirs>
- Cáceres, G. (2017). Determinación de los niveles de generación de residuos sólidos domésticos de la ciudad de Moyobamba.
- Castillo, E., De Medina, 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.
- Durán, C. E. S., Rosales, I. P. H., Fernández, S. M., Pimienta, J. A. P. (2013). Caracterización Física De Los Residuos Sólidos Urbanos Y El Valor Agregado De Los Materiales



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

Recuperables En El Vertedero El Iztete, De Tepic-Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 25-32.

Fanalca, S.A., Catálogo de Productos: Cajas Compactadoras., Cali, División Ambiental, Colombia. (2007).

Gonzales, W. F. Z. (2021). Evaluación y caracterización de residuos sólidos comunes del campus universitario de la UCSM Arequipa Perú. *Veritas*, 22(1), 49-57.

<https://doi.org/10.35286/veritas.v22i1.294>

Graziani, P. (2018). *Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos:*

*Oportunidades en América Latina.* CAF.

<https://cafscioteqa.azurewebsites.net/handle/123456789/1247>

Hernández, A., Santana, P. (2018). Propuesta de modelo de recolección de residuos sólidos en el Distrito Nacional [Thesis, Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro

Henríquez Ureña]. En *Tesis de Grado.*

<https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/605>

Huaccha, A. E. (2017). *Mejoramiento del sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito y provincia de Jaén, departamento de*

*Cajamarca, Perú* [Universitat Politècnica de València].

<https://riunet.upv.es/handle/10251/90993>

Huamaní, C., Tudela, J. W., Huamaní, A. (2020). Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca—Puno—Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 106-115.

<https://doi.org/10.18271/ria.2020.541>

Industrias Búfalo LTDA., Catálogo de Productos: Compactadores de Basura., Bogotá D.C., Colombia. (2007).



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

- Jaime-Huaman, E., Vega-Cisneros, J. P., Pumaleque-Sucasaca, R., Quispe-Callasi, F. de M., Vallejos-Chamaya, C. (2021). Caracterización y cuantificación de residuos sólidos en la comunidad rural Vitis, Lima, Perú. *The Biologist (Lima)*, 19(2), 261-269. <https://doi.org/10.24039/rtb20211921177>
- Jin, M., Zheng, Z., Sun, Y., Chen, L., Jin, Z. (2016). Resistance of metakaolin-MSWI fly ash based geopolymer to acid and alkaline environments. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 450, 116-122. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2016.07.036>
- Jurič, B., Hanžič, L., Ilić, R., Samec, N. (2006). Utilization of municipal solid waste bottom ash and recycled aggregate in concrete. *Waste Management*, 26(12), 1436-1442. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.10.016>
- León, E., Meléndez, A. R. (2017). *Evaluación del porcentaje de humedad y densidad de residuos sólidos de la municipalidad del distrito de Alonso Alvarado Roque Provincia de Lamas san Martin 2017* [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1795>
- McLeod, F., Cherrett, T. (2011). Chapter 4-Waste Collection. En T. M. Letcher, D. A. Vallero (Eds.), *Waste* (pp. 61-73). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381475-3.10004-X>
- Mosler, H., Drescher, S., Zurbrügg, C., Caballero, T., Guzmán, O. (2006). *Formulating Waste Management Strategies Based on Waste Management Practices of Households in Santiago de Cuba.*, Habitat International. Vol. 30. No. 4. p. 849-862.
- Ojeda-Benítez, S. Muñoz-Lujan, R. , González-Navarro, F. F. (1998). *Análisis estadístico del comportamiento de los residuos sólidos domiciliarios en una comunidad urbana.* Frontera Norte. México. 10 (19): 65-76



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

Quispe, D. M. (2018). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito del distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa – región Pasco – 2017* [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/715>

Ramírez, W., Condori, B., Lourdes, L. G., Ibarguen, F., Vega, N., Núñez, L. A. (2020).

Problema ambiental: Los residuos sólidos: Una vía de solución. *Revista Gestión I+D*, 5(1), 40-57.

