



Entre montañas de residuos

José Enrique Delgado Antonio ^a
María de los Angeles Romay Murillo ^b
Yamilet Miguel Ronquillo ^c
Jazmín Cortes Cruz ^d
Diana Itzel Tenorio Vicente ^e

Resumen – La gestión de residuos sólidos es un problema que afecta a las comunidades, especialmente áreas urbanizadas como a San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. La ineficiencia en la recolección de basura provoca acumulación de desechos, contaminación del suelo y agua, además de la propagación de enfermedades. La falta de conciencia ambiental y la escasa participación ciudadana hacen que empeore esta la situación. En Tuxtepec, se recolectan alrededor de 66,385 toneladas de basura anualmente, incluyendo los residuos de municipios vecinos, esto exige un manejo eficiente para proteger la biodiversidad. En esta investigación se propone optimizar las rutas de recolección mediante el uso de tecnologías y estrategias específicas, abordando factores como la densidad poblacional, la infraestructura vial y condiciones del ambiente. La implementación de estas medidas no solo mejorará la eficiencia en la gestión de residuos, sino que también fomentará un entorno más limpio y saludable.

Palabras clave – Recolección, Transporte, Optimización, Eficiencia, Sostenibilidad.

Abstract – Solid waste management is an issue affecting communities, specially urbanized areas like San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. Inefficient waste collection leads to the accumulation of garbage, soil and water contamination, and the spread of diseases. Lack of environmental awareness and limited citizen participation make this situation get worse. In Tuxtepec city, approximately 66,385 tons of thrash are collected annually, including waste from neighborhood municipalities, this demands efficient management to protect biodiversity. In this research it's proposed to optimize collection routes through the use of technologies and specific strategies, addressing factors such as population density, road infrastructure, and environmental conditions. Implementing these measures will not only improve waste management efficiency but also encourage a cleaner environment and also healthier.

Keywords – Collection, Transportation, Optimization, Efficiency, Sustainability.

CÓMO CITAR HOW TO CITE:

Delgado Antonio, J. E., Romay Murillo, M. de los A., Miguel Ronquillo, Y., Cortes Cruz, J., & Tenorio Vicente, D. I. (2024). Entre montañas de residuos. *Interconectando Saberes*, (18), 245-256.
<https://doi.org/10.25009/is.v0i18.2875>

Recibido: 25 de mayo de 2024

Aceptado: 6 de octubre de 2024

Publicado: 25 de octubre de 2024

^a N/A, México. E-mail: jdelgadoantonio527@gmail.com

^b N/A, México. E-mail: r00.anggie@gmail.com

^c N/A, México. E-mail: yamilethronquillo51@gmail.com

^d N/A, México. E-mail: jazmincortescruz640@gmail.com

^e N/A, México. E-mail: dianaitzeltenoriovicente@gmail.com



INTRODUCCIÓN

La problemática de la recolección de basura constituye un desafío de magnitudes considerables en la actualidad, afectando a comunidades a nivel global. En un contexto de crecimiento demográfico acelerado y urbanización expansiva, la gestión de los residuos sólidos se ha convertido en un punto crítico que demanda atención inmediata.

Este problema no solo tiene impactos ambientales significativos, sino que también afecta directamente la salud pública y el bienestar de las comunidades. Actualmente, en México, una de las principales problemáticas ambientales que se identifican es el incumplimiento a la normatividad vigente en términos de gestión de los residuos sólidos urbanos, esto a pesar de los esfuerzos que existen por lograrlo y la importante inversión que los gobiernos municipales realizan para tales fines.

No obstante, se considera que la raíz del problema radica en los actuales hábitos de consumo, por lo que se plantea la necesidad de promover un cambio profundo en cuanto a educación y consciencia de la sociedad en general. Desde el punto de vista ambiental, la acumulación de basura sin control contamina el suelo, el agua y contribuye a la gran pérdida de biodiversidad. Además, la gestión ineficiente de los residuos sólidos puede desencadenar problemas de salud pública al propiciar la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores (Tapia Ibarra Ana Griset, 2020).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) desempeña un papel clave en la comprensión de la problemática de la recolección de basura en México. A través de encuestas y estudios específicos, el INEGI recopila datos que permiten caracterizar la magnitud y

las tendencias de este problema. La información recabada por el INEGI contribuye a la formulación de políticas públicas orientadas a mejorar la gestión de residuos sólidos, promoviendo así la eficiencia en la recolección y fomentando prácticas de manejo sostenible (Vargas y Castillo Maria Leticia, 2023).

