



PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

II. GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RSU (diagnóstico)

2.1. Definición de Residuos Domésticos

Para determinar la generación de RSU en este trabajo se tomó como referencia a la NORMA MEXICANA NMX-AA-61-1985. Para efectos de aplicación de esta norma los residuos sólidos municipales se subdividen en domésticos (que son los generados en casas habitación) y en no domésticos (generados fuera de las casas habitación).

La NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-SEMARNAT-2003, ESPECIFICACIONES DE PROTECCION AMBIENTAL PARA LA SELECCION DEL SITIO, DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION, MONITOREO, CLAUSURA Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DE UN SITIO DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL define a los Residuos Sólidos Urbanos como: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos. En base a esta definición se establece que **los residuos domésticos son** Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques. Y no aquellos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.

2.2. Situación actual del manejo de RSU en el Municipio

En el municipio, como se explica más a detalles en los capítulos siguientes, el manejo de RSU se divide en dos secciones:

a) Barrido

El promedio del personal en turno, es de 57 operarios, distribuidos entre 3 turnos, y en cada turno abarca 35.3 Km lineales de calles, por ambas aceras, de manera individual.

b) Recolección

Para la mayoría de la ciudad, se aplica un método de recolección en puntos fijos, y en zona Sur, en algunas colonias se hace recolección en acera por campaneo.

Para los puntos fijos de recolección, se utilizan contenedores de distintas capacidades volumétricas (258), así como tolvas (11) y góndolas (2), que sirven como almacenamiento temporal para los RSU, que la población deposita en ellos, y que, en distintos horarios, procuren ser recolectados en su totalidad, al menos una vez al día, por las cuadrillas de recolección, que consten de una unidad con un chofer y un auxiliar, en cada caso.



PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Posteriormente, cuando la unidad cubrió su ruta, se dirige al SDF, para depositar lo recolectado hasta ese momento, y efectuar otro ciclo.

Se estima que cada unidad debe cubrir 2 ciclos por turnos, es decir, entre 5 y 6 turnos por día, trabajando de lunes a Domingo, únicamente variando la frecuencia de algunas rutas el día Domingo y por las noches.

A su vez, el Municipio no le alcanzan los recursos para brindar servicio a toda la población guanajuatense, y por eso es que hay acuerdos no formalizados con particulares, que le brindan servicio a comunidades.

Finalmente, los RSU son depositados en el SDF, que no cumple con la normativa correspondiente, y que terminar de concluir, que el manejo de RSU, es deficiente, y que no se trata de una Gestión Integral.

2.3. Generación de RSU

En la LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Art. 5 fracc. VIII y IX, establece que la Generación es la Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo y Generador es la persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

2.3.1. Generación de RSU en el municipio

La generación de RSU en el municipio de Guanajuato se integra de manera general por tres componentes, que son: La generación domiciliar, La generación no domiciliar o comercial y el barrido o limpia de espacios públicos. Podría hablarse de un cuarto componente que sería la generación eventual, que deriva de actividades masivas y que son significativas en cuanto a la generación de residuos en el municipio, como festivales, fiestas religiosas entre otras varias que son bastante comunes en el cotidiano guanajuatense.

2.3.2. Metodología para determinar la generación de Residuos Sólidos

En principio este trabajo está basado en la NORMA MEXICANA NMX-AA-61-1985, PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-DETERMINACION DE LA GENERACION. Esta Norma Mexicana especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio con duración de ocho días, periodo en el cual se recolectan los residuos generados en los domicilios seleccionados para el estudio. La metodología para la determinación de la generación de los residuos sólidos se divide en tres etapas principales: Preparación o planeación, Muestreo y Análisis de datos figura 1.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

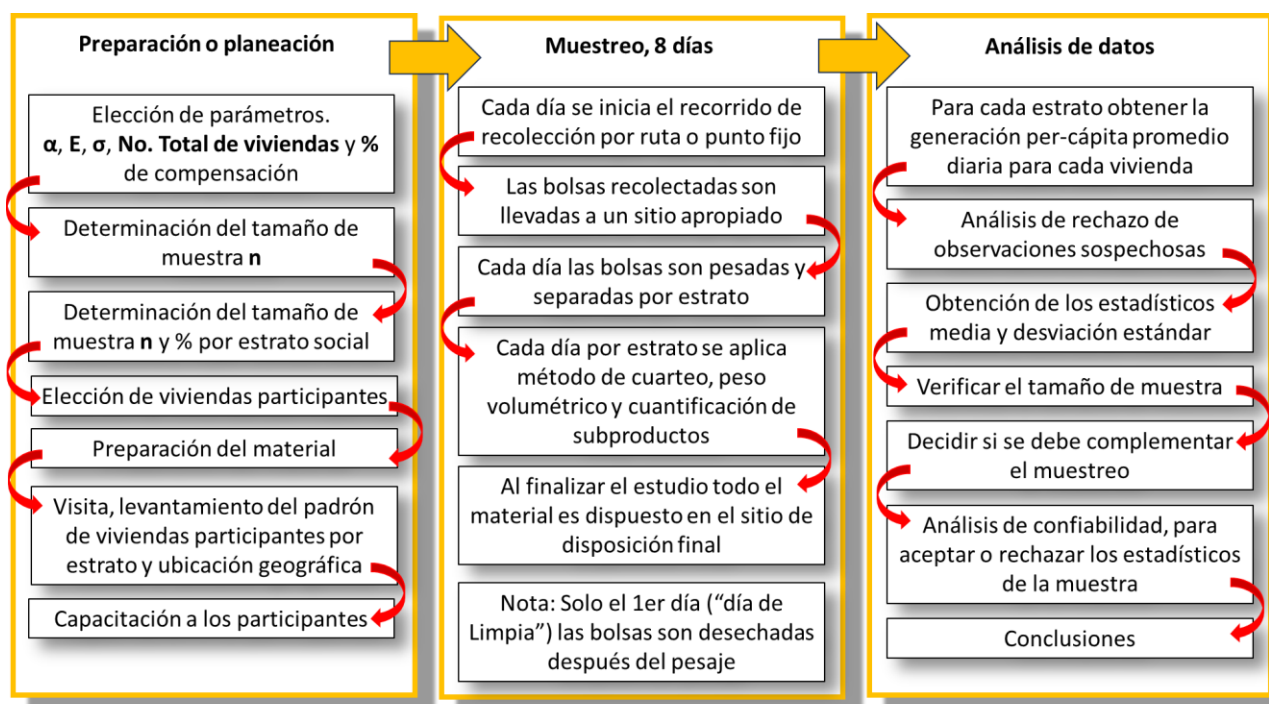


Fig.29. Diagrama de flujo de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

Preparación o planeación

Elección de parámetros para obtener el tamaño de muestra: Nivel de significancia, Error y la desviación estándar.

Dado que este muestreo se realiza sobre viviendas, para la obtención del tamaño de muestra se debe contar con el dato del total de viviendas en el municipio o universo a evaluar y su fracción por estrato social.

Se determina un porcentaje de amortiguamiento para compensar fallos o falta de participación en el muestreo.

Con los datos recabados se determina el tamaño de la muestra total y se determina el porcentaje de viviendas por estrato social.

En un plano actualizado del municipio se determinan las zonas o colonias con las que se decidirá trabajar. Esta selección puede ser subjetiva a criterio del investigador bajo conocimiento del entorno, puede ser empleando bases de datos por valor del terreno, o puede ser mediante algún sistema gráfico aleatorio.

