

**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS
RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**RAUL DUVAN BARRAGAN GORDILLO
FABRICIO GOMEZ COSSIO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA, SANTANDER**

2018

**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS
RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**RAUL DUVAN BARRAGAN GORDILLO
FABRICIO GOMEZ COSSIO**

Trabajo de grado en Modalidad de Investigación para optar por el título de
Ingeniero Civil

**DIRECTOR
EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA**
Ingeniero Sanitario, MSc., PhD

**CODIRECTOR(A)
ANGÉLICA MARÍA HERNÁNDEZ GOMEZ**
Ingeniera Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA, SANTANDER**

2018

DEDICATORIA

“Con alma y corazón este trabajo de grado a mi gran hermano USVALDO DELGADO GORDILLO quien por cosas de Dios y de la vida no está conmigo, pero quien en mi memoria vive como un recuerdo inmortal, le dedico este gran logro pues él siempre confió en mí y en mis deseos de superación y jamás dudo de mis capacidades. Tu espíritu de superación y tu corazón lleno de amor para con los demás te llevaron a conseguir todo lo que querías, me enseñaste que todo lo era posible y que no existían obstáculos para nuestros propósitos en la vida y aquí me tienes culminando el proyecto de vida en el que tú me viste iniciar, espero te sientas orgulloso de mi como yo de ti. TE AMO hermano y siempre serás mi mayor ejemplo.

A toda mi familia por brindarme amor y cariño, en especial a mi madre Evelin Gordillo y a mi hermano Jazmany Gordillo por ser mi voz de aliento cuando sentía que todo se derrumbaba, en verdad los amo con mi corazón.

A todas las personas que alrededor de todos estos años de preparación estuvieron a mi lado y me brindaron lo mejor de sí, quienes sin esperar nada a cambio me lo dieron todo, compartiendo sus experiencias, alegrías y tristezas, a todas gracias por hacer este proyecto de vida realidad.”

Raul Duvan Barragan Gordillo

“A Dios por que su llamada es innegable, a mis padres Edilberto y Victoria, a mis hermanos Lorena, Carlos Mario, Leonardo, José David y Cristina, a mis sobrinos Sandy, Sophia, Fabian y Jacobo, y a mis cuñadas Vanesa y Luisa. Sus esfuerzos se ven reflejados en este documento. Nombrar personas es una tarea difícil porque se vienen a mi mente muchos nombres. Sin embargo, mis amigos saben que siempre podrán contar conmigo, ustedes me han enseñado que en esta vida antes de ganar se vale perder”.

Fabricio Gomez Cossio.

AGRADECIMIENTOS

“Agradecemos a nuestros tutores, el profesor Ricardo Oviedo y la Ingeniera Angélica Hernández, su guía durante esta investigación fue imprescindible para lograr este resultado. A nuestros compañeros de carrera juntos iniciamos, nos apoyamos, y seguiremos respaldándonos, esperamos que este sea el comienzo de muchos logros”

Duvan y Fabricio

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1.OBJETIVOS.....	19
2.MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1.GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (RS) Y RESIDUOS VERDES (RV) EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR.	20
2.2.RESIDUOS VERDES (RV)	20
2.3.COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES	21
2.4.USOS DE LOS RESIDUOS VERDES	21
3.METODOLOGÍA	23
3.1.FASE I: IDENTIFICACIÓN DEL MANEJO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE ZONAS VERDES QUE SE IMPLEMENTA EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.	23
3.2.FASE II: ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RV GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	24
3.2.1.Capacidad real del camión recolector.....	25

3.2.2.Proceso de muestreo	26
3.3.FASE III: COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	27
3.3.1.Categorías de clasificación	27
3.3.2.Proceso de clasificación.....	27
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.PROCESO DE MANTENIMIENTO ACTUAL DE ZONAS VERDES EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	29
4.1.1.Estructura organizacional.....	29
4.1.2.Proceso de mantenimiento de zonas verdes	29
4.1.2.1.Esquema de barrido.....	31
4.1.2.2.Esquema de jardinería, poda, aclaración y realce	32
4.1.2.3.Sistema de recolección y transporte	33

4.2.ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS RV GENERADOS EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	34
4.2.1.Capacidad volumétrica de RV del camión recolector.....	34
4.2.2.Peso volumétrico de RV.....	36
4.2.3.Estimación de la producción de RV en el campus universitario.....	38
4.3.Composición física de los RV generados en el campus universitario.	38
4.3.1.Potencial de RV para proceso de compostaje	38
5.CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de RV.....	21
Tabla 2. Categorías de clasificación.....	27
Tabla 3. Patrones de descarga en el campus central de la UIS.....	34
Tabla 4. Capacidad y porcentaje de los patrones de descarga en el campus central de la UIS	35
Tabla 5. Estimación al volumen de Residuos Verdes descargados en el campus central de la UIS	35
Tabla 6. Residuos verdes con diferente sustrato predominante.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. vista lateral de la caja del camión recolector.....	25
Figura 2. Método de cuarteo.	28
Figura 3. Equipo de mantenimiento de zonas verdes.	30
Figura 4. Vista superior zonas verdes en el campus central.....	30
Figura 5. Zonas del esquema de barrido	31
Figura 6. Zonas del esquema de jardinería y poda	33
Figura 7. Comportamiento del peso volumétrico de Residuos Verdes en el campus principal de la UIS.....	37
Figura 8. Composición física de Residuos Verdes.....	39
Figura 9. Esquema de planta de compostaje.....	41

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Lugar del muestreo.....	26
Fotografía 2. Montones de Residuos Verdes en la zona 4	32
Fotografía 3. Camión recolector.	34

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Entrevistas y inspección de actividades sobre el proceso de mantenimiento de zonas verdes en el campus universitario.....	48
Anexo B. Bitácora de trabajo	58
Anexo C. Proceso de medición y registro del camión recolector, durante la semana uno y dos	68
Anexo D. Calibración del molde volumétrico.....	72
Anexo E. Equipos y materiales usados.....	74
Anexo F. Proceso de muestreo y registro de peso volumétrico	75
Anexo G. Registro de selección y clasificación de residuos verdes.....	89
Anexo H. Organigrama división de planta física.....	102
Anexo I. Planillas de descarga semanal	103
Anexo J. Datos compilados de peso volumétrico.....	112
Anexo K. Composición física general de rv generados en el campus	114

RESUMEN

TÍTULO:

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

AUTOR(ES):

RAUL DUVAN BARRAGAN GORDILLO**
FABRICIO GOMEZ COSSIO

PALABRAS CLAVE: Residuos Verdes, Producción, Composición Física, Aprovechamiento.