Según el INEGI, en México se produce cada día más de 103 mil toneladas de basura doméstica, lo que equivale a más de 37 millones de toneladas anuales de residuos sólidos (Vargas y Castillo Maria Leticia, 2023).

Durante 2018, se recolectaron en promedio 107,056 toneladas de basura diariamente, es decir, 854 gramos por persona, y son generadas principalmente en viviendas, edificios, parques, avenidas, calles y jardines. Tan solo en la región de Valles Centrales del estado de Oaxaca, se generan alrededor de 1,050 toneladas de residuos sólidos al día, aproximadamente el 33% del total del estado, de los cuales, la ciudad de Oaxaca y 25 municipios vecinos generan más de 800 toneladas al día.

La gestión eficiente de residuos sólidos es un desafío omnipresente en numerosas localidades alrededor del mundo, y San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, no es una excepción. Este municipio está ubicado en el sureste de México, en una región de gran biodiversidad y riqueza cultural. Sin embargo, el inadecuado manejo de los desechos sólidos representa una amenaza para este entorno, afectando tanto la estética urbana como la salud de sus residentes (Vidarte Rodríguez Arlett, 2020).

En este municipio, se recolectan 66,385 toneladas de basura al año. Sin embargo, no son los únicos residuos que entran a la ciudad, ya que, entre los municipios vecinos como Jalapa de Díaz, San Lucas Ojitlán, Valle Nacional, Jacatepec y Chiltepec, se recolectan e introducen 5,195 toneladas de basura al año. Estos

residuos no son gestionados adecuadamente debido a la falta de conciencia en las personas, quienes no clasifican la basura de adecuadamente, ni respetan los días ni horas de recolección.

Esto conlleva a la acumulación de desechos en las calles, generando malos olores, proliferación de plagas y, en casos extremos, contaminación del agua (Hernandez, 2024). Además, la falta de conciencia ambiental y la escasa participación ciudadana agravan la situación.

La ausencia de programas educativos y campañas de sensibilización dificulta el cambio de hábitos en la población, lo que resulta en una gestión ineficiente de los desechos y un mayor impacto ambiental. Hablar de educación hoy en día implica un compromiso no solo con el diseño curricular de las asignaturas que constituyen la formación académica, sino un compromiso permanente con el medio ambiente derivado de la situación que enfrenta el planeta.

En este contexto, resulta imperativo abordar de manera integral el problema de la eficiencia en la recolección de basura en San Juan Bautista Tuxtepec. Esto implica la implementación de políticas públicas efectivas, la mejora de la infraestructura y los servicios de recolección, así como el fomento de la participación ciudadana y la educación ambiental. Los escurrimientos de lixiviados, que pueden contener residuos de metales pesados de tipo peligroso, son uno de los principales problemas en la operación de un sitio de descomposición final.

El manejo y tratamiento de lixiviados es muy caro, pero también requiere personal técnico especializado. En los países del primer mundo se cuentan con los recursos para una operación eficiente, pero en otras

regiones del mundo, como en México y países de Latinoamérica, son pocos los sitios que pueden controlar los lixiviados y darles un tratamiento adecuado.

La optimización de los métodos y modelos de transporte utilizados en la recolección de basura es un desafío constante para las autoridades municipales y las empresas de servicios públicos. Este estudio se propone analizar diferentes enfoques y tecnologías que pueden aplicarse para optimizar el transporte de residuos sólidos, con el objetivo de reducir los tiempos de recolección, considerando factores clave, como la geografía urbana, la densidad poblacional, la infraestructura vial y las limitaciones presupuestarias, para determinar la viabilidad y la eficacia de cada enfoque.

Se busca no solo mejorar la eficiencia en la gestión de residuos, sino también reducir el impacto ambiental y promover un entorno más limpio y saludable para los residentes de la comunidad. Y con ello se plantea la pregunta de ¿Cuál es el impacto que tiene la aplicación de un método óptimo de rutas de transporte para agilizar tiempos y costos en la recolección de basura en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec Oaxaca en el periodo 2024-2025?