A continuación, se deben elegir de manera aleatoria las viviendas para cada estrato. Para este estudio en particular se hizo mediante el apoyo de la dirección de desarrollo social y humano para entablar comunicación con los representantes de colonos de las zonas elegidas. Entonces de manera aleatoria no sistematizada se convocó a la participación en el estudio a la comunidad en general.



PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Se debe preparar el material de trabajo, sobre todo etiquetas foliadas de identificación para las viviendas y para las bolsas que serán empleadas en el estudio a fin de asociar un número de folio por vivienda.

Una vez levantado el padrón de viviendas participantes por estrato, ubicación geográfica y contando con el dato indispensable del número de habitantes en cada vivienda empadronada, se da capacitación sobre la actividad del muestreo y se dota de un paquete de ocho bolsas de polietileno negras perfectamente bien etiquetadas con un folio único por paquete a cada vivienda. Se desarrolla un plan estratégico para la recolección que puede ser por ruta o punto fijo.

Muestreo.

El primer día de recolección llamado "día de limpia" se recolectan en una primera bolsa de polietileno todos los residuos que se tengan almacenados en la vivienda para iniciar de cero. Se emplea una segunda bolsa de polietileno donde serán colectados los residuos que se generen en las siguientes 24 horas partiendo del punto cero. Así en el segundo día de recolección (1er día del estudio en forma) se colecta esa segunda la bolsa empleada el día anterior con los residuos generados en esas 24 horas y se inicia nuevamente con la tercera bolsa para recolectar el siguiente día los residuos que se generen en las siguientes 24 horas. Así sucesivamente hasta completar 8 días de recolección (1 día de limpia y 7 días de estudio forma).

Cada día la ruta debe efectuarse de manera sistemática a la misma hora para promover que efectivamente se dé un periodo de 24 horas entre la recolección de una bolsa y la subsecuente para una misma vivienda.

Terminada la ruta de recolección se llevan las bolsas a un lugar apropiado donde se procede a pesar cada bolsa identificando el número de folio, número de habitantes en esa vivienda y fecha de recolección.

El material recolectado es procesado por estrato para conocer el peso volumétrico y su composición por subproductos conforme a las normas NMX-AA-15-1985, NMX-AA-19-1985 y NMX-AA-22-1985, método de cuarteo, peso volumétrico y cuantificación de subproductos respectivamente.

Análisis de datos.

Para obtener el valor de la generación per-cápita de residuos sólidos en $\text{kg hab}^{-1} \text{ día}^{-1}$ correspondiente a la fecha en que fueron generados; se divide el peso de los residuos sólidos entre el número de habitantes de la casa habitación. De los siete datos obtenidos de cada casa habitación, durante el período de muestreo; se calcula el promedio de generación de residuos "per-cápita". De acuerdo con lo anterior, se obtiene una serie de "n" valores promedio, uno por cada vivienda de la muestra para cada estrato.

Se aplica un análisis de rechazo de observaciones sospechosas empleando cualquier método o procedimiento que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología considere confiable. Sugierentemente se aplica el criterio de Dixon.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Una vez rechazadas o aceptadas las observaciones sospechosas, realizar un análisis estadístico de los "n" valores promedio resultantes para obtener la medida de la generación per-cápita diaria de los valores promedio por casa habitación y la desviación estándar de ellos como conjunto de valores, con respecto a la media. Se verificar el tamaño de la muestra con respecto al tamaño de muestra calculado en un principio. El cálculo del tamaño real de la muestra se realiza con base en la desviación estándar obtenida, asumiendo un error muestral en un sugerido rango entre 0.04 y 0.07 kg hab⁻¹ día⁻¹ y empleando la distribución "t" de Student. Dependiendo de los resultados de este análisis se decide si es necesario realizar nuevamente un muestreo para complementar la información o continuar con la información que se tiene.

Se debe realizar un análisis de confiabilidad, con el fin de poder aceptar o rechazar los estadísticos de la muestra como los parámetros del universo de trabajo, para el nivel de confianza establecido. Esta fase del procedimiento estadístico consiste en realizar una prueba de hipótesis en dos colas, o bien ya sea en la cola izquierda o en la cola derecha de la distribución empleada para este análisis con el fin de definir si la media muestral es igual o difiere de la media de la población. Puede emplearse para este análisis, la distribución normal. En caso de aceptarse la hipótesis nula, se concluye que los estadísticos de la muestra pueden ser tomados como los parámetros del universo de trabajo. Si la hipótesis alternativa se acepta, los estadísticos de la muestra no deben ser tomados como los parámetros del universo de trabajo; por lo que es necesario realizar un nuevo muestreo y desechar el analizado.

2.3.3. Índice de Generación por persona kg hab⁻¹ día⁻¹

Preparación o planeación

Para obtener el tamaño de muestra se eligió un nivel de significancia $\alpha = 0.02$, Error E = 0.05 y la desviación estándar $\sigma = 0.3$.

El dato del total de viviendas en el municipio es de 51688 y se obtuvo del censo de población y vivienda 2020. Sin embargo, a fin de obtener la fracción de viviendas por estrato social, se empleó el dato 51639 viviendas, con el mnemotécnico VIVPARH_CV que se refiere al total de viviendas particulares habitadas a las que se les captan sus características y que no difiere en más de dos dígitos del total antes mencionado.

Se decidió trabajar con un 20 % de amortiguamiento para compensar fallos o falta de participación en el muestreo.

El tamaño de la muestra total se determinó con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N\sigma^2 \left(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right)^2}{(N-1)E^2 + \sigma^2 \left(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right)^2} \cdot 1.20 \qquad 234 = \frac{(51639)(0.3)^2(2.33)^2}{(51639-1)(0.05)^2 + (0.3)^2(2.33)^2} \cdot 1.20$$



PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Donde:

n es el tamaño de la muestra

N es el tamaño de la población (total viviendas)

σ es la desviación estándar

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ es el estadístico de la distribución normal estándar asociado a α

E es el error

Debido a que no hay un dato preciso que denote población por estrato social, el porcentaje de viviendas por estrato social se determinó mediante el producto de una selección de indicadores sobre las características sociodemográficas de la población y las viviendas del censo de población y vivienda 2020. Bajo la premisa de que la generación de residuos está ligada con el nivel adquisitivo y la propiedad se eligieron los indicadores que describen estos niveles.

Para estimar el estrato Bajo se eligieron indicadores que reflejan bajas condiciones de vivienda y bajo nivel adquisitivo, como: viviendas con piso de tierra, con solo un dormitorio, sin electricidad, agua fuera de la vivienda, con letrina, sin drenaje, sin vehículos, sin bienes muebles, entre otros. Para obtener el número de viviendas de estrato Bajo se promedió el número de viviendas correspondientes a los indicadores seleccionados. Para estimar el estrato Alto se eligieron indicadores que reflejan Altas condiciones de vivienda y Alto nivel adquisitivo, como: viviendas con horno de microondas, viviendas con automóvil, con motocicleta, bicicleta, computadora, línea fija de teléfono, internet, TV de paga, entre otros. Para obtener el número de viviendas de estrato Alto se promedió el número de viviendas correspondientes a los indicadores seleccionados. El estrato Medio se obtuvo de la diferencia entre el total de viviendas particulares habitadas a las que se les captan sus características y la estimación obtenida para el estrato Bajo y estrato Alto.