DESCRIPCIÓN:

Los Residuos Verdes (RV) se constituyen en una fracción importante de los Residuos Sólidos Municipales (RSM), su tratamiento inadecuado genera emisiones de amoníaco (NH₃) y ácido sulfhídrico (H₂S), contaminación del agua y otros problemas de tipo ambiental. Por su alto contenido de materia orgánica, el compostaje es una estrategia efectiva para reducir la masa de RV y transformarla en un producto útil para las plantas y el suelo. Sin embargo, estos residuos presentan alta variabilidad en su composición física; para establecer estrategias de manejo, es indispensable determinar la producción y composición física de estos RV. Esta investigación identifica el proceso de mantenimiento actual de las zonas verdes y estima la producción y composición física de los RV generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS), donde se indagó sobre el mantenimiento de zonas verdes a través de entrevistas semiestructuradas, inspección de actividades rutinarias y registros fotográficos, y se adaptaron técnicas de muestreo empleadas en la caracterización de RSM según las normas mexicanas NMX-AA-19-1985 (cuarteo de la muestra), NMX-AA-15-1985 (peso volumétrico de la muestra) y NMX-AA-22 (clasificación de la muestra). Se determinó un peso volumétrico promedio de RV igual a 153.25 kg/m³ y una producción promedio de 732.5 kg diarios, la composición física presenta un potencial de RV óptimo para compostar del 74 % conformado por hojas, ramas y recorte de hierba, dado que son los más utilizados en procesos de compostaje de RV.

*Trabajo de Grado. Modalidad Investigación

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: OVIEDO Ocaña, Edgar Ricardo. Ingeniero Sanitario, MSc., PhD. Codirector(a): HERNÁNDEZ Gomez, Angélica María. Ingeniera Civil.

ABSTRACT

TITLE:

ESTIMATION OF THE PRODUCTION AND PHYSICAL COMPOSITION OF THE GREEN WASTE GENERATED IN THE CENTRAL CAMPUS OF THE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER *

AUTHOR(S):

RAUL DUVAN BARRAGAN GORDILLO**
FABRICIO GOMEZ COSSIO

KEYWORDS: Green Waste, Generation, Physical Composition, Utilization.

DESCRIPTION:

The Green Waste (GW) is an important fraction of the Municipal Solid Waste (MSW). Inadequate treatment of GW generates emissions of ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S), water pollution and other environmental problems. Because of its high content of organic matter, composting is an effective strategy to reduce the GW mass and transform it into a useful product for plants and soil. However, GW has high variability in its physical composition. To establish management strategies, it is essential to determine the production and physical composition of GW. This research identifies the current maintenance process of the green areas and estimates the production and physical composition of the GW generated in the central campus of Universidad Industrial de Santander (UIS). Information was collected on maintenance of green areas through interviews semi-structured, inspection of routine activities, photographic records. In addition, sampling techniques were used to characterize the MSW. These techniques were adapted according to the Mexican standards NMX-AA-19-1985 (quartering of the sample), NMX-AA-15-1985 (volumetric weight of the sample) and NMX-AA-22 (classification of the sample). An average volumetric weight of GW equal to 153.25 kg / m³ and an average production of 732.5 kg per day. We determined together with the physical composition has an optimum GW potential for composting of 74% consisting of leaves, branches and grass trimming, given that they are the most used in RV composting processes.

*Degree draft. Research mode

**Physical-Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering School. Director: OVIEDO Ocaña, Edgar Ricardo. Sanitary Engineer, MSc., PhD. Codirector: HERNÁNDEZ Gomez, Angélica María. Civil Engineer.

INTRODUCCIÓN

Los materiales no renovables han llegado al agotamiento de sus reservas debido a su explotación como materia prima, esto ha generado una transición a procesos de producción sostenibles orientados hacia el óptimo desarrollo económico, social y ambiental con alternativas de producción renovables [1], [2]. Cada día, alrededor de 250 millones de personas se suman a la población mundial; en consecuencia, la generación y el manejo de residuos sólidos municipales (RSM) surge como una problemática [3] que cada año genera a nivel global 1400 millones de toneladas de RSM y se espera que para el 2025 aumente aproximadamente a 2300 millones de toneladas [4], [5]. Gran parte de los RSM está conformada por residuos verdes (RV), por ejemplo, en Pekín, China cerca del 50% de los RSM están conformados por RV [6], [7]. El aprovechamiento y valorización de los RV logra reducir sustancialmente las toneladas que se disponen en vertederos a cielo abierto, mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y contribuye a la recuperación de suelos degradados [8].

Los RV tienen alto contenido de materia orgánica y presentan alta variabilidad en su composición física, debido a las condiciones climáticas y vegetación específica. En diversos estudios, se sugiere que los RV se constituyen principalmente de hojas verdes, hojas secas, ramajes y recortes de hierba [9], [10]. El compostaje es una alternativa de manejo que se podría constituir en una estrategia efectiva para reducir la masa de RV y transformarla en un producto útil para las plantas y el suelo [11]. A nivel científico son pocos los autores que indican en sus estudios la composición física de los RV utilizados [12], [13]. Tener conocimiento de la composición física determinante para establecer medidas de optimización de técnicas como el compostaje, que permitan reducir los tiempos del proceso y optimizar la calidad del producto. Así mismo, puede constituir un punto de partida para la formulación de un plan de gestión de RV dado que es la base para determinar sus diversos usos y

optimizar las alternativas que garanticen un adecuado tratamiento de dichos residuos [14]. La Universidad Industrial de Santander (UIS), no contaba con la estimación de la producción y composición de los RV generados en el campus; esta información permitirá generar mejores alternativas para su adecuado tratamiento.