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

La metodología desarrollada para este proyecto, cuyo objetivo es optimizar los tiempos de recolección de basura en el municipio, se estructura en varias fases clave, cada una diseñada para abordar aspectos específicos del problema actual y proponer soluciones viables:

- **Fase 1: Análisis de la situación actual:** Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del proceso de recolección de basura, incluyendo la identificación precisa de las rutas, los horarios y los puntos de recolección establecidos.

Además, se recopilaron datos históricos proporcionados por el municipio y se realizaron entrevistas con el personal de recolección, con el fin de identificar los principales desafíos operativos, cuellos de botella y áreas de oportunidad dentro del sistema.

- **Fase 2: Investigación de soluciones:** Se investigaron las mejores prácticas a nivel nacional e internacional, revisando informes gubernamentales y estudios de casos de otras ciudades que han implementado con éxito estrategias para reducir los tiempos de recolección de basura.

La investigación se enfocó en soluciones innovadoras, considerando aquellas que combinan tecnología avanzada y enfoques logísticos adaptables a las características del municipio, asegurando que las soluciones sean prácticas y sostenibles.

- **Fase 3: Diseño de estrategias:** En esta fase se está trabajando en el desarrollo de estrategias orientadas a la optimización de rutas y al aumento de la eficiencia general del sistema de recolección.

Esto incluye la identificación de zonas con alta densidad de residuos, lo que permitirá una mejor asignación de recursos y la implementación de horarios de recolección flexibles que se ajusten a las necesidades reales de cada área. Asimismo, se están analizando diferentes variables como el

consumo de combustible, la capacidad de los camiones recolectores y la frecuencia de recolección en distintos puntos, para garantizar una mejora integral del sistema.

- **Fase 4: Instrumentos utilizados:** Para la recopilación de datos, se obtuvo autorización institucional para realizar encuestas estructuradas al personal de recolección, con el fin de entender su perspectiva operativa y recabar datos específicos sobre las limitaciones y oportunidades de mejora en el proceso.

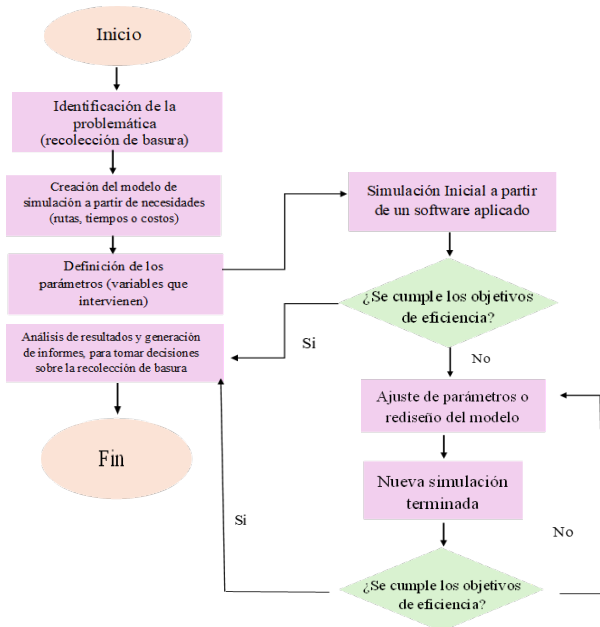
Se emplearán herramientas tecnológicas, como software de simulación y aplicaciones especializadas en la medición de rutas, que permitirán evaluar diferentes escenarios y diseñar estrategias precisas de optimización. Estas herramientas ayudarán a visualizar el impacto de los cambios propuestos y asegurar que las nuevas rutas sean más eficientes.

En la Figura 1 se presenta un diagrama de flujo que detalla cada uno de los procesos involucrados en la elaboración del modelo, proporcionando una visión clara de los pasos a seguir y la interrelación entre ellos.

Este enfoque metodológico garantiza que cada etapa esté sustentada en datos precisos y herramientas tecnológicas avanzadas, lo que permitirá proponer soluciones realistas y efectivas para optimizar el sistema de recolección de basura del municipio.

Figura 1

Diagrama de Flujo de los procesos



Como primera fase se tuvo que recabar datos de las rutas actuales de Tuxtepec, para esto se tuvo que consultar con el coordinador de limpia pública del municipio, que fue pieza clave para crear el modelo de la ruta actual que se puede observar en la figura 2, los datos obtenidos de las rutas se encuentran en la Tabla I.

Figura 2

Modelo de ruta a trabajar, imagen centro actual de Tuxtepec



Nota: Modelado en Google Earth. Distancia total aproximada: 15.49 km.