Tabla 15. Indicadores del censo de población y vivienda 2020. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{No. de viviendas estrato Bajo} = \frac{\sum_i^n \text{Indicador E. Bajo}_i}{n} = 4862$$

$$\text{No. de viviendas estrato Alto} = \frac{\sum_i^n \text{Indicador E. Alto}_i}{n} = 19260$$

$$\text{No. de viviendas estrato Medio} = 51639 - 4862 - 19260 = 27517$$

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

indicadores del censo de poblacion y vivienda 2020 empleados para la estimacion de estratos por mnemonico		Estrato	No. de viviendas	% de viviendas por estrato
E. Bajo	E. Alto			
VPH_PISOTI	VPH_HMICRO			
VPH_1DOR	VPH_AUTOM			
VPH_1CUART	VPH_MOTO			
VPH_2CUART	VPH_BICI			
VPH_S_ELEC	VPH_PC			
VPH_AGUAFV	VPH_TELEF			
VPH_LETR	VPH_INTER			
VPH_NODREN	VPH_STVP			
VPH_NDEAED	VPH_SPMVPI			
VPH_NDACMM				
VPH_SNBIEN				
VPH_SINRTV				
VPH_SINLTC				
VPH_SINCINT				
VPH_SINTIC				
		Total de viviendas	51639	100
		Estrato Bajo	4862	9.42
		Estrato Medio	27517	53.29
		Estrato Alto	19260	37.30

Mediante una selección subjetiva y bajo conocimiento del entorno, a criterio del grupo de trabajo y en colaboración con la dirección de servicios básicos y la dirección de medio ambiente y ordenamiento territorial, se realizó la selección de las zonas de donde se obtendrían las muestras por estrato. Se acordó contemplar la zona del cerro de los leones y el asentamiento de las águilas como fuente de las muestras para el estrato Bajo. Para el estrato Medio se seleccionó la colonia noria alta y la colonia de Lomas de marfil II. Para cubrir las muestras del estrato Alto se eligió el fraccionamiento de lomas de pozuelos y la parte alta de marfil.

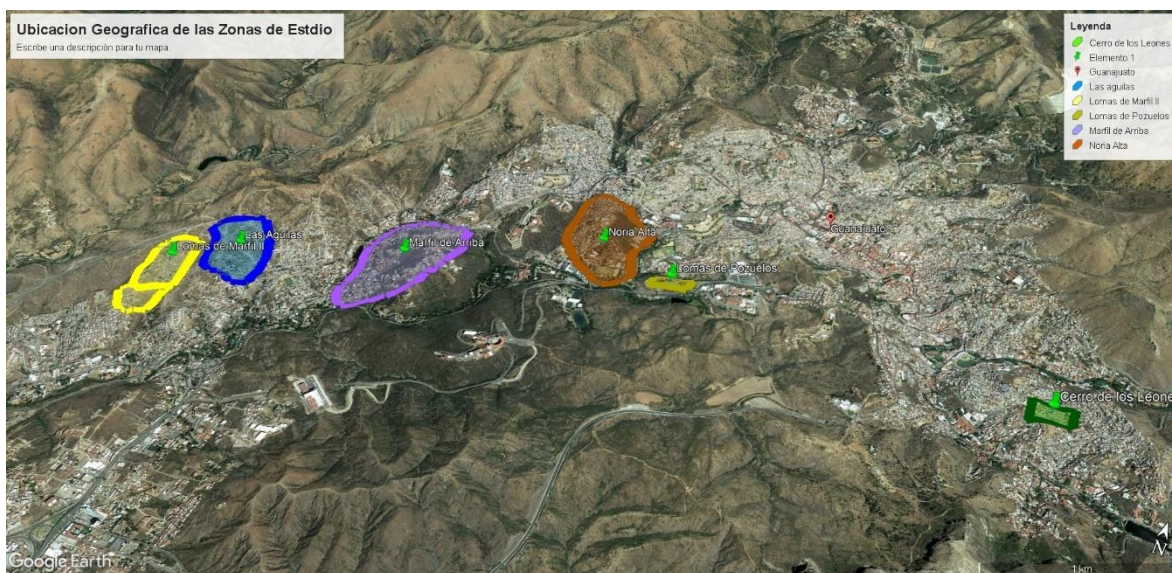


Fig. 30. Plano de colonias participantes. Fuente: Elaboración propia.

Mediante el apoyo de la dirección de desarrollo social y humano se entabló comunicación con los representantes de colonos de las zonas elegidas y se convocó a la participación en el estudio a la

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

comunidad en general. Se realizaron diversas reuniones con los vecinos para informarles de la actividad a realizar y se levantó un padrón con 256 entre los tres estratos participantes.



Fig. 31. Reunión con colonos Marfil de Arriba. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 32. Reunión con colonos Lomas de Marfil II. Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.



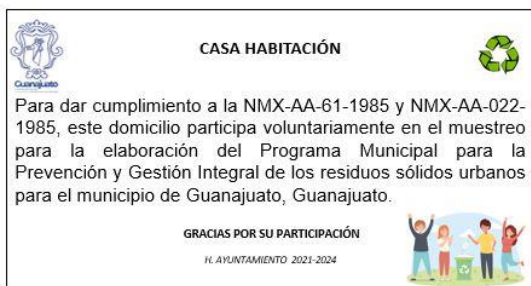
Fig. 33. Reunión con representante de colonos de Lomas de Pozuelos Fuente: Elaboración propia.

Se elaboraron 8 etiquetas con un mismo folio por cada una de las viviendas empadronadas. Al final se elaboraron 256 folios un total de 2048 etiquetas para ese mismo número de bolsas.

Tabla 16. Número total de viviendas participantes por estrato. Fuente: Elaboración propia.

Estrato	Zona	No. De viviendas	Total de viviendas	Folio
Bajo	Cerro de los leones	45	89	1 a 45
	Las Aguilas	44		142 a 186
Medio	Lomas de Marfil II	69	139	46 a 115
	Noria Alta	70		127 a 141
Alto	Lomas de Pozuelos	11	27	116 a 126
	Marfil	16		127 a 142

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.



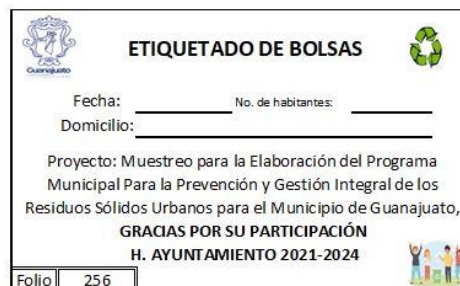
CASA HABITACIÓN

Para dar cumplimiento a la NMX-AA-61-1985 y NMX-AA-022-1985, este domicilio participa voluntariamente en el muestreo para la elaboración del Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los residuos sólidos urbanos para el municipio de Guanajuato, Guanajuato.

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024

Fig. 34. Etiqueta para viviendas Fuente: Elaboración propia.



ETIQUETADO DE BOLSAS

Fecha: _____ No. de habitantes: _____

Domicilio: _____

Proyecto: Muestreo para la Elaboración del Programa Municipal Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos para el Municipio de Guanajuato, GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

H. AYUNTAMIENTO 2021-2024

Folio 256

Fig. 35. Etiqueta de bolsas Fuente: Elaboración propia.