Con el propósito de promover la adecuada gestión y mitigar así los problemas ambientales causados por no tener un tratamiento apropiado, este estudio identifica el manejo actual del mantenimiento de zonas verdes, estima la producción y determina la composición física de los RV generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar la producción y composición física de los residuos verdes generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el manejo actual del mantenimiento de zonas verdes que se implementa en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.
- Estimar la producción de residuos verdes generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.
- Determinar la composición física de los residuos verdes generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Gestión de Residuos Sólidos (RS) y Residuos Verdes (RV) en instituciones de educación superior.

La gestión de Residuos Sólidos (RS) es un asunto cada vez más importante en las grandes ciudades. Las ciudades universitarias se asemejan a una miniciudad dado que sus actividades consumen materiales y energía, producen aguas residuales y residuos sólidos, que deben ser manejados [1]. En países desarrollados, los programas de gestión de RS en instituciones de educación superior se iniciaron hace más de 20 años. Las universidades tienen la obligación moral de actuar de manera responsable con el medio ambiente, ser líderes en su protección; a pesar de los beneficios que atraen los sistemas de gestión de RS su implementación no es tarea fácil [15].

De manera análoga la gestión de RV es una situación que se hace urgente con el pasar del tiempo, el aumento de la producción de RV [6] y su difícil descomposición [16] ha llevado a disponer de vertederos de cielo abierto destinados para el depósito exclusivo de estos residuos y otros materiales reciclables [17]. Si bien es cierto, aunque es un problema actual, no se encuentran estudios específicos que permitan determinar un proceso estándar para la caracterización física de RV. Por lo tanto, se adaptan las técnicas empleadas para la caracterización de los RS [18], para replicar en el proceso en la caracterización física de RV.

2.2. Residuos Verdes (RV)

Los RV están compuestos normalmente de cortezas de árboles, recortes de arbustos, hojas verdes, hojas secas, residuos de pasto recién cortados, ramajes y tierras de macetas usadas [10]; originados a partir de

actividades rutinarias de mantenimiento de parques municipales, jardines y reservas naturales [19], contienen alto contenido de materia orgánica y presentan alta variabilidad en su composición física [12] y características químicas. Su tratamiento inadecuado, como la quema o disposición en vertederos, genera: emisiones de amoníaco (NH₃) y ácido sulfhídrico (H₂S), contaminación del agua y otros problemas de tipo ambiental [20].

2.3. Composición física de los Residuos Verdes

La composición física de los RV depende de diversos factores como las condiciones climáticas y geográficas del lugar de recolección [13]. Aunque varios autores coinciden en sugerir que se constituyen principalmente de hojas verdes, hojas secas, ramajes y recortes de hierba [10], [19], [21] se debe hacer un reconocimiento de la zona de influencia que se quiere aprovechar, para determinar los tipos de RV presentes in situ. En la Tabla 1 se lista la clasificación de RV que se relacionan en este estudio.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE RV

1	Hojas
2	Flores y frutos
3	Raíces
4	Material leñoso
5	Ramas (medianas y grandes)
6	Recortes de hierba
7	Residuos de madera
8	Extracto de suelo

Fuente: Autor(es)

Se puede notar la presencia de tipos de RV que no se habían mencionado a partir del análisis académico como lo son flores y frutos, raíces y residuos de madera.

2.4. Usos de los Residuos Verdes

Los RV desempeñan un papel importante en el mantenimiento de las relaciones ambientales, ya que mantienen la fertilidad del suelo y junto a la materia orgánica

mejoran su estructura [17]. Su aprovechamiento soluciona problemas ambientales y genera insumos de producción sostenibles en el tiempo. Para este fin, Inghels, Dullaert, y Bloemhof et al [22] desarrollaron un modelo cualitativo que permite examinar diferentes alternativas de tratamiento de RV e identificar procesos factibles (i.e. compostaje; separación parcial de los recortes de madera antes del compostaje; separación parcial de recortes de madera cortada en el desbordamiento del tamiz después del compostaje; y combinación de las dos últimas opciones). Los RV se pueden descomponer en ambientes controlados mediante un proceso microbiológico natural y generar un producto final llamado compost, que puede utilizarse en la mejora de suelos debido a su contenido de materia orgánica y nutrientes [23]. En el proceso microbiológico las bacterias descomponen las moléculas orgánicas complejas, el tiempo de descomposición depende del contenido lignocelulósicos del material orgánico y de las estrategias operativas implementadas en el proceso [24]. Por tal razón, es de vital importancia conocer la composición física de los RV.

3. METODOLOGÍA

Este estudio se llevó a cabo en el campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Se desarrolló en tres fases bajo los siguientes parámetros:

3.1. Fase I: Identificación del manejo actual del mantenimiento de zonas verdes que se implementa en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.

El proceso de identificación inició con la elaboración de entrevistas semiestructuradas con el objetivo de recolectar información sobre el proceso de manejo y recolección de RV en el campus. Esta entrevista se aplicó en la oficina encargada del mantenimiento de zonas verdes ubicada en la división de planta física. Se identificaron dos labores principales en el mantenimiento de zonas verdes: i) el proceso de barrido del campus y ii) el proceso de jardinería, poda, aclaración y realce. Se revisó la cartografía del campus universitario para identificar aspectos operativos y organizativos para cada labor y para la actividad de recolección y área de disposición temporal. Con esta información, de un enfoque general del proceso, se seleccionó una semana típica (del 9 al 13 de julio) durante la cual se hizo proceso de inspección al proceso de mantenimiento de zonas verdes para verificar los esquemas de trabajo. Además, se entrevistaron a algunos trabajadores involucrados en distintas labores de mantenimiento (formato de entrevistas) para conocer el tratamiento típico de RV y se tomó registro fotográfico de la variedad física de los RV en el campus como se muestra en el Anexo A. Posteriormente se consolidó la información para describir el manejo actual del mantenimiento de zonas verdes implementado en el campus universitario.