Tabla I

Datos de la ruta, información recolectada del municipio

Rutas	Distancias	Dias	Km	Tipo de camión
Zona 1	Calle F. I madero hasta Col. Oaxaca	Lunes a dom.	4.93	Recolector Freightliner
Zona 2	Av. Independencia hasta Carranza	Lunes a dom.	7.76	Recolector Freightliner
Zona 3	Carranza hasta Av. Mancilla	Lunes a dom.	2.80	Recolector Internacional

Identificación de Variables

Para esto debemos de considerar las siguientes variables:

- Características geográficas: La topografía, la disposición del terreno y la accesibilidad a diferentes áreas de la ciudad pueden afectar la planificación de rutas y la eficiencia de la recolección.
- Tecnología y sistemas de gestión de residuos: El uso de tecnología avanzada, como sistemas de seguimiento de flotas, contenedores inteligentes o software de optimización de rutas, puede mejorar la eficiencia y la efectividad del servicio de recolección.
- Regulaciones y políticas locales: Las regulaciones gubernamentales y las políticas locales relacionadas con la gestión de residuos, como la separación en la fuente, los horarios de recolección y las tarifas de servicio, pueden influir en la operación y la planificación del servicio de recolección de basura.
- Educación ambiental y conciencia ciudadana: El nivel de conciencia ambiental y la educación de la población sobre prácticas de gestión de residuos sostenibles pueden afectar la cantidad y la calidad de los residuos generados, así como la

participación en programas de reciclaje y reducción de desechos.

Aplicación

El entorno donde se llevará a cabo es en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec Oaxaca, en una ruta del centro por lo que se estará trabajando a nivel municipio.

Algunas características relevantes del entorno incluyen:

- **Densidad poblacional:** La densidad poblacional en el centro de Tuxtepec influirá en la cantidad de basura generada y, por lo tanto, en la planificación de las rutas de recolección.
- **Infraestructura vial:** La calidad de las carreteras y la presencia de calles estrechas o congestionadas pueden afectar los tiempos de viaje de los camiones de recolección.
- **Distribución de contenedores de basura:** La ubicación y cantidad de contenedores de basura en el centro de Tuxtepec será un factor importante en la planificación de las rutas.
- **Horarios de recolección:** Los horarios en los que se lleva a cabo la recolección de basura en el centro de Tuxtepec influirán en la congestión del tráfico y en la disponibilidad de contenedores.

Para realizar un análisis efectivo del entorno donde se llevará a cabo la experimentación para optimizar las rutas de recolección de basura en el centro de Tuxtepec, es importante considerar una serie de datos relevantes como lo son:

- **Distribución de la población:** Obtener datos sobre la densidad poblacional en diferentes áreas del centro de Tuxtepec. Esto puede ayudar a determinar las áreas con mayor generación de

residuos y, por lo tanto, influir en la planificación de las rutas de recolección.

- **Ubicación de contenedores de basura:** Registrar la ubicación exacta de los contenedores de basura en el área de estudio. Esto incluye información sobre la cantidad de contenedores, su capacidad y su estado de llenado.
- **Características del terreno:** Analizar la topografía del área, identificando posibles obstáculos como colinas, calles estrechas o zonas de difícil acceso que puedan afectar las rutas de recolección.
- **Horarios de recolección:** Recopilar datos sobre los horarios en los que se lleva a cabo la recolección de basura en el centro de Tuxtepec. Esto puede incluir información sobre la frecuencia de recolección en diferentes áreas y los días específicos de la semana en que se realiza la recolección.
- **Datos de tráfico:** Obtener información sobre el flujo de tráfico en el área de estudio durante diferentes momentos del día. Esto puede incluir datos de velocidad promedio, congestión de tráfico y puntos críticos de congestión que puedan afectar los tiempos de las rutas de recolección.
- **Capacidad y tipo de vehículos de recolección:** Conocer la capacidad de carga y el tipo de vehículos utilizados para la recolección de basura en el municipio. Esto ayudará a determinar la eficiencia de los vehículos y su idoneidad para diferentes tipos de rutas.

Datos Relevantes:

- Llega basura de otros municipios
- No hay una cultura ambiental de reciclaje, etc.
- De municipios vecinos se recolectan 5,195 toneladas de basura al año.
- En las empresas que están cerca de Tuxtepec sacan más de 10,000 toneladas de basura al año.
- Para recolectar la basura trabajan 77 trabajadores.
- Las rutas, centros, avenidas y calles paralelas y perpendiculares, no reciben el servicio de recolección.