Rhyner C., Leander J., Schwartz L., Wenger R. y Kohrell M. (1995). Waste management and Resource Recovery. Lewis Publishers, Boca Ratón, EUA, pp.48-5

Ronen, R., Kellerman, A., Lapidot, M. (1983). Improvement of a solid waste collection system: The case of Givatayim, Israel. *Applied Geography*, 3(2), 133-144.

[https://doi.org/10.1016/0143-6228\(83\)90035-8](https://doi.org/10.1016/0143-6228(83)90035-8)

Ruiz, M. (2012). Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 93-97.

Salazar, M. (2013). *Diagnóstico de la composición y caracterización de los residuos sólidos en la vereda San Juan de Carolina municipio de Salento Quindío* [Tesis de grado,

Universidad De Manizales].

<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/547>

Salvato, J., Nemerow, N., Agardy, F. (2003). Environmental Engineering., New York, Jon Wiley and Sons. p. 755-885.

Siami, L., Sotiyorini, T., Janah, N. (2019). Municipal solid waste quantification and characterization in Banyuwangi, Indonesia. *Indonesian Journal of Urban And Environmental Technology*.

<https://doi.org/10.25105/URBANENVIROTECH.V0I0.4359>



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). McGraw-Hill. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UMARPA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004657>
- Tejero, I., Suárez, J., Jacome, A. (2002). *Introducción A La Ingeniería Sanitaria Ambiental* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). [https://www.todostuslibros.com/libros/introduccion-a-la-ingenieriasanitaria-ambiental\\_978-84-607-3989-0](https://www.todostuslibros.com/libros/introduccion-a-la-ingenieriasanitaria-ambiental_978-84-607-3989-0)
- Teerioja, N., Moliis, K., Kuvaja, E., Ollikainen, M., Punkkinen, H., Merta, E. (2012). Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: A comparison of economic performance. *Waste Management*, 32(10), 1782-1791. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.027>
- Zafra, C. A. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: Sistemas de caja fija (SCF). *Ingeniería e Investigación*, 29(2), 119-126.



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

2



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## AGRADECIMIENTO

A Dios y a todos lo que nos apoyaron con el informe final de tesis: familiares, amigos y docentes de la universidad.

## DEDICATORIA

A mi familia que constantemente me apoyó para finalizar mis estudios.

*Jicson Einstein Campos Castillo*

A mi familia, amigos que me apoyaron con para seguir adelante.