Una vez levantado el padrón de viviendas participantes por estrato, ubicación geográfica y contando con el dato indispensable del número de habitantes en cada vivienda empadronada, se da capacitación sobre la actividad del muestreo y se dota de un paquete de ocho bolsas de polietileno negras perfectamente bien etiquetadas con un folio único por paquete a cada vivienda. Se desarrolla un plan estratégico para la recolección que puede ser por ruta o punto fijo.



Fig.36. Etiquetado de bolsas Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.



Fig.37. Entrega de bolsas y etiquetas Fuente: Elaboración propia.



Fig.38. Entrega de bolsas y etiquetas Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Muestreo.

El primer día de recolección llamado “día de limpia” se recolectan en una primera bolsa de polietileno todos los residuos que se tengan almacenados en la vivienda para iniciar de cero. Se emplea una segunda bolsa de polietileno donde serán colectados los residuos que se generen en las siguientes 24 horas partiendo del punto cero. Así en el segundo día de recolección (1er día del estudio en forma) se colecta esa segunda la bolsa empleada el día anterior con los residuos generados en esas 24 horas y se inicia nuevamente con la tercera bolsa para recolectar el siguiente día los residuos que se generen en las siguientes 24 horas. Así sucesivamente hasta completar 8 días de recolección (1 día de limpia y 7 días de estudio formal). El muestreo fue realizado del martes 20 de junio del presente año, al martes 27 de junio.

Cada día la ruta inició de manera sistemática a la misma hora para promover que efectivamente se diera un periodo de 24 horas entre la recolección de una bolsa y la subsecuente para una misma vivienda.

Terminada la ruta de recolección se llevan las bolsas a un lugar apropiado donde se procede a pesar cada bolsa identificando el número de folio, número de habitantes en esa vivienda y fecha de recolección.

El material recolectado es procesado por estrato para conocer el peso volumétrico y su composición por subproductos conforme a las normas NMX-AA-15-1985, NMX-AA-19-1985 y NMX-AA-22-1985, método de cuarteo, peso volumétrico y cuantificación de subproductos respectivamente.



Fig. 39. Recolección. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 40. Recolección. Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.



Fig. 41. Recolección. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 42. Estudio Técnico de muestras. Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.



Fig. 43. Pesado de muestras. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 44. Procesamiento y homogenización de muestras. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 45. Separación de muestras por sector Fuente: Elaboración propia.

Análisis de datos.

Se esperaba cierta deserción o falta de participación por parte de la población por esto se había contemplado una medida de compensación. El tamaño de muestra n con el que se trabajó este análisis de datos al final es de 175 viviendas participantes.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Promedio de la generación de cada vivienda por 7 días. Esta operación se aplicó a cada una de las muestras

De cada uno de los estratos.

$$\text{Promedio generación per – cápita por vivienda diaria} = \frac{\sum \frac{\text{Peso de bolsa cada día}}{\text{número de habitantes}}}{7 \text{ días}} = \text{kg hab}^{-1} \text{ día}^{-1}$$

$$x = \frac{\sum_{i=1}^7 \frac{W_i}{\text{hab}}}{7}$$

Para el análisis de rechazo de observaciones sospechosas se aplicó el criterio de Dixon con las siguientes fórmulas para observaciones sospechosas en la cola superior y la cola inferior respectivamente. También se aplicó un análisis Q-Q para observar el ajuste a la normalidad.

Se encontraron para el estrato Bajo y para el estrato Medio observaciones sospechosas que derivado del análisis por el criterio de Nixon fueron rechazadas.

$$r_{22} = \frac{x_i - x_{i-2}}{x_n - x_3} \qquad r_{22} = \frac{x_i - x_{i-2}}{x_{n-2} - x_1}$$

Puede observarse como los puntos amarillos en las gráficas Q-Q. En las distribuciones se destacan las observaciones sospechosas muy retiradas hacia la izquierda en el eje de las clases. Para el estrato Alto no hubo evidencia suficiente para rechazar alguna observación.

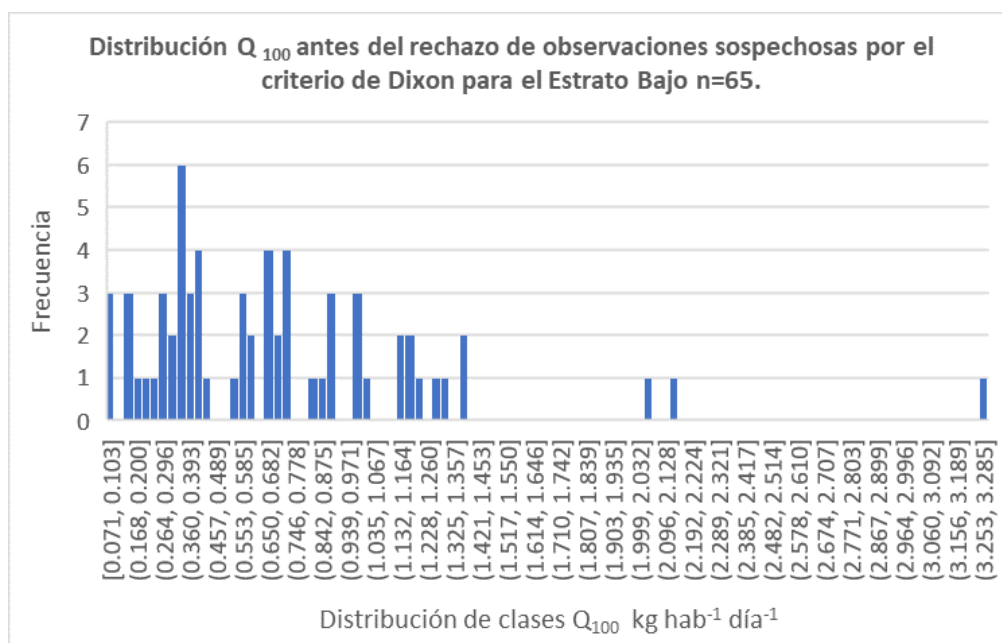


Fig. 46. Distribución Q_{100} antes del rechazo de observaciones sospechosas por el criterio de Dixon para el Estrato Bajo $n=65$ Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

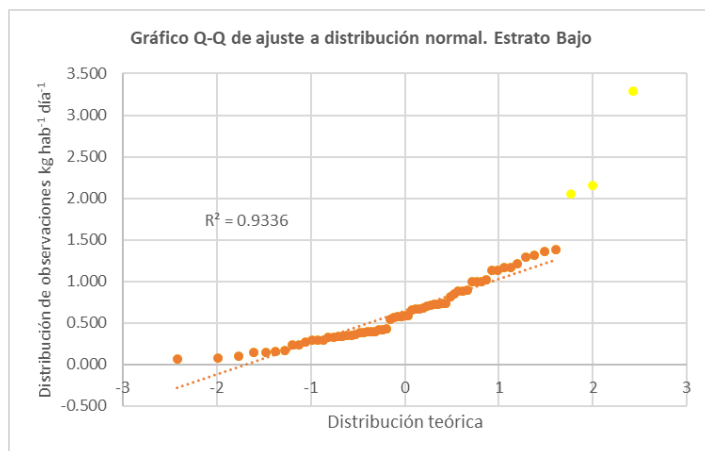


Fig.47. Gráfico Q-Q de ajuste a distribución normal. Estrato Bajo Fuente: Elaboración propia.