RESULTADOS

Analizando las rutas y alternativas, se propuso un nuevo modelo de rutas para minimizar los tiempos, véase en la figura 3, y esto da como resultado una nueva alternativa al modelo actual, donde las distancias en este caso son menores, véase en la tabla 2.

Modelo Propuesto

Figura 3

Creación de una nueva ruta para la zona centro



Nota: Ruta nueva propuesta (Distancia aproximada de 13.41 km)

Tabla 2

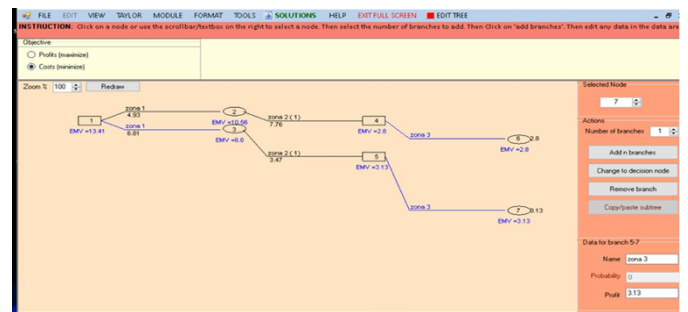
Nuevas distancias de la ruta propuesta

Rutas	Días	Km.
Zona 1	7	6.81
Zona 2	7	3.47
Zona 3	7	3.13

Se hizo una comparación para confirmar la rentabilidad que tiene esta nueva ruta, a comparación de la actual, véase la figura 4.

Figura 4

Comparación de la nueva ruta con la ruta anterior (diagrama en software)



En este software (QM for Windows V5) se añadieron los datos de ambas rutas, y como se puede ver en la figura 5, la ruta en la parte inferior que es la que se propuso, es mejor a la actual, aunque también dice que una de las rutas actuales es factible.

Figura 5

Ubicación de contenedores de forma estratégica

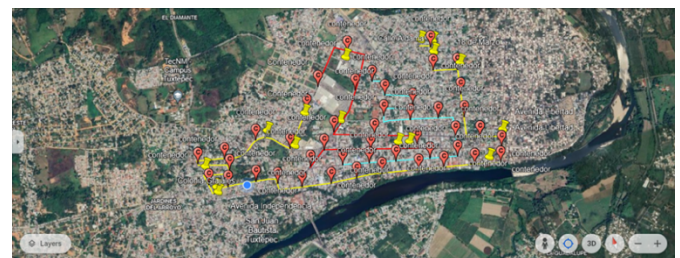


Tabla 3

Costos aproximados de la nueva ruta

Zona	N° de Trabajadores	Salario Diario	Costo total mano de obra	Km diarios recorridos	Costo mano de obra por km	Capacidad (combustible)	Precio Diesel	Costo de combustible por km
Zona 1	5	\$ 350.00	\$ 1,750.00	6.81	\$ 256.98	7.6	\$ 24.02	\$ 21.52
Zona 2	5	\$ 350.00	\$ 1,750.00	3.47	\$ 504.32	7.6	\$ 24.02	\$ 10.97
Zona 3	5	\$ 350.00	\$ 1,750.00	3.13	\$ 559.11	7.6	\$ 24.02	\$ 9.90

Tabla 4

Cálculos de los costos de la nueva ruta

Zona	Velocidad del camión km/hr	Tiempo aprox. De recolección en hrs.	Minutos	Costo mano de obra y combustible	Costos totales por zonas
Zona 1	7	0.972857143	58.37	\$ 278.50	\$ 1,897.00
Zona 2	7	0.495771429	29.74	\$ 515.29	\$ 1,788.00
Zona 3	7	0.447142857	26.83	\$ 569.00	\$ 1,781.00

Al tener esta nueva ruta, se ubicó en que puntos específicos iban a estar los contenedores para mejorar la eficiencia de recolección.

Se redujo considerablemente los kilómetros de las rutas, pasando de 15.49 km a 13.41 km esto supuso una reducción en los costos, véase en la tabla 3 y tabla 4.