*Lili Yulisa Cubas Perez*



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

3



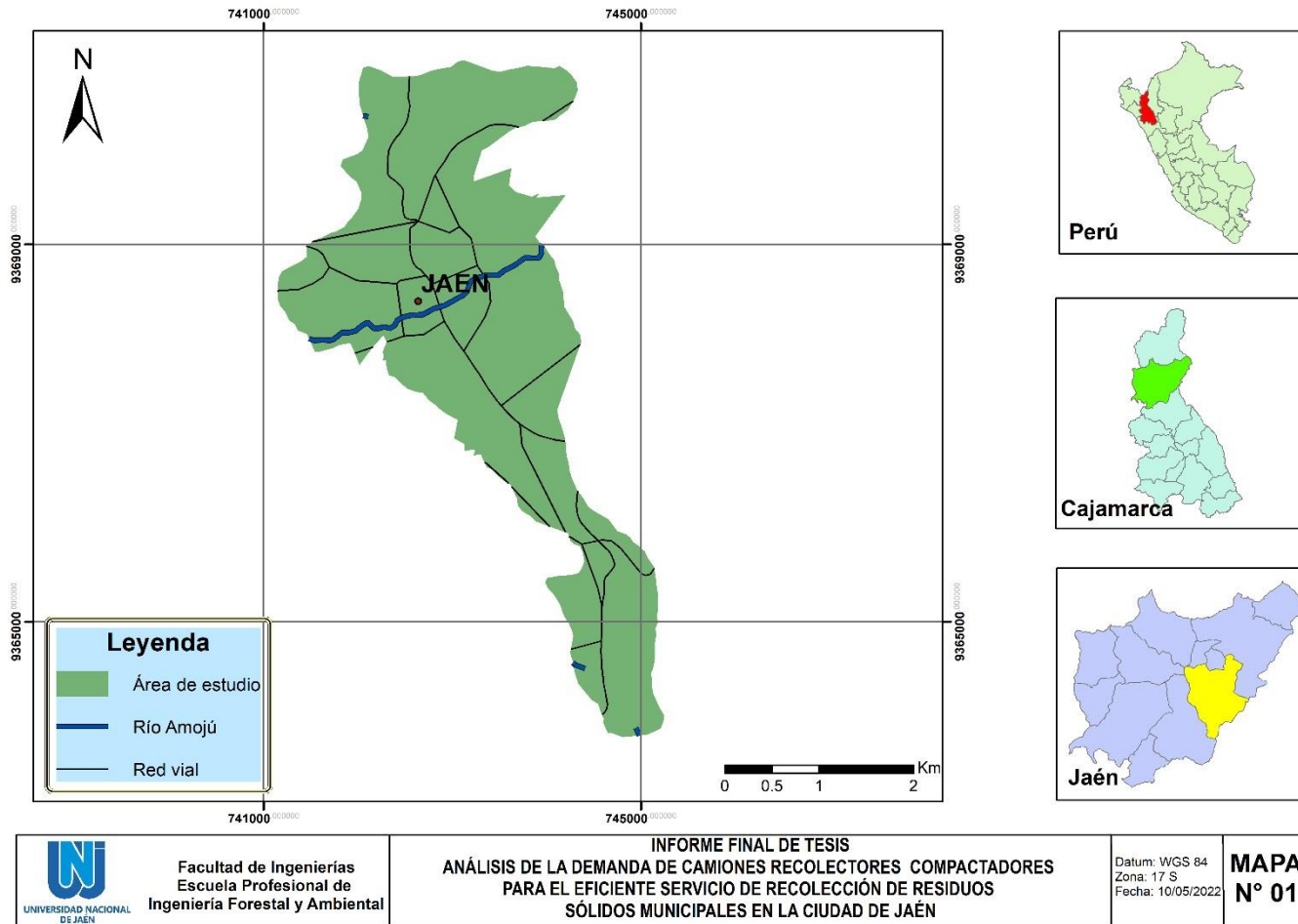
Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

# ANEXOS

## Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio



Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

34

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

**Anexo 2.** Fotografías de CRC de la Municipalidad Provincial de Jaén



**Anexo 3.** Características de los CRC de la Municipalidad Provincial de Jaén

Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

32

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estofany Huaccha Castillo



| <b>Camión operativo</b> | <b>Color</b>    | <b>Marca</b>     | <b>Modelo</b> | <b>Placa</b> | <b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Densidad (t/m<sup>3</sup>)</b> |
|-------------------------|-----------------|------------------|---------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Compacto 1              | blanco<br>Rojo  | Mercedez<br>Benz |               | EAG-043      | 8                              | 0.6                               |
| Compacto 2              | blanco<br>rojo  | HINO<br>500-02   | CBP-15-GH     | EGW-860      | 8                              | 0.6                               |
| Compacto 3              | blanco<br>verde | HINO<br>500-01   | CBP-15-GH     | EGW-871      | 8                              | 0.6                               |
| Compacto 4              | blanco<br>verde | HINO<br>500-03   | CBP-15-GH     | EAF-963      | 8                              | 0.6                               |

Fuente: Subgerencia de limpieza pública de la Municipalidad Provincial de Jaén, 2022



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

33



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## Anexo 4. Estudios de caracterización de residuos sólidos municipales de Jaén

**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL JAÉN**  
JAÉN - PERÚ  
DIRECCIÓN DE DESARROLLO AMBIENTAL  
CALLE SIMÓN BOLÍVAR N° 1526-4to piso TELEFAX (076) 433414 - CENTRAL TELF. (076) 563472

**ANEXO N° 03: CARTA DE INVITACIÓN A PARTICIPAR EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DEL DISTRITO DE JAÉN.**

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN 11, de Abril del 2013

**Carta N° -2013- DDA- MPJ**

SEÑOR(a): \_\_\_\_\_

Presente.-

**ASUNTO: SOLICITAMOS SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DEL DISTRITO DE JAÉN.**

De nuestra especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo(a) cordialmente y a la vez comunicarle que nuestra Municipalidad Provincial de Jaén a través de la Dirección de Desarrollo Ambiental está llevando a cabo el **Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios del Distrito de Jaén** que permitirá conocer las particularidades de éstos, con el fin de mejorar el manejo de los residuos sólidos y las condiciones sanitarias y ambientales de nuestra ciudad.