3.2. Fase II: Estimación de la cantidad de RV generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.

Finalizado el proceso de identificación, se hizo una adaptación de procedimientos relacionados con la estimación y composición de RS a la estimación y composición de RV. Durante un periodo de ocho (8) semanas se registró el número de descargas de RV en el depósito y se realizaron muestreos por semana según el siguiente criterio estadístico [25]:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (1)$$

$$n_0 = \frac{Z^2 PQ}{d^2} \quad (2)$$

Donde,

n_0 es la primera aproximación al tamaño de la muestra

Z es al nivel de confianza

P es la probabilidad de que suceda el evento (descarga de RV en la zona de depósito)

Q es la probabilidad de que no suceda el evento (descarga de RV en la zona de depósito)

d es el margen de error de muestreo

N es el tamaño de la población

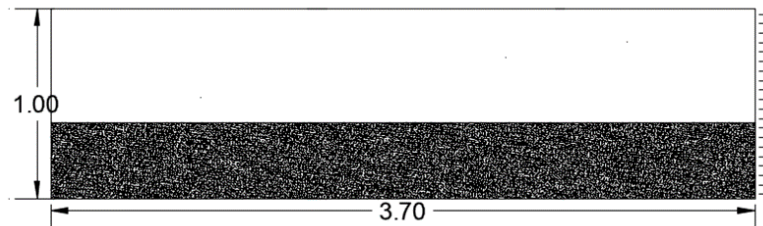
El número de pruebas que debe realizarse se calculó con un nivel de confianza del 95%, probabilidad de suceda el evento de 0.5, probabilidad de que no suceda el evento de 0.5, un margen de error del muestreo de 2% y un tamaño de la población igual a 43 descargas. Según los datos calculados se proyectaron 15 pruebas (2 por semana). Sin embargo, por motivos de fuerza mayor consignados en la bitácora de trabajo (ver Anexo B), se realizaron en total 12 pruebas. La producción de RV se estimó a través de la aplicación de pruebas de peso volumétrico según las normas

mexicanas NMX-AA-19-1985 [26] para cuarteo de la muestra y NMX-AA-15-1985 [27] para peso volumétrico.

3.2.1. Capacidad real del camión recolector. Durante las dos (2) primeras semanas de muestreo se midió cada descarga del camión recolector de la siguiente forma:

- i. Cada vez que el camión recolector llegaba a la zona de depósito, se procedió a homogeneizar los RV a lo largo de toda la caja del camión hasta obtener una distribución uniforme como se muestra en la Figura 1.

FIGURA 1. VISTA LATERAL DE LA CAJA DEL CAMIÓN RECOLECTOR.



Vista lateral (Ubicación de regleta de medición)

Fuente: Oficinas División de Planta Física

- ii. Posteriormente se midió y registró la altura de RV en seis (6) puntos; dos en la cara lateral izquierda, dos en el centro y dos en la cara lateral derecha de la caja del camión. Se hizo el mismo proceso a cada descarga durante este periodo, con el fin de encontrar la capacidad (m^3) promedio de descarga como se ve registrado en el Anexo C.

3.2.2. Proceso de muestreo. Para el tratamiento de cada muestra se adecuó el lugar del muestreo como se muestra en la Fotografía 1. Así mismo, se calibró un molde volumétrico de 0.222 m³ (ver Anexo D) y se dispuso de todos los implementos y materiales necesarios (ver Anexo E). Una vez llegada la muestra seleccionada al lugar del muestreo se procedió a:

- i. Descargar la muestra sobre un plástico negro (6x4).
- ii. Pesar y trasladar la muestra al lugar del muestreo con el molde volumétrico.
- iii. Homogeneizar toda la muestra.
- iv. Realizar la prueba de peso volumétrico,
- v. Realizar el proceso de cuarteo hasta llegar a una masa de 50 Kg.
- vi. Compilar y verificar los formatos de registro de cada prueba.

En el Anexo F, se muestra el registro fotográfico que explica este procedimiento con las respectivas planillas de registro de peso volumétrico.

FOTOGRAFÍA 1. LUGAR DEL MUESTREO.



Fuente: Autor(es)

3.3. Fase III: Composición física de los residuos verdes generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.

3.3.1. Categorías de clasificación. Con base en los resultados obtenidos en la semana de observación de la primera fase (registro fotográfico), la clasificación de RV presente en los artículos relacionados, y siguiendo el planteamiento de la norma NMX-AA-22 [28], que establece el método de selección y cuantificación de RSM, se determinaron las siguientes categorías de RV (Tabla 2):

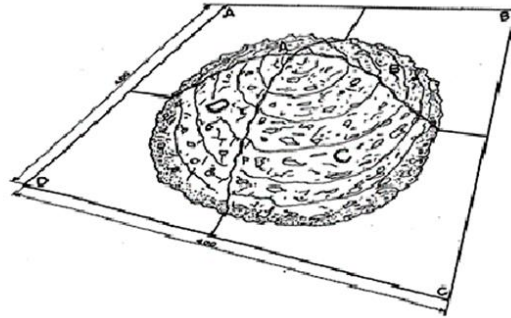
TABLA 2. CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN

Categorías	Descripción
Hojas	Hojas verdes y secas
Flores y frutos	Flores, frutos y semillas
Raíces	Raíces de plantas de jardín
Material leñoso	Madera no procesada
Ramas	Ramas grandes y medianas
Recortes de hierba	Hierba producto de poda por guadañado
Residuos de madera	Madera procesada (listones, tablas y otros)
Residuos plásticos	Botellas PET, HDPE y otros plásticos
Extracto de suelo	Suelos y rocas
Residuos varios (electrónicos, metálico, papel)	Cables, equipos electrónicos, latas, envases metálicos todo tipo de papel
Otros	Artículos de tela, artículos de cuero, vidrios

Fuente: Autor(es)

3.3.2. Proceso de clasificación. Identificados los tipos de RV, a partir de la muestra de 50 kg producto de la técnica de cuarteo (ver Figura 2), se seleccionaron los tipos de RV con base en la clasificación previamente establecida y se encontraron las fracciones de cada tipo de RV presentes en cada muestra (ver Anexo G).