APLICACIÓN DEL MODELO

Datos a recabar:

- ci= Costo horario del camión tipo I.
- xi= Numero de camiones de tipo I requeridos.
- n= Número total de tipos I de camiones empleados.
- ki= Costo diario por mano de obra de operación de cada tipo de camión empleado.
- W= Costo máximo diario de operación que el municipio presupuestado.
- S= Generación diaria de residuos de la ciudad.
- G= Generación en kg/Hab – día.
- B= Generación total de otras fuentes en kg-día.
- wi= Capacidad en kg del camión tipo I.
- Ni= Números de viajes por día del camión tipo I.
- η i= Eficiencia de llenado del camión de tipo I.
- ai= Número actual de camiones de tipo I.

Tabla 5

Datos de camiones Freightliner

Dato	Concepto	Diario	Unidad de medida
ci	Costo horario del camión tipo I	244	pesos de mantenimiento
xi	N° de camiones de tipo I	2	camion tipo I
n	N° de camiones totales	1	camiones
ki	Costo diario por mano de obra por operación	350	pesos por trabajador
W	Costo máximo diario de operación presupuestada por el municipio	400	pesos por trabajador
S	Generación diaria de residuos de la ciudad	38,000	kg
S = (PG-B)	(PG-B)	86,414.15	
P	Población	61,574	habitantes
	Generación diaria de residuos por habitante	1	
B	Generación total de otras fuentes	64,330	kg
wi	Capacidad en kg del camión	5,000	kg
Ni	N° de viajes por día del camión	1	viajes
ni	Eficiencia de llenado del camión de tipo I	0.9	
ai	N° total de camiones	15	

Tabla 6*Calculos para camiones Freightliner*

$20,000 / 30 = 666 / 15 = 44 + 200$ de gasolina = 244	
20,000	mensual de mantenimiento
667	1,333
3,500	x5 trabajadores
6,316	Costo total x camión
9,816	$3,500 + 6,316$
18,056.78	Habitantes por km cuadrado (Densidad)
3.41	Área
61,573.62	Habitantes estimados en el área de macro ruteo
159,452	Habitantes Tuxtepec 2020
38.62%	% de población en el área de macro ruteo
24,842	estimación de otros desechos en el área de macro ruteo
9,000	$xi * n * Wi * Ni * ni$

Primero se recabaron los datos previamente mencionados en la tabla 5, para sacar el número de población por zona se hicieron estimaciones por habitantes por km cuadrado, cabe resaltar que estos datos son de un tipo de camión que manejan en la zona centro, que es del camión Freightliner (ver tabla 6).

Tabla 7*Datos del modelo del camión International*

Dato	Concepto	Diario	Unidad de medida
ci	Costo horario del camión tipo I	244	pesos de mantenimiento
xi	N° de camiones de tipo I	1	camion tipo I
n	N° de camiones totales	1	camiones
ki	Costo diario por mano de obra por operación	350	pesos por trabajador
W	Costo máximo diario de operación presupuestada por el municipio	400	pesos por trabajador
S	Generación diaria de residuos de la ciudad	38,000	kg
S = (PG-B)	(PG-B)	223,782	
P	Población	159,452	habitantes
	Generación diaria de residuos por habitante	1	
B	Generación total de otras fuentes	64,330	kg
wi	Capacidad en kg del camión	6,350	kg
Ni	N° de viajes por día del camión	2	viajes
ni	Eficiencia de llenado del camión de tipo I	0.9	
ai	N° total de camiones	15	

Tabla 8*Calculos para el camión International* $20,000 / 30 = 666 / 15 = 44 + 200$ de gasolina = 244

20,000	mensual de mantenimiento
667	$20,000 / 30$
1,750	x5 trabajadores
2,000	Costo total x camión
3,750	$1,750 + 2,000$
11,430	$xi * n * Wi * Ni * ni$

Se hicieron los mismos cálculos que el anterior, solo que esta vez se recolectaron datos del camión "International" de ahí con los datos de ambos camiones, se usó la herramienta de solver para generar la minimización de los costos, esto usando algunas restricciones, lo que al final nos da el resultado que

habría una mejor optimización al utilizar 3 o 4 camiones de tipo 2 o mejor dicho recolectores “international” para esa zona, visible en la figura 11.