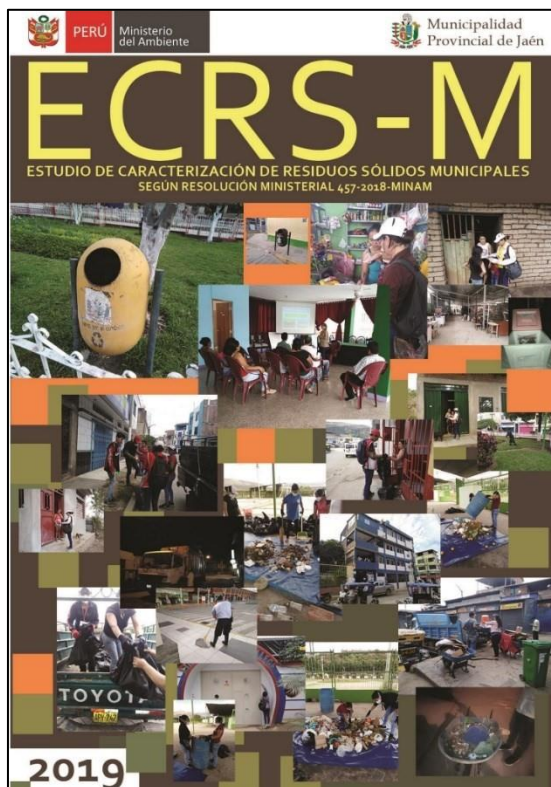
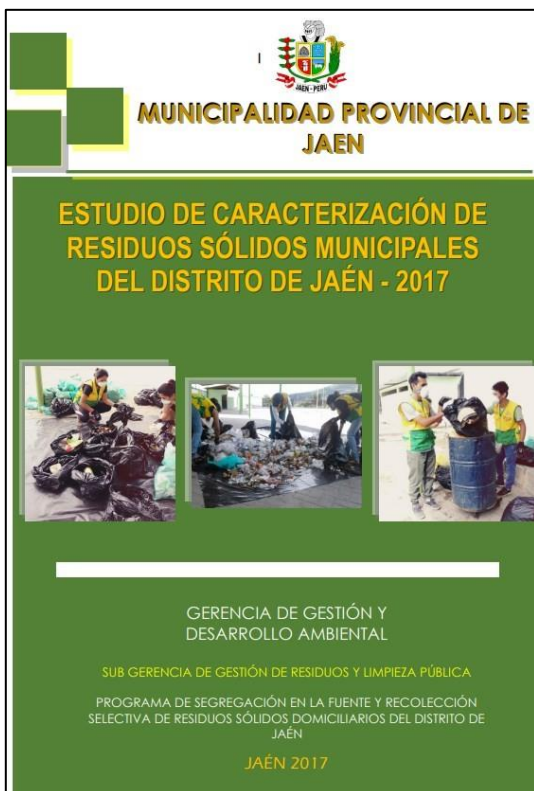
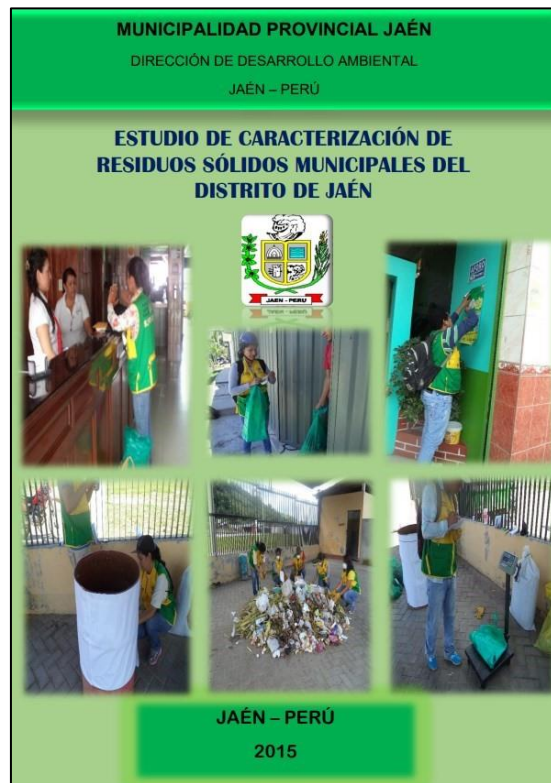
En tal sentido, para llevar a cabo el estudio satisfactoriamente se requiere de su colaboración y Participación en las siguientes actividades:

1. Visita a su domicilio para su empadronamiento.
2. Encuesta a un representante adulto del hogar para solicitarle información respecto al servicio de limpieza pública.
3. Participación en el Estudio de Caracterización con la entrega de sus residuos en bolsas de plástico codificadas, que le serán suministradas durante 8 días seguidos, a partir de día 14 de abril del 2013 hasta el día 21 de abril del 2013.

Para lograr nuestro objetivo se ha involucrado a personal capacitado que estará identificado para realizar el empadronamiento y la recolección respectiva.

Agradeciéndole su valiosa atención y cooperación, me despido de usted dándole las gracias por su participación. Si tuviera alguna consulta puede comunicarse al teléfono N 945127214

Atentamente,



## Anexo 5. Reporte resumen general de la Municipalidad Provincial de Jaén al SIGERSOL

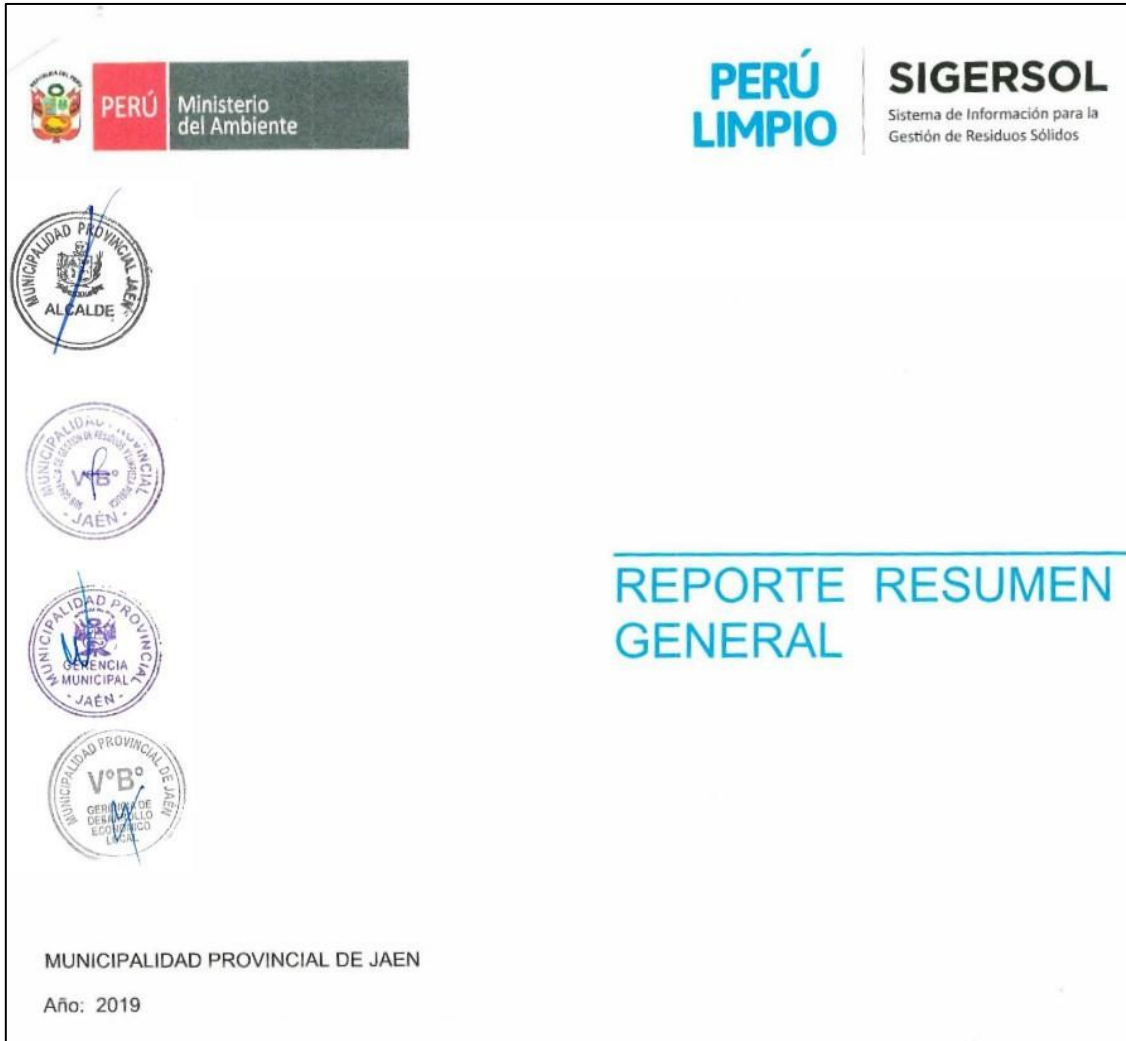
Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