FIGURA 2. MÉTODO DE CUARTEO.



Fuente: norma mexicana NMX-AA-19-1985

Es decir, a todas las muestras seleccionadas se les procesó con el método de cuarteo para la aplicación de la prueba de composición de los RV. Una vez finalizada todas las pruebas, se hizo una compilación general de todos los registros, para la aplicación de estadística descriptiva en el análisis de datos con el fin de: identificar su comportamiento frente a las condiciones del clima, de humedad y variabilidad física de residuos; encontrar el peso volumétrico promedio y una composición física promedio de los RV generados en el campus universitario.

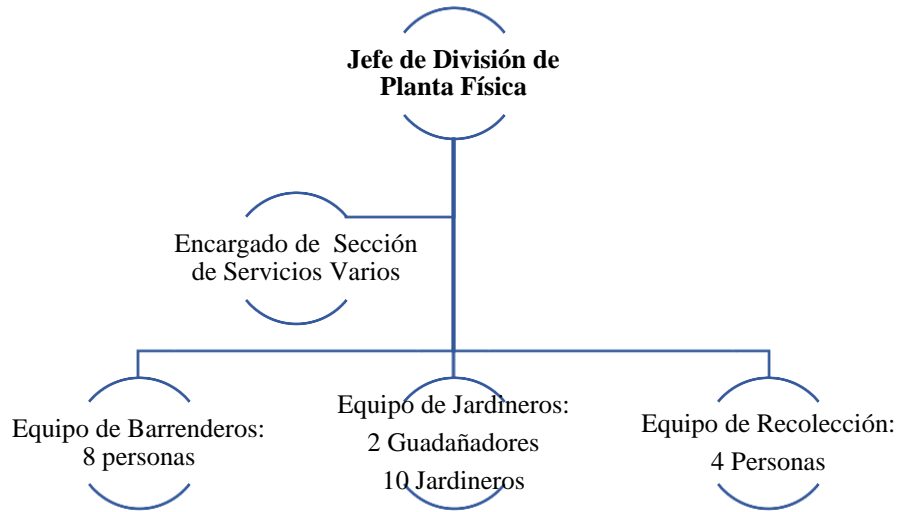
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Proceso de Mantenimiento Actual de Zonas Verdes en el Campus Universitario.

4.1.1. Estructura organizacional. La división de planta física es la dependencia encargada de mantener la Universidad en condiciones ambientales y de seguridad que permitan el correcto desarrollo de las actividades académicas, de investigación, de extensión y administrativas. Si bien es cierto, esta división atiende diversos asuntos organizacionales dentro del campus como se muestra en el Anexo H, en este estudio solo se va a abordar la sección de Servicios Varios dado que coordina el mantenimiento y recolección de RV en el campus central. En la Figura 3, se puede observar un organigrama del equipo de mantenimiento de zonas verdes.

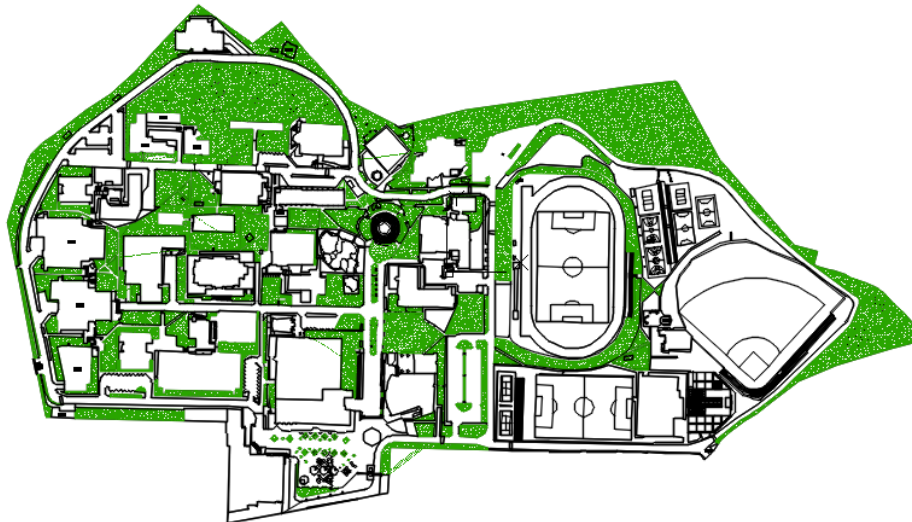
4.1.2. Proceso de mantenimiento de zonas verdes. El campus central de la UIS tiene un estimado de 99,981.35 m² [29] en zonas verdes (Figura 4), en el cual se implementan dos esquemas de mantenimiento. El primer esquema está relacionado con las actividades de barrido y el segundo con actividades de jardinería, poda, aclaración y realce. Con respecto al sistema de recolección no se encontró un parámetro de frecuencia establecido, dado que por las necesidades de transporte de diversos materiales y equipos (residuos de reciclaje, trasteo de mobiliario) no permiten establecer un orden definido para la recolección de los RV producidos en los dos esquemas de mantenimiento. Acorde con las inspecciones realizadas en las dos primeras semanas se esperaba un promedio de descarga de RV en la zona de depósito de 10 por semana. Sin embargo, durante todo el trabajo se tuvo un promedio de descarga de RV de 5 por semana (ver Anexo I).

FIGURA 3. EQUIPO DE MANTENIMIENTO DE ZONAS VERDES.