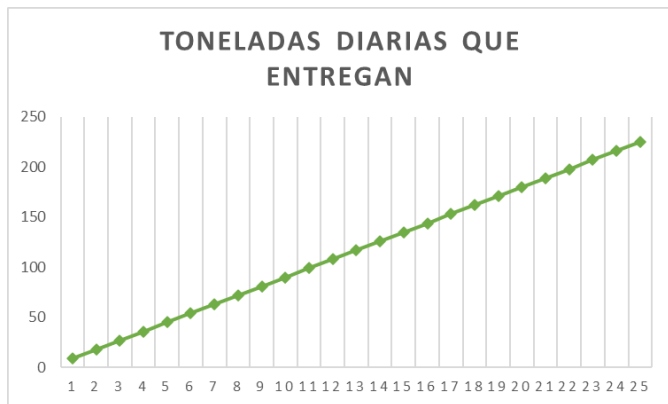
Figura 11

Minimización de los costos de los modelos de camiones

x1		x2	
9,000	+	11,430	>= 172,830
3,500	+	1,750	<= 6,316
<hr/>			
412,525.029	>=	172,830.291	
6,316	<=	6,316	
<hr/>			
minz =		1,333x1 + 667x2	
<hr/>			
x1	0		
x2	3.609142857		
FO	2,407.298286		

Figura 12

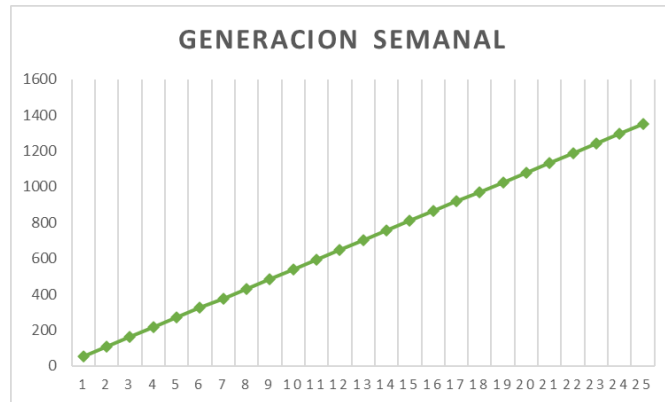
Pronostico diario de recolección de basura en el basurero por camión



En esta grafica representa cuantas toneladas entregan en promedio el número de camiones que recolectan basura.

Figura 13

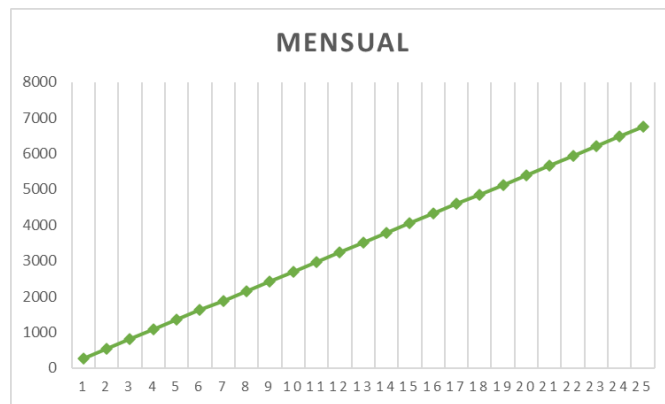
Pronostico semanal de toneladas en promedio



Aquí se refleja cuantas toneladas se saca semanalmente dependiendo de la cantidad de camiones y se sacó como se dijo el número de camiones por 6 días, puesto que un día descansan.

Figura 14

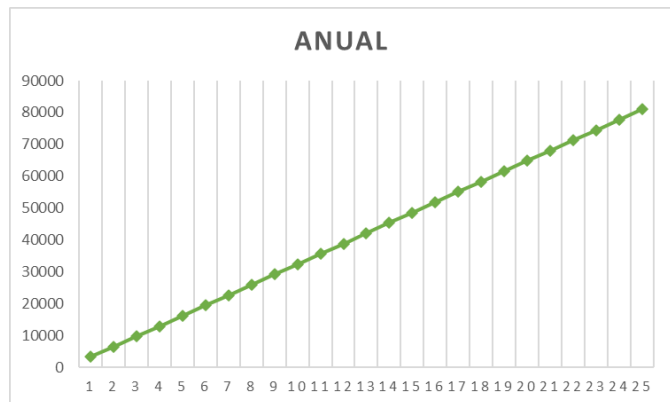
Pronostico mensual en promedio por camiones



Se multiplico por 30 el número de basura diaria que en promedio pueden recolectar, lo que sería mensualmente la cantidad de toneladas que podrían llevar al basurero.