34

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo



**Anexo 6.** Tipo de resolución que aprueba los estudios de caracterización de residuos sólidos municipales de Jaén

Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

35

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo





Municipalidad Provincial de Jaén  
Cajamarca – Perú

Jaén - Calle San Martín N° 1371 - Telefax 074-434205 - Apartado Postal N° 68  
Pag. Web: www.munprojaen.gob.pe / E-mail: municipal@34809.es



**RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N° 714-2019-MPJ/A**

EL ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN



VISTO: 25 JUL 2019

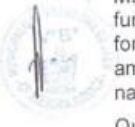


LA CARTA N° 012 -2019 -ECRH, de LANRE – CONSULTORIA E INGENIEROS, donde alcanza el tercer entregable – Informe final conteniendo el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, INFORME N.º 649 -2019 MPJ/GGDA-SGGRLP de la Subgerencia de Residuos Sólidos y Limpieza Pública, donde remite el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales para la aprobación con Resolución de Alcaldía, en el marco del cumplimiento de actividades de la Meta N° 3: Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales, Actividad N° 3: Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales, del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal del año 2019.



**CONSIDERANDO:**

Que, de conformidad con el Artículo 194° de la Constitución Política del Perú, las municipalidades son órganos de Gobierno Local, que tienen Autonomía Política, Económica y Administrativa en los asuntos de su competencia.



Que, el numeral 3.1 del inciso 3 del artículo 73 de la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, establece que las municipalidades asumen competencias y ejercen las funciones específicas en materia de protección y conservación del ambiente mediante la formulación, aprobación, ejecución y monitoreo de los planes y políticas locales en materia ambiental, con concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales;



Que, el numeral 6 del Anexo 1 del Reglamento de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobado por Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, señala que el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales es una herramienta que permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos municipales, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico; dicha información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos y también la planificación administrativa y financiera, ya que sabiendo cuánto de residuos sólidos se genera en cada una de las actividades que se producen en el distrito, se puede calcular la tasa de cobros de arbitrios;



Que, con Resolución Ministerial 457-2018-MINAM, se aprueba la "Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales", en la que se dispone que, la Etapa de Planificación incluye la conformación de equipos con los que se desarrollará el estudio a fin de favorecer la operatividad del mismo, para evitar o minimizar los costos de posibles imprevistos que puedan generarse; así mismo, el equipo de planificación responsable del estudio debe ser designado a través de un documento oficial emitido por la autoridad municipal;



Que, la Actividad 3 de la Meta 3 del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal 2019, "Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales",

Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

36

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

dispone para su cumplimiento, realizar un Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales conforme a lo establecido en la Resolución Ministerial 457-2018-MINAM

Que, por lo expuesto, y en uso de las facultades conferidas en la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades y de conformidad con la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General;

**SE RESUELVE:**



**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR** el ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, en el marco del cumplimiento de actividades de la Meta N° 3: Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales, Actividad N°3: Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales, del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal del año 2019.