Fuente: Oficinas División de Planta Física

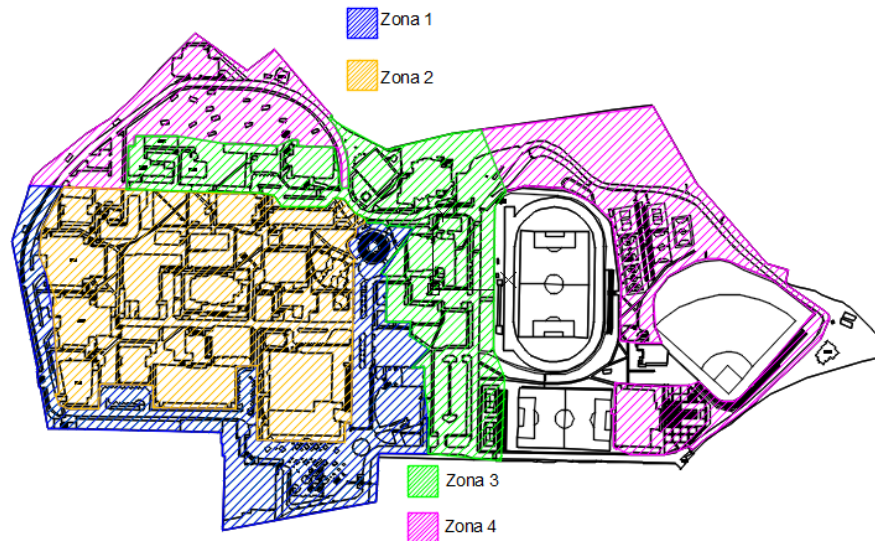
FIGURA 4. VISTA SUPERIOR ZONAS VERDES EN EL CAMPUS CENTRAL.



Fuente: Oficinas de Planeación UIS

4.1.2.1. Esquema de barrido. Consta de cuatro zonas de barrido (Figura 5), cada una de ellas está a cargo de dos barrenderos con una frecuencia de barrido de dos veces por semana. El proceso consiste en hacer montones de RV en cada zona según corresponda (Fotografía 2). Estos montones se forman a lo largo de la zona verde, y finalmente el camión recolector se encarga de recogerlos en el transcurso del día; cuando no está disponible el camión recolector se recogen los montones de RV en bolsas plásticas para evitar su dispersión, y se ubican en el andén por donde pasa la ruta del camión una vez esté disponible. Cada tres meses hacen rotaciones de personal entre zonas. El equipo de barrenderos cuenta con un equipo soplador de hojas que se rotan por zonas; por razones de contaminación auditiva se utiliza durante las primeras horas del día.

FIGURA 5. ZONAS DEL ESQUEMA DE BARRIDO



Fuente: Oficinas División de Planta Física

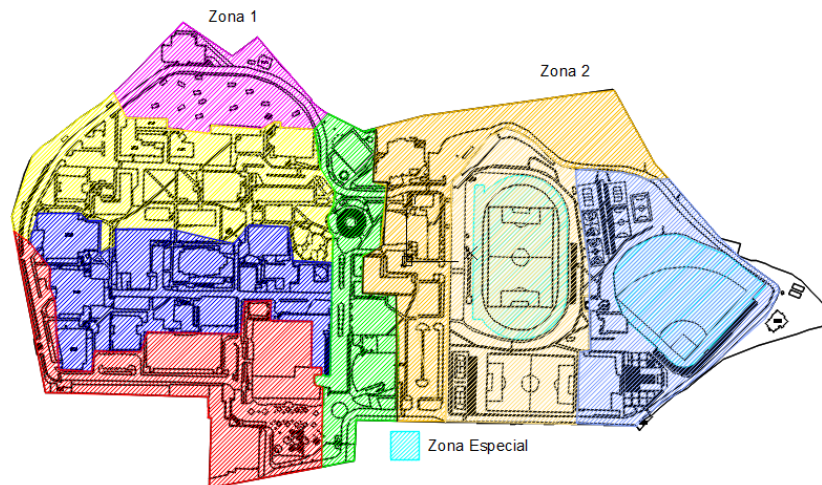
4.1.2.2. Esquema de jardinería, poda, aclaración y realce. Conformado por dos zonas divididas en subzonas y dos zonas especiales para las actividades de jardinería y poda de hierba. La primera zona está subdividida en cinco subzonas comprende hasta la franja verde (izquierda a derecha) y la segunda zona está subdividida en tres subzonas comprende las franjas restantes (Figura 6). Las actividades de aclaración y realce no tienen un patrón definido dado que estas actividades dependen de las condiciones propias de la zona que requiera mantenimiento, se ven afectadas por el clima y procesos naturales (Ver Anexo A). Este esquema está a cargo de diez jardineros y dos guadañadores: los jardineros trabajan en parejas, seis de ellos cubren la zona uno, los cuatro restantes cubren la zona dos; los guadañadores trabajan por separados uno en cada zona, excepto cuando cubren las zonas especiales dado que trabajan en la misma zona al tiempo.

FOTOGRAFÍA 2. MONTONES DE RESIDUOS VERDES EN LA ZONA 4



Fuente: Autor(es)

FIGURA 6. ZONAS DEL ESQUEMA DE JARDINERÍA Y PODA



. Fuente: Oficinas División de Planta Física

4.1.2.3. Sistema de recolección y transporte. La volqueta empleada tiene una capacidad volumétrica de 7.4 m^3 ($3.7\text{m} \times 2\text{m} \times 1\text{m}$) (Fotografía 3), está a cargo de cuatro personas que la operan para las actividades de recolección de RV, que consisten en recoger los montones de RV en las diferentes zonas con canecas plásticas a lo largo del campus. No se identificaron rutas que siguieran un patrón observable o medible. Diariamente, recorre repetidas veces las rutas vehiculares del campus antes de realizar la descarga en la zona de depósito. El camión cumple otras actividades tales como transportar materiales reciclables, mobiliario, instrumentos (música), recolección de residuos en la facultad de salud y de cuartos de aseo (debido a una condición atípica); estas actividades se realizan según el requerimiento de ellas, por tanto, mientras el camión no sea solicitado, se encuentra en el proceso de recolección de RV.

FOTOGRAFÍA 3. CAMIÓN RECOLECTOR.