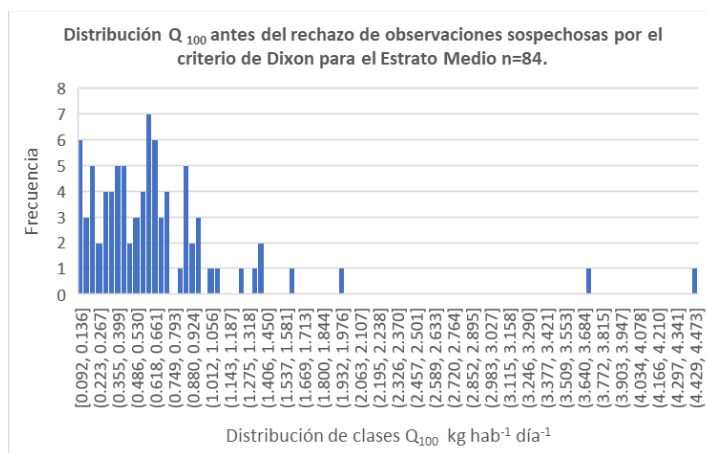


Fig.48. Distribución Q_{100} antes del rechazo de observaciones sospechosas por el criterio de Dixon para el Estrato Medio $n=84$. Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

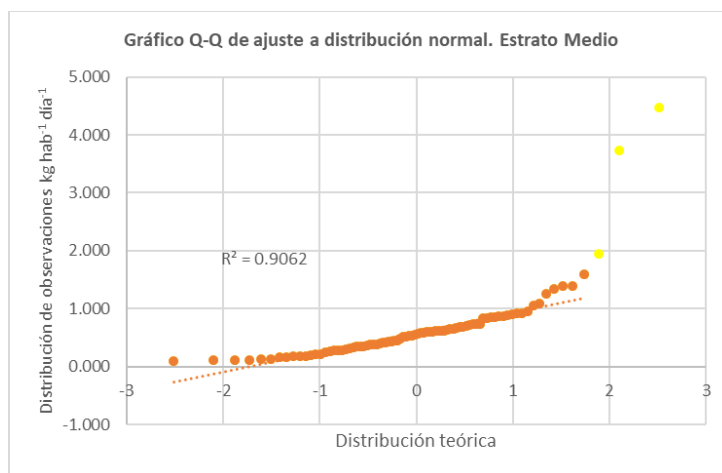


Fig.49. Gráfico Q-Q de ajuste a distribución normal. Estrato Medio Fuente: Elaboración propia.

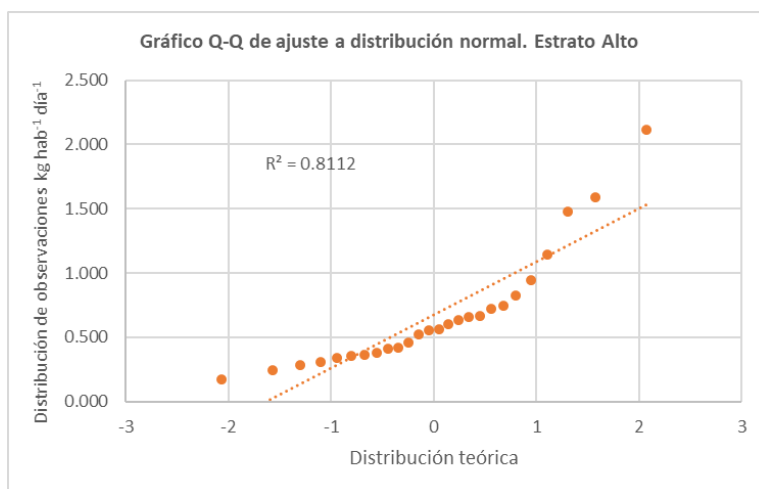


Fig.50. Gráfico Q-Q de ajuste a distribución normal. Estrato Alto Fuente: Elaboración propia.

Con las muestras aceptadas después del criterio de Dixon se realizó un análisis estadístico descriptivo de los "n" valores promedio resultantes, para obtener la medida de la generación per cápita diaria de los valores promedio por casa habitación, el intervalo de confianza con el 95% de confianza y la desviación estándar por estrato.

$$\bar{x}_{estrato} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{est}} x_i}{n_{est}} \quad IC = \bar{X} \pm Z_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{x}_{estrato}$ es la media por estrato

n_{est} es el tamaño de muestra por estrato

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

x_i es el i ésimo elemento de la muestra por estrato

IC es el intervalo de confianza

$Z_{(1-\frac{\alpha}{2})}$ estadístico de la distribución normal estándar para $1 - \frac{\alpha}{2}$

σ Desviación estándar de la muestra por estrato

También se verificó el tamaño real de la muestra empleando el estadístico t de student mediante la siguiente formula.

$$n_r = \left(\frac{t \cdot S}{E} \right)^2$$

Donde:

n_r es el tamaño real de la muestra

t es el estadístico t de student para un N.C. de 95% y $n-1$ grados de libertad

S es la desviación estándar de la muestra

E es el error de 0.07

El resumen de estos estadísticos se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 17. Datos estadísticos de generación per-cápita por estrato. Fuente: Elaboración propia.

Estrato Bajo		Estrato Medio		Estrato Alto	
Media	0.6139	Media	0.5629	Media	0.6727
Error típico	0.0457	Error típico	0.0367	Error típico	0.0899
Mediana	0.5778	Mediana	0.5369	Mediana	0.5549
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Desviación estándar	0.3598	Desviación estándar	0.3300	Desviación estándar	0.4583
Varianza de la muestra	0.1294	Varianza de la muestra	0.1089	Varianza de la muestra	0.2100
Curtosis	-0.7390	Curtosis	0.7172	Curtosis	3.2041
Coeficiente de asimetría	0.5015	Coeficiente de asimetría	0.88	Coeficiente de asimetría	1.78
Rango	1.3099	Rango	1.4971	Rango	1.9423
Mínimo	0.0711	Mínimo	0.0919	Mínimo	0.1752
Máximo	1.3810	Máximo	1.5890	Máximo	2.1175
Suma	38.0592	Suma	45.5942	Suma	17.4912
Cuenta	62	Cuenta	81	Cuenta	26
Nivel de confianza(95.0%)	0.089556759	Nivel de confianza(95.0%)	0.071869292	Nivel de confianza(95.0%)	0.176146439
Coeficiente de variación	58.6	Coeficiente de variación	58.63	Coeficiente de variación	68.12
Intervalo de confianza >	0.5243	Intervalo de confianza >	0.4910	Intervalo de confianza >	0.4966
Intervalo de confianza <	0.7034	Intervalo de confianza <	0.6348	Intervalo de confianza <	0.8489
Error muestral	0.07	Error muestral	0.07	Error muestral	0.07
nt $\alpha=0.05$	1.670219484	nt $\alpha=0.05$	1.664124579	nt $\alpha=0.2$	0.856236158
Tamaño real de la muestra	73.69317916	Tamaño real de la muestra	61.55101215	Tamaño real de la muestra	31.41955206

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Las distribuciones de las muestras por estrato después de rechazar las observaciones sospechosas (barras azules) combinadas con la distribución normal estándar (línea negra) para mostrar la media (línea roja), mediana (línea amarilla) e intervalo de confianza (líneas verdes) se presentan a continuación.