Figura 15

Pronostico Anual en promedio por camiones



En este se multiplico por 12 ya que son los que da para un año, por el número de camiones, desde el camión 15 es un pronóstico ya que con la investigación que se hizo solamente hay actualmente 14 camiones en funcionamiento (eso también cuenta con el de semanal, mensual y diario porque se sacó su pronóstico igual).

Cálculo de casas de cada ruta:

- Ruta 1 (amarillos): $1,471 \text{ total de casas} * 4 \text{ kg.} = 5,884 \text{ kg.} / 1,000 = 5.884 \text{ toneladas}$
- Ruta 2 (rojo): $295 \text{ total de casas} * 4 \text{ kg.} = 1,180 \text{ kg.} / 1,000 = 1.18 \text{ toneladas}$
- Ruta 3 (azul): $422 \text{ total de casas} * 4 \text{ kg.} = 1,688 \text{ kg.} / 1,000 = 1.688 \text{ toneladas}$

En donde:

- Una por persona = 1 kg.
- 4 personas por casa = 4 kg.

En este cálculo se contó las casas que hay en las rutas que se propuso, se multiplico en 4 kg. Ya que eso se saca por casa, al tener el total se convierte en toneladas y da el resultado de cuanto aproximadamente se sacaría por toneladas en cada ruta.

CONCLUSIONES

Este estudio destaca la importancia de mejorar la eficiencia en la recolección de basura en San Juan Bautista Tuxtepec, en línea con teorías previas sobre la gestión de residuos sólidos que subrayan la necesidad de políticas públicas efectivas y la participación ciudadana para lograr una gestión sostenible. Los resultados tienen implicaciones tanto a nivel local como general. Localmente, una gestión más eficiente puede mejorar la salud pública, reducir la contaminación y elevar la calidad de vida de los residentes, mientras que, a nivel más amplio, estos hallazgos podrían servir como modelo para otras ciudades con problemas similares, promoviendo prácticas de gestión de residuos más sostenibles.

Al comparar los resultados con estudios previos, se observa que tecnologías avanzadas como la recolección automatizada y el uso de seguimiento en tiempo real ya han demostrado ser efectivas en contextos urbanos. Sin embargo, en San Juan Bautista Tuxtepec, la implementación enfrenta desafíos específicos debido a su geografía y densidad poblacional, lo que confirma que las soluciones tecnológicas deben ajustarse a las condiciones locales para ser efectivas. No obstante, se reconocen algunas limitaciones, como la falta de datos completos sobre el comportamiento de los residentes y la limitada disponibilidad de tecnologías avanzadas, lo que pudo haber afectado la precisión en la estimación de eficiencia y viabilidad.

Este estudio ha permitido identificar y proponer mejoras significativas en los costos, el tiempo y las rutas de los camiones de recolección de basura. Mediante un análisis exhaustivo y la implementación de software innovadores, se diseñaron rutas más eficientes que no solo reducen los gastos operativos, sino que también

optimizan los tiempos de recolección y minimizan las distancias recorridas. Nos complace informar que el proyecto ha sido concluido exitosamente y entregado al municipio para su evaluación y posible implementación. Esta propuesta no solo tiene el potencial de mejorar la eficiencia del servicio actual, sino también de contribuir a una gestión más sostenible de los residuos en nuestra comunidad. Los hallazgos obtenidos tienen el poder de transformar la gestión de residuos en San Juan Bautista Tuxtepec y servir como modelo para otras ciudades.

REFERENCIAS

- Hernández, H. B. (2024, febrero 9). Coordinador de limpia pública. Investigación. San Juan Bautista, Oaxaca, México. Coordinador de limpia pública.
- Tapia Ibarra, A. G., & Velázquez Ortega, V. O. (2020, febrero 17). Impactos ambientales en el sector empresarial de la recolección contratada de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Tepic, Nayarit, México.
<https://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3726>
- Vargas y Castillo, M. L., & Díaz Ramírez, D. R. (2023, junio 30). La educación del desarrollo sustentable en relación con el imaginario social en educación medio superior.
<https://revistas.unife.edu.pe/index.php/educacion/article/view/2888/3193>
- Vidarte Rodríguez, A., & Chávez López, C. L. (2020, julio-diciembre). Basura Cero. Gestión de residuos sólidos urbanos en México. Universidad de Guadalajara.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7734665>