Fuente: Autor(es)

4.2. Estimación de la producción de los RV generados en el campus universitario

4.2.1. Capacidad volumétrica de RV del camión recolector. Durante las dos semanas de medición al camión recolector, se tomaron registros de 11 descargas, donde se evidenciaron cuatro patrones con respecto a la cantidad volumétrica de RV depositados en el vertedero a cielo abierto, como se muestra en la Tabla 3.

TABLA 3. PATRONES DE DESCARGA EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UIS

Rangos de Capacidad del camión recolector		
Capacidad porcentual	Rango de volumen	Patrón
$V \geq 80\%$	$V > 5.92\text{m}^3$	Lleno
$80\% < V \geq 55\%$	$5.92\text{m}^3 < V \geq 4.07\text{m}^3$	Medio lleno
$55\% < V \geq 30\%$	$4.07\text{m}^3 < V \geq 2.22\text{m}^3$	Medio
$V < 30\%$	$V < 2.22\text{m}^3$	Bajo

Nota: V = volumen. Fuente: Autor(es)

Con base en este criterio, tres de las descargas registradas llegaron llenas, tres medio llenas, cuatro medias y una baja. A cada patrón se le determinó un volumen promedio y se les asignó un porcentaje con respecto a las 11 descargas medidas, como se muestra en la Tabla 4. Durante las 8 semanas de prueba se registraron 43

descargas (en promedio 5 por semana), a las cuales se les aplicó el criterio de los patrones de descarga para determinar el volumen de RV descargados durante este periodo como se muestra en la Tabla 5.

TABLA 4. CAPACIDAD Y PORCENTAJE DE LOS PATRONES DE DESCARGA EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UIS

Descarga	Volumen m ³	Volumen Promedio	Porcentaje	Patrón
1	7.07	6.64	27%	Lleno
2	6.52			
3	6.33			
4	5.35	5.05	27%	Medio Lleno
5	5.03			
6	4.76			
7	3.75	3.14	36%	Medio
8	2.97			
9	2.96			
10	2.89			
11	1.71	1.71	9%	Bajo

Fuente: Autor(es)

TABLA 5. ESTIMACIÓN AL VOLUMEN DE RESIDUOS VERDES DESCARGADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UIS

Patrón	Número de descargas	Volumen de patrón [m ³]	Volumen de descarga [m ³]
Lleno	12	6.64	79.68
Medio Lleno	12	5.05	60.6
Medio	14	3.14	43.96
Bajo	4	1.71	6.84
		Volumen total	191.08

Fuente: Autor(es)

Es decir, de las 43 descargas realizadas, 12 (27%) llegaron llenas, 12 (27%) llegaron medio llenas, 14 (36%) llegaron medias y 4 (9%) llegaron bajas. Lo que permite deducir que durante este periodo se descargaron en promedio un total de 191.08 m³ de RV, 23.89 m³ por semana y 4.78 m³ diarios.

4.2.2. Peso volumétrico de RV. En las doce pruebas realizadas durante las 8 semanas de estudio, se presentó una variabilidad considerable en el peso volumétrico de las diferentes muestras. Factores como el clima, el tipo de RV y la humedad en el momento de descarga influenciaron este comportamiento. Por lo tanto, se discretizaron los valores de peso volumétrico en tres, un valor de peso volumétrico promedio general, uno con seis datos que presentaron condición seca y otro con los seis restantes presentaron que condición húmeda.

- **Peso volumétrico promedio general.** El comportamiento del peso volumétrico cómo se puede evidenciar en la Figura 7, es considerablemente variable, debido a su composición física y condiciones climáticas presentadas en cada prueba. Según los registros (ver Anexo F), los picos más altos corresponden a periodos de prueba húmedos por clima lluvioso, y los picos más bajos de deben a periodos de prueba seco por clima soleado. Sin embargo, el valor de peso volumétrico se ve afectado por la presencia de tipos de RV como los ramajes pequeños y medianos dado que su volumen no es proporcional al peso, es decir, ocupan mucho espacio y tienen poco peso. En promedio se obtuvo un peso volumétrico general de 153.25 kg/m^3 con una desviación estándar de 37.48 kg/m^3 y un coeficiente de variación de 0.24. a pesar de la variabilidad de los datos, su variación es considerada como parcialmente homogénea. Esta densidad promedio es cercana a los valores reportados por Reyes et al [21] entre 188 kg/m^3 - 977 kg/m^3 y Epstein et al [30] entre 178 kg/m^3 - 313 kg/m^3 .

FIGURA 7. COMPORTAMIENTO DEL PESO VOLUMÉTRICO DE RESIDUOS VERDES EN EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UIS.



Fuente: Autor(es)

- **Peso volumétrico de RV húmedos.** Para el cálculo del peso volumétrico de RV húmedo se escogieron los seis valores de peso volumétricos más altos (ver Anexo J), Se obtuvo un peso volumétrico para RV húmedos de 182.96 kg/m^3 con una desviación estándar de 18.78 kg/m^3 y un coeficiente de variación de 0.1
- **Peso volumétrico de RV secos.** Para el cálculo del peso volumétrico de RV seco se escogieron los seis valores de peso volumétricos más bajos (ver Anexo J). Se obtuvo un peso volumétrico para RV secos de 123.55 kg/m^3 con una desviación estándar de 25.36 kg/m^3 y un coeficiente de variación de 0.21. Este valor se vio influenciado por actividades de aclaración y realce; de las 6 pruebas discretizadas para el cálculo de peso volumétrico de RV seco, 4 contienen un alto porcentaje de ramajes medianos y grandes (49%, 46%, 25% y 24,7%) por esta actividad.

4.2.3. Estimación de la producción de RV en el campus universitario.

Teniendo en cuenta la capacidad volumétrica calculada con base en los registros medidos en el camión recolector (23.89 m³ por semana y 4.78 m³ diarios) y el peso volumétrico promedio general de 153.25 kg/m³ se estima una producción semanal de 3661.14 kg, es decir 732.5 kg diarios (calculados sobre semanas de cinco días). Con base en el área total de zonas verdes (i.e. 99.981,35 m²) del campus universitario se estima que se generan RV por el orden de 73.25 kg/día por hectárea de zona verde.