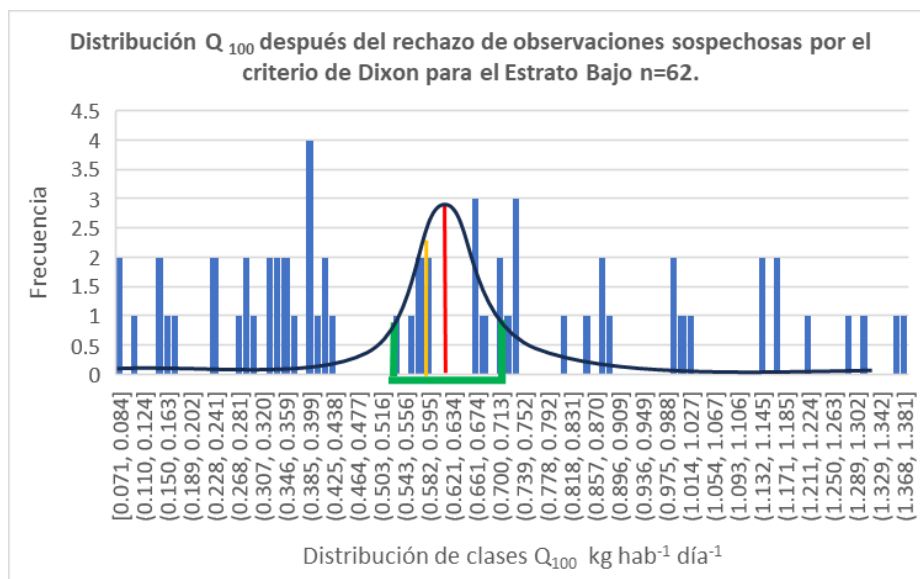


Fig. 51. Distribución Q_{100} después del rechazo de observaciones sospechosas por el criterio de Dixon para el Estrato Bajo $n=62$. Fuente: Elaboración propia.

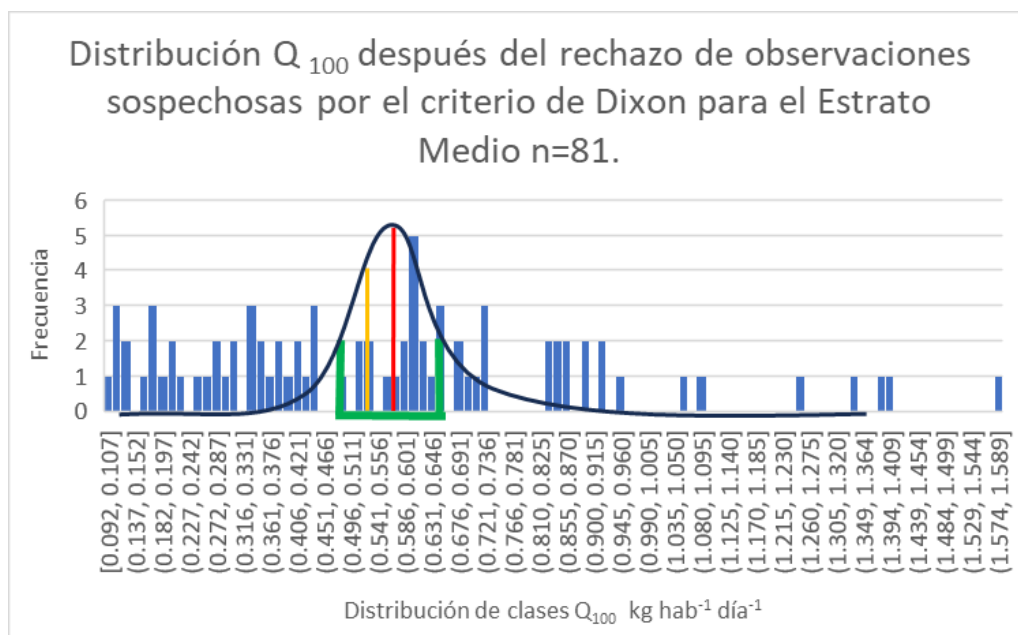


Fig. 52. Distribución Q_{100} después del rechazo de observaciones sospechosas por el criterio de Dixon para el Estrato Medio $n=81$. Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

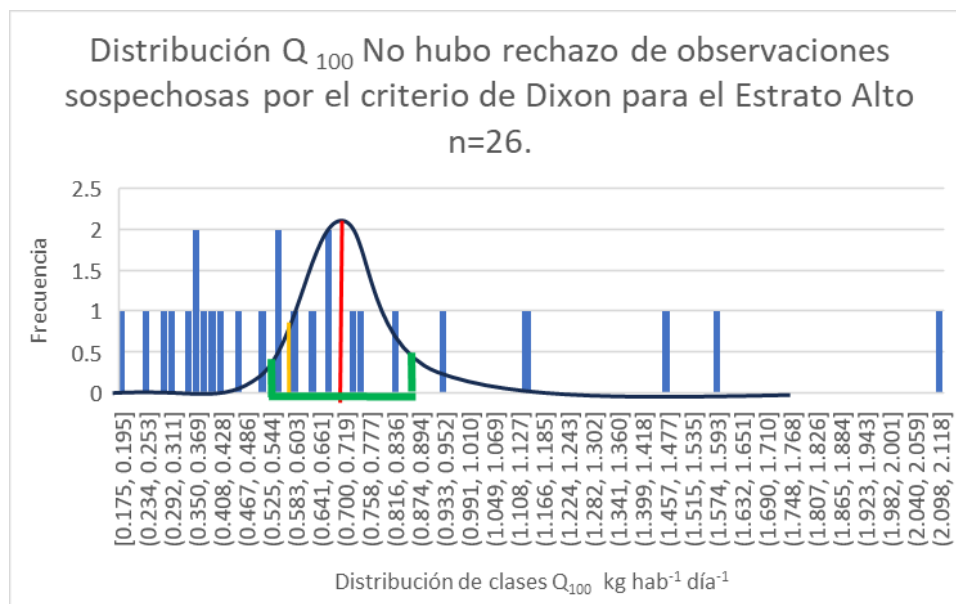


Fig. 53. Distribución Q_{100} No hubo rechazo de observaciones sospechosas por el criterio de Dixon para el Estrato Alto $n=26$. Fuente: Elaboración propia.

El promedio de la generación per-cápita de todos los estratos se genera sumando el producto de la media de cada estrato con la fracción porcentual del estrato correspondiente.

$$\bar{x} = (F \cdot P_{E.Bajo} \bar{x}_{E.Bajo}) + (F \cdot P_{E.Medio} \bar{x}_{E.Medio}) + (F \cdot P_{E.Alto} \bar{x}_{E.Alto})$$

$$0.6087 = (0.373 \cdot 0.6139) + (0.533 \cdot 0.5629) + (0.094 \cdot 0.6727)$$

El análisis de confianza, con el fin de poder aceptar o rechazar los estadísticos de la muestra como los parámetros del universo de trabajo, para un nivel de confianza de 95% se realizó con una prueba de hipótesis en dos colas, con el fin de definir si la media muestral para cada estrato es igual o difiere de la media de la población (Nuestra media promedio de los tres estratos calculada).