**ARTÍCULO SEGUNDO: ENCARGAR** a la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental, Subgerencia de Residuos Sólidos y Limpieza Pública, la implementación gradual del Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales.



**ARTÍCULO TERCERO.-** Notificar a las partes interesadas y las instancias administrativas correspondientes para los fines correspondientes.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE.**



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
**JAÉN**  
*Jose Francisco Delgado Rivera*  
ALCALDE



Lili Yulisa Cubas Perez

Jicson Einstein Campos Castillo

37


Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

**2015**

**Plan Integral de  
Gestión  
Ambiental de  
Residuos Sólidos  
PIGARS JAEN**

**Dirección de Desarrollo Ambiental**



**Municipalidad Provincial de Jaén**



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

38



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## FORMATO 01: COMPROMISO DE ASESORA

Quien suscribe, **Annick Estefany Huaccha Castillo** con Grado de Magister y Profesión Ingeniero Ambiental con **DNI 72552959** con conocimiento del Reglamento General de Grado Académico y Título Profesional de la Universidad Nacional de Jaén, me comprometo y dejo constancia de las orientaciones a los Bachilleres Campos Castillo Jicson Einstein y Cubas Perez Lili Yulisa de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, en la redacción del: **informe final de tesis.**

Por lo indicado, doy testimonio y visto bueno que los Asesorados han redactado el **informe final de tesis**, por lo que en fe a la verdad suscribo la presente.

Jaén, 19 de mayo de 2022



---

Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

39



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



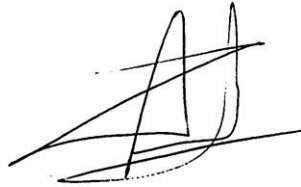
Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## FORMATO 01: COMPROMISO DE ASESOR

Quien suscribe, Franklin Hitler Fernández Zarate con Grado de Magister y Profesión Ingeniero Forestal y Ambiental con DNI 74420282 con conocimiento del Reglamento General de Grado Académico y Título Profesional de la Universidad Nacional de Jaén, me comprometo y deja constancia de las orientaciones a los Bachilleres Campos Castillo Jicson Einstein y Cubas Perez Lili Yulisa de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, en la redacción del: **informe final de tesis.**

Por lo indicado, doy testimonio y visto bueno que los Asesorados han redactado el **informe final de tesis**, por lo que en fe a la verdad suscribo la presente.

Jaén, 19 de mayo de 2022



---

Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

40



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo



## FORMATO 04: DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, **JICSON EINSTEIN CAMPOS CASTILLO**, identificado con **DNI N° 70044299**, Bachiller de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén; declaro bajo juramento que: Soy autor del informe final de tesis titulado: **ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE CAMIONES RECOLECTORES PARA EL EFICIENTE SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA CIUDAD DE JAÉN.**

El mismo que presento para optar el: Título Profesional

1. El **informe final de tesis**, no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
2. El **informe final de tesis**, presentado, no atenta contra derechos de terceros.
3. El **informe final de tesis**, no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del informe final de tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del **informe final de tesis**.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el **informe final de tesis**, haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Jaén, 19 de mayo de 2022



Jicson Einstein Campos Castillo



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

41



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo

## FORMATO 04: DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, **LILI YULISA CUBAS PEREZ**, identificada con **DNI N° 76619673**, Bachiller de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén; declaro bajo juramento que: Soy autora informe final de tesis, titulado: **ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE CAMIONES RECOLECTORES PARA EL EFICIENTE SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA CIUDAD DE JAÉN.**



El mismo que presento para optar el: Título Profesional

1. El **informe final de tesis**, no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
2. El **informe final de tesis**, presentado, no atenta contra derechos de terceros.
3. El **informe final de tesis**, no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del informe final de tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del **informe final de tesis**.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el **informe final de tesis**, haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Jaén, 19 de mayo de 2022

  
  
\_\_\_\_\_  
Tesisista, Cubas Pérez Lili Yulisa  
DNI N° 76619673



Lili Yulisa Cubas Perez



Jicson Einstein Campos Castillo

42



Mg. Ing. Franklin Hitler Fernández Zarate



Mg. Ing. Annick Estefany Huaccha Castillo