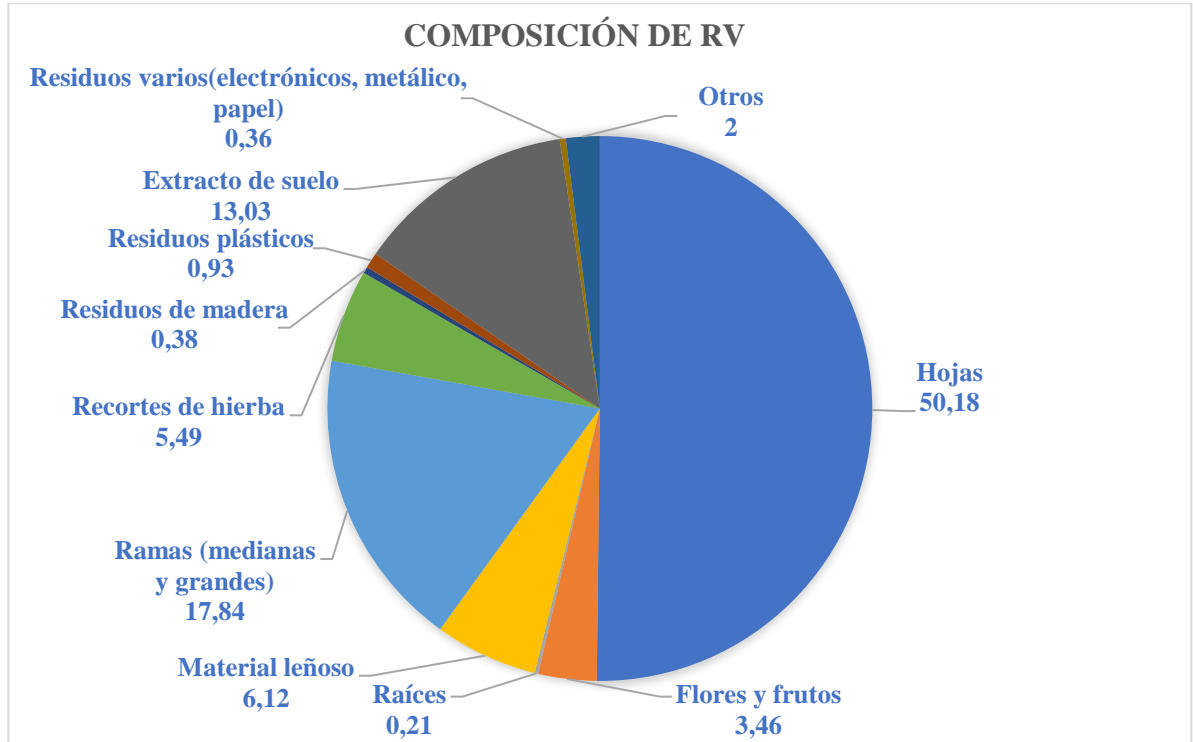
4.3. Composición física de los RV generados en el campus universitario.

Cada una de las doce pruebas tiene una composición física de los RV que las compone, como se muestra en el Anexo G. Todos los valores fueron compilados para determinar la participación de cada RV en la producción de estos en el campus universitario (ver Anexo K). Cada muestra tratada de 50 kg suma un total de 600 kg. Sin embargo, se registró un total de 589.8 kg, es decir, se presentó una pérdida de 1.73% con respecto al valor esperado, porcentaje aceptable para la cantidad de RV tratados. En la Figura 8 se muestra la composición física de los RV obtenida al final de las pruebas.

4.3.1. Potencial de RV para proceso de compostaje. De acuerdo con la composición de RV consolidada, existe un potencial de materiales óptimos para realizar procesos de compostaje del 74 % representado de la siguiente manera: hojas 50.18%, ramas 17.84% y recorte de hierba 5.49%. Estos sustratos son los más utilizados en procesos de compostaje como se muestra en la investigación de Reyes et al [21] ,donde se relacionan más de 30 procesos de compostaje que utilizaba al menos unos de estos sustratos.

Con un potencial del 74% de RV disponibles y una producción de 732.5 kg diarios, se estima que 542.1 kg de RV pueden ser procesados al día.

FIGURA 8. COMPOSICIÓN FÍSICA DE RESIDUOS VERDES.



Fuente: Autor(es)

Los RV predominantes en la composición física estimada son las hojas, ramas y recortes de hierba; estos tres sustratos presentan un alto contenido de materia orgánica y una buena relación carbono nitrógeno [21], propiedades fisicoquímicas importantes para implementar en un proceso de compostaje como se muestra en la Tabla 6. Sin embargo, la relación carbono nitrógeno de hojas y ramas (40-45) es alta para implementar el proceso de compostaje (25-30), por tanto, se deben aplicar pretratamientos como la trituración de estos residuos hasta 10 mm para garantizar condiciones homogéneas durante el proceso [7] [31], se debe modificar el sustrato por medio de la adición de materiales complementarios, se ha demostrado que la adición de estiércol de vaca y orujos de uva sirven como materiales enmienda [7]

[32] (aportan nutrientes) y la adición de bagazo de caña y residuos de café molido sirven como materiales de soporte (aportan porosidad) [7] [33]; la aplicación de pretratamientos y la adición de este tipo de materiales mejoran características como la relación carbono nitrógeno, contenido de humedad, pH, porosidad y aceleran el proceso de degradación (con ayuda de agentes inoculantes). Todas estas consideraciones buscan generar un producto de calidad en el menor tiempo posible.

Los recortes de hierba presentan alto contenido en nitrógeno, lo que acelera el proceso de compostaje y permite tener un producto de mejor calidad [34]. Con respecto a la parte operativa del compostaje de estos sustratos las hojas y recortes de hierba son sustratos relativamente homogéneos, pueden ser sometidos a un proceso de trituración que no requiere de un tratamiento elaborado [21], [34]. Por otra parte, los ramajes medianos y grandes al ser un material heterogéneo requieren de un tratamiento especial de clasificación y separación que implica que retirar material leñoso de gran envergadura y