Hipótesis nula e hipótesis alternativa.

$$H_0: \bar{X} = \mu$$

$$H_1: \bar{X} \neq \mu$$

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

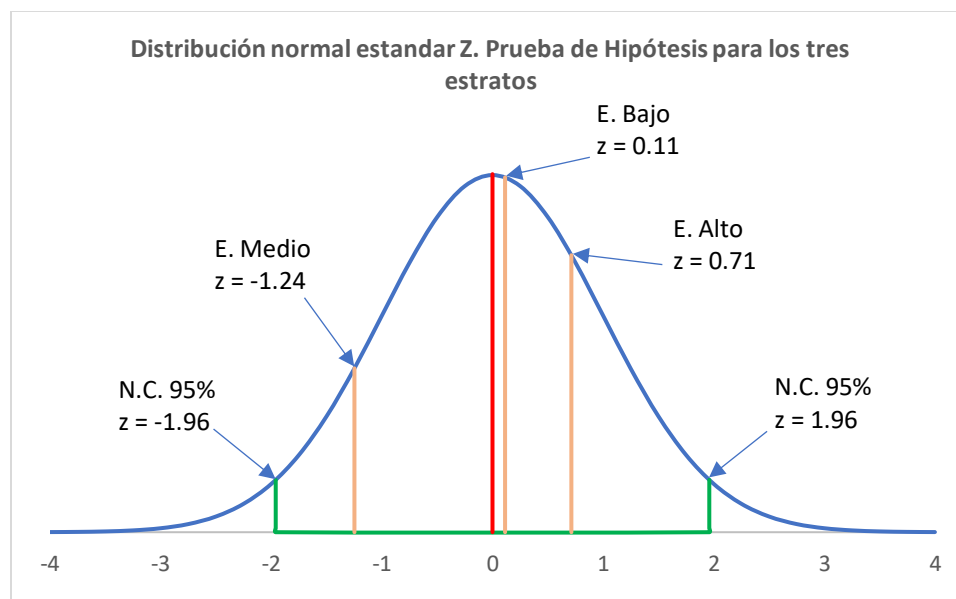


Fig. 54. Distribución normal estándar Z. Prueba de Hipótesis para los tres estratos Fuente: Elaboración propia.

El estadístico z calculado para las medias de los tres estratos caen en el intervalo de aceptación para el nivel de confianza del 95% tomando a la media promedio como la media poblacional. La hipótesis nula se acepta para las tres medias muestrales. Se concluye que los estadísticos de la muestra pueden ser tomados como los parámetros del universo de trabajo.

Una vez rechazadas o aceptadas las observaciones sospechosas, realizar un análisis estadístico de los "n" valores promedio resultantes para obtener la medida de la generación per-cápita diaria de los valores promedio por casa habitación y la desviación estándar de ellos como conjunto de valores, con respecto a la media. Se verificar el tamaño de la muestra con respecto al tamaño de muestra calculado en un principio. El cálculo del tamaño real de la muestra se realiza con base en la desviación estándar obtenida, asumiendo un error muestral en un sugerido rango entre 0.04 y 0.07 kg hab⁻¹ día⁻¹ y empleando la distribución "t" de Student. Dependiendo de los resultados de este análisis se decide si es necesario realizar nuevamente un muestreo para complementar la información o continuar con la información que se tiene.

Se debe realizar un análisis de confiabilidad, con el fin de poder aceptar o rechazar los estadísticos de la muestra como los parámetros del universo de trabajo, para el nivel de confianza establecido. Esta fase del procedimiento estadístico consiste en realizar una prueba de hipótesis en dos colas, o bien ya sea en la cola izquierda o en la cola derecha de la distribución empleada para este análisis con el fin de definir si la media muestral es igual o difiere de la media de la población. Puede emplearse para este análisis, la distribución normal. En caso de aceptarse la hipótesis nula, se concluye que los estadísticos de la muestra pueden ser tomados como los parámetros del universo de trabajo. Si la hipótesis alternativa se acepta, los estadísticos de la muestra no deben ser tomados



PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

como los parámetros del universo de trabajo; por lo que es necesario realizar un nuevo muestreo y desechar el analizado.

2.3.4. Proyección de la generación de RSU

Con este dato, se puede estimar el total de la generación total de residuos domiciliarios diarios del municipio, únicamente multiplicando por el total de la población (194,500 habitantes, según el Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020).

$$\begin{array}{c} \textit{Estimación generacion} \\ \textit{diario municipal domicilia} \\ = \\ 118.392 \text{ TONELADAS} \end{array}$$

Este valor, puede ser contrastado, más adelante con el cálculo del ingreso promedio diario al SDF, obtenido de las pesadas realizadas durante una semana.

2.3.5. Muestreo de composición

En primera instancia, se abrieron y esparcieron de manera uniforme todas las muestras de cada estrato en un espacio de 4x4 metros, y se revolvieron buscando la homogeneidad, que después, sería dividido en 4 sectores o cuadrantes, para su posterior tratamiento.

Se tomaron dos cuadrantes para la primera parte que se trataba del cálculo del peso volumétrico.

Se toma material de estos cuadrantes y se depositan en el tambo de 200 L, hasta el tope, sin compactar; posteriormente se debe levantar una altura mínima de 15 cm, y dejar caer 3 veces para simular una compactación natural, y se vuelve a llenar hasta el tope.

Finalmente se pesa, las veces necesarias hasta tomar una medida confiable, tomando en cuenta el peso del tambo, y se registran los datos.

Se tabulan y se obtiene la siguiente información, con un promedio semanal y desviación estándar para cada estrato.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Tabla 18. Datos de pesos de residuos en [Kg] en un tambo metálico de 200 [L].

Fuente: Elaboración propia.

	1	2	3	4	5	6	7	Promedio semanal	Desviación estándar
Bajo	22.25	28.46	33.25	24.15	14.85	19.45	18.05	22.9228571	5.85838767
Medio	19.65	36.95	31.55	23.85	23.05	33.25	30.35	28.3785714	5.80928181
Alto	23.83	30.75	22.65	24.45	20.35	20.45	31.15	24.8042857	4.14273497
						Promedio total		25.3685714	5.79053109

Con esta información, utilizando la fórmula de la densidad $\delta = \frac{m}{v}$, se calcula la Densidad promedio de los RSU que se generan en el municipio.

Densidad	=	m/v	=	25.3686 Kg / 0.2 m ³	=	126.842857 Kg/m ³
----------	---	-----	---	------------------------------------	---	------------------------------

Esta información se puede contrastar con la de la SEMARNAT, que estipula una Densidad media de 145 Kg/m³.

Utilizando este valor, se puede calcular el volumen que se maneja en la recolección de los residuos, basado en el peso que lleva cada unidad, obtenido de la semana de pesadas.

Caracterización

Una vez habiendo descartado los primeros dos cuadrantes, se ingresan los residuos de los otros dos en un mega costal, y se pesa hasta tener un peso de mínimo 50 Kg para caracterizarlos según la norma.

La norma NMX-AA-022-1985 estipula un listado de materiales, según su capacidad de aprovechamiento o valorización, sin embargo, existen algunas categorías que más recientemente se han vuelto valorables y decidimos incluirlas en nuestra caracterización, que son las siguientes:

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Tabla 19. Caracterización de los subproductos obtenidos de la separación en todos los estratos. (Elaboración propia).

Caracterización
Organico
Sanitario Y Residuos No aprovechables
Plastico Valorables
Poliestireno Expandido
Carton
Vidrio
Metal Ferromagnetico
Tetra Pack
Película Plastica
Plastico Otros
Textil
Cuero
Metal No Ferroso
Madera
Papel Encerado
Bolsa Laminada
Finos
Papel Blanco
Material de Construcción
Material Medico
Aluminio
Electronico
Hueso
Otros
Algodón
Ceramica
Calzado



Fig. 55. Equipo de separadores de apoyo para la separación. Fuente: Fuente: Elaboración propia.



