

GENERACIÓN DE BASURA EN TEHUACÁN

Antonio Pérez Pérez¹; Nabor García Hernández¹; Liliana Romero Buenabad¹ y

Sandra Hernández Muñoz²

1. Ingeniería Industrial
2. Ingeniería Bioquímica

Instituto Tecnológico de Tehuacán.

Palabras Clave: Generación de Basura; Modelo de Generación.

RESUMEN:

El presente artículo presenta un modelo con ecuaciones diferenciales que permite visualizar el comportamiento de la generación de basura en la ciudad de Tehuacán. Los datos son verídicos, tomados de datos históricos de las entidades OOSELITE e INEGI. Ojala y al leer este artículo se haga conciencia del problema que significa la basura.

INTRODUCCIÓN:

Uno de los problemas más graves que sufre nuestra ciudad de Tehuacán es la generación y gestión inadecuada de los residuos sólidos.

Generación es cuando se "hace" la basura y gestión es la forma en que se actúa una vez que ya ha sido generada. Cada una de estas dos grandes etapas involucra muchos otros factores que hacen que el daño para el ambiente y la población sea mayor o menor.

La ciudad de Tehuacán produce más de **250** toneladas diarias de basura, contando lo que se produce en el centro y en las orillas de la ciudad. Cada persona produce en promedio **0.96** kg por día. En el momento en que juntamos todo tipo de materiales para desecharlos se convierten en basura. El solo hecho de separarlos no quiere decir que no estamos generando basura, pero es un buen comienzo. Si tenemos materiales reciclables almacenados pero no tenemos un mercado para ellos significa que aún tenemos basura.

¿POR QUÉ ES UN PROBLEMA? Porque no disponemos adecuadamente de los desechos. Por lo general existen tres caminos a tomar:

1. Arrojarla a fuentes de agua, que produce contaminación acuática;
2. Incinerarla, que si bien es barato produce contaminación del aire y cenizas tóxicas;
3. Enterrarla, que si no se hace apropiadamente puede contaminar el suelo y las napas de agua subterránea.

En Tehuacán éste es un problema serio, pues a falta de una verdadera disposición adecuada de los desechos estamos en riesgo continuo de contaminar el ambiente. A pesar de la información que tenemos al respecto, seguimos abogando por

soluciones como los rellenos sanitarios (en el mejor de los casos, de lo contrario son simplemente tiraderos).

Nuestro objetivo principal será proponer un modelo de ecuaciones diferenciales para estimar la cantidad de basura en Tehuacán en un tiempo futuro. Para tal motivo es necesario conocer la cantidad de basura que genera cada persona en promedio en la ciudad de Tehuacán, el número de habitantes, la cantidad de basura que se recicla o se recupera en la ciudad, la cantidad de basura que hay en este momento en la ciudad.

DESARROLLO:

La población actual (2009) en la ciudad de Tehuacán es de 260,923 habitantes; su tasa de crecimiento es de 3.3% por año; de estos habitantes se estima que la cantidad de basura que genera una persona es de 0.96kg de basura al día, de esta basura se logra recuperar para su reciclaje 102.5 Ton por día; esto representa el 41% de la basura total generada. La tabla 1 muestra los datos a utilizar en el modelo de la ecuación diferencial.

DESCRIPCIÓN	
Población (2009)	260,923
Tasa de crecimiento de la población	3.3 % por año
Basura generada por persona	0.96 kg por día (350.4 por año)
Basura recuperada (2009)	102.5 Ton por día (37412.5 por año)
Tasa de crecimiento del reciclamiento	3 % por año

Tabla 1. Datos Relativos al Problema de la basura en la ciudad de Tehuacán.

Las variables a utilizar en el modelo aparecen descritas en la tabla 2, dichas variables son de dos tipos; las que si varían son t , b y p ; y las que consideramos constantes son k_1 , k_2 y R .

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
B	Cantidad de Basura	Toneladas
t	Tiempo	Años
K₁	Coeficiente de Crecimiento de la Población	0.03246719
P	Población	Habitantes
K₂	Coeficiente de Crecimiento de la Basura	0.0295588
R	Basura reciclada	Toneladas

TABLA 2 . Variables ocupadas en la modelación.

Se pretende conocer la cantidad de Basura que se tendrá en la ciudad de Tehuacán para el año (t), tomando en cuenta el grado de generación en este momento, el crecimiento de la población y la cantidad de reciclamiento de basura.

$$\frac{dB}{dt} = \left[\begin{array}{c} \text{(tasa de crecimiento de} \\ \text{la polacion) } \mathbf{por} \\ \text{(cantidad que} \\ \text{genera una persona)} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{(Coeficiente de} \\ \text{reciclamiento)} \\ \mathbf{respecto del (tiempo)} \end{array} \right]$$

El planteamiento de este problema da lugar a un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias, que es el siguiente:

$$\frac{dP}{dt} = K_1 P \quad \dots \text{Ecuación 1}$$

$$\frac{dR}{dt} = K_2 R \quad \dots \text{Ecuación 2}$$

$$\frac{dB}{dt} \propto b \frac{dP}{dt} - \frac{dR}{dt} \quad \dots \text{Ecuación 3}$$

Resolviendo la ecuación 1 y 2 tenemos:

Ecuación 1

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= K_1 P \\ P(t_0) &= P_0 \\ \frac{dP}{P} &= K_1 dt \Rightarrow \int \frac{dP}{P} \\ &= \int K_1 dt \\ \ln P &= K_1 t + C \\ P &= P_0 e^{K_1 t} \\ \frac{dP}{dt} &= P_0 K_1 e^{K_1 t} \end{aligned}$$

Ecuación 2

$$\begin{aligned} \frac{dR}{dt} &= K_2 R \\ R(t_0) &= R_0 \\ \frac{dR}{R} &= K_2 dt \Rightarrow \int \frac{dR}{R} \\ &= \int K_2 dt \\ \ln R &= K_2 t + C \\ R &= R_0 e^{K_2 t} \\ \frac{dR}{dt} &= R_0 K_2 e^{K_2 t} \end{aligned}$$

Ahora que ya tenemos resuelta la ecuación 1 y 2, procedemos a sacar el valor de k_1 y k_2

Para obtener el valor de K_1 tenemos que para el año $t=1$ la población es de $P=1.033P_0$, por lo que tenemos

$$\begin{aligned} P &= P_0 e^{K_1 t} \\ 1.033P_0 &= P_0 e^{K_1 (1)} \\ 1.033 &= e^{K_1} \end{aligned}$$

Para eliminar e multiplicamos ambos lados por \ln

$$\begin{aligned} \ln(1.033) P_0 &= \ln(e^{K_1}) \\ \ln(1.033) &= K_1 \\ K_1 &= 0.03246719 \end{aligned}$$

Para obtener el valor de K_2 tenemos que para el año $t=1$ la basura reciclada es de $R=1.03R_0$, por lo que tenemos

$$\begin{aligned} R &= R_0 e^{K_2 t} \\ 1.03R_0 &= R_0 e^{K_2 (1)} \\ 1.03 &= e^{K_2} \end{aligned}$$

Para eliminar e multiplicamos ambos lados por \ln

$$\begin{aligned} \ln(1.03) R_0 &= \ln(e^{K_2}) \\ \ln(1.03) &= K_2 \\ K_2 &= 0.0295588 \end{aligned}$$

Resolvemos la ecuación: $\frac{dB}{dt} \propto b \frac{dP}{dt} - \frac{dR}{dt}$ por lo que sustituimos en esta los valores de $\frac{dP}{dt}$ y $\frac{dR}{dt}$ en la ecuación quedándonos de esta forma:

$$\frac{dB}{dt} = b (P_0 K_1 e^{K_1 t}) - R_0 K_2 e^{K_2 t}$$

Cuando Integramos para obtener B nos queda la siguiente ecuación:

$$B = b (P_0 e^{K_1 t}) - R_0 e^{K_2 t}$$

Ya tenemos resuelto el modelo de la ecuación diferencial para estimar la cantidad de basura en un tiempo futuro igual a $t > 1$.

Para efectos de comprobar el modelo; estimaremos la cantidad de basura que se tendrá en la ciudad de Tehuacán para el año 2015. Por lo que procedemos de la siguiente manera:

Contamos con los siguientes datos:

Datos:

Población actual (P₀)	260,923
Basura generada por persona (b)	0.96 kg por día (350.4 por año)
Basura recuperada actualmente (R₀)	102.5 Ton por día (37412.5 por año)
K₁	0.03246719
K₂	0.0295588
T	2015-2009= 6
B	?

Tomando la ecuación $B = b (P_0 e^{K_1 t}) - R_0 e^{K_2 t}$ como modelo para determinar la basura que se tendrá en el año 2015. Sustituimos los valores de **b**, **P₀**, **K₁**, **R₀**, **K₂** y **t**.

Notamos que $b=350.4$ kg/año, por lo que para tener todos los datos peso en Toneladas lo dividimos entre 1000 para obtener $b=0.3504$ Ton/año

$$\begin{aligned} B &= 0.3504 \text{ Ton} (260,923 e^{0.0324(6)}) - 37412.5 \text{ Ton} e^{0.0295(6)} \\ B &= 0.3504 \text{ Ton} (316912.384) - 44656.7233 \\ B &= 111046.09 - 44656.7233 \\ B &= 66389.3761 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

Con esto concluimos que para el año 20015 ($t=6$) se tendrán 66389.3761 Toneladas de basura. Lo que es una cantidad sumamente grande, lo que se convierte en una situación alarmante si no hacemos algo por intentar solucionar este problema.

CONCLUSIÓN:

Al elaborar este artículo pudimos darnos cuenta del grado de contaminación al que esta sujeta la ciudad de Tehuacán por lo que nos hizo hacer conciencia y empezar por nosotros a evitar la contaminación en la ciudad. Así mismo esperamos que este artículo ayude a concientizar a las personas de la situación por la que atraviesa nuestra ciudad.

También, nos ayudo a darnos un panorama más amplio sobre el uso de las ecuaciones diferenciales aplicadas a problemas reales.

AGRADECIMIENTOS:

Al M.C. José Enrique Salinas Carrillo, por su valiosa atención y enseñanza que nos dio a lo largo del curso; pero sobre todo por exhortarnos a tomar aprecio por las matemáticas.

BIBLIOGRAFÍA:

- Zaldívar Cruz Luis Ángel. Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. Agosto 2004.
- Dennis G. Zill. Ecuaciones Diferenciales con problemas de valor en la frontera.