Fig. 56. Ejemplo de residuos separados y pesados. Fuente: Elaboración propia.

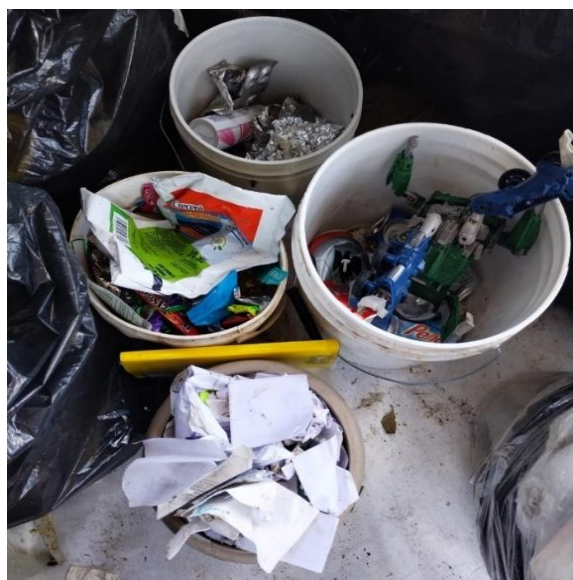


Fig. 57. Caracterización de residuos. Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

2.3.6. Composición porcentual

Una vez que teníamos los datos tabulados, calculamos los porcentajes de composición de cada muestra, obteniendo las siguientes gráficas, que marcan la distribución de cada tipo de residuo por estrado.

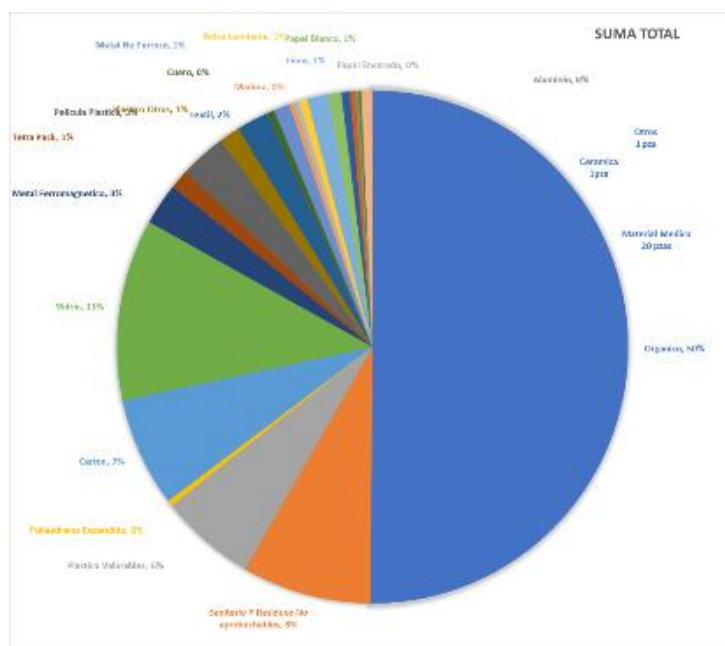
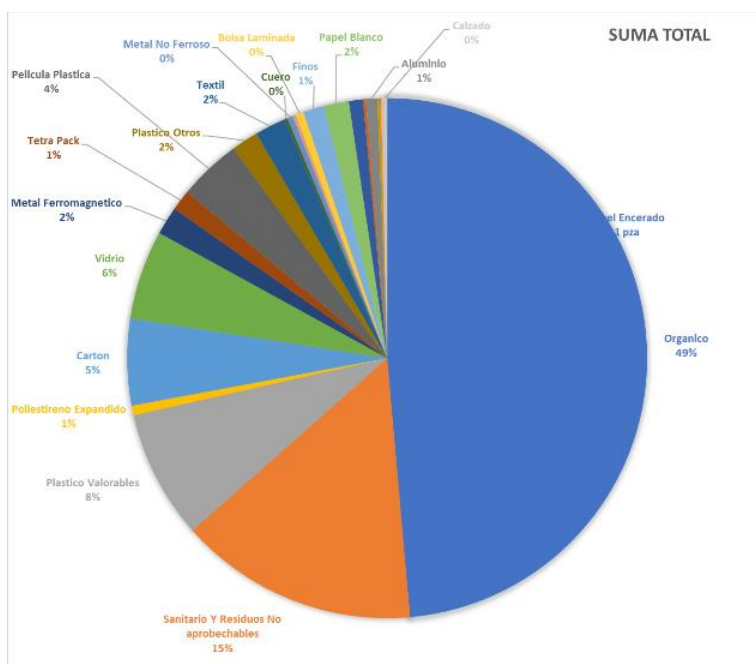


Fig. 58. Porcentajes de residuos de estrato Bajo. Fuente: Elaboración propia.



PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GUANAJUATO.

Fig. 59. Porcentajes de residuos de estrato Medio. Fuente: Elaboración propia.

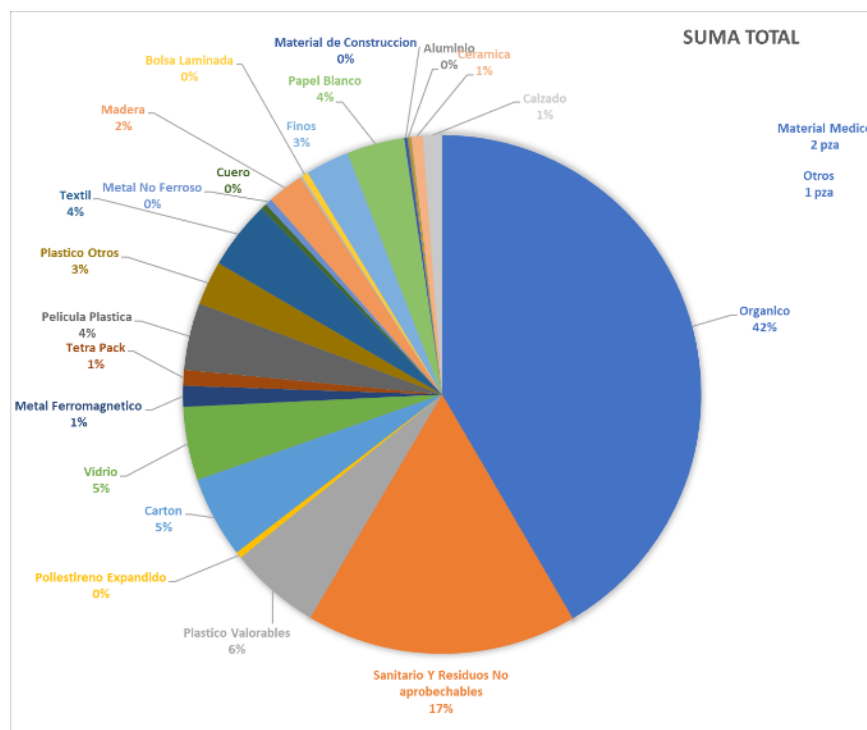


Fig. 60. Porcentajes de residuos de estrato Alto. Fuente: Elaboración propia.

2.3.7. Generación total de RSU

El valor de la generación total, aún se puede determinar; es necesario un análisis posterior de la información proporcionada, procesada y obtenida, para estimar la cantidad de RSU generados también de la parte domiciliar y de manejo especial, contrastados con la información obtenida del ingreso promedio de toneladas al sitio, obtenido de la semana de pesadas de todas las unidades que fueron a depositar ahí sus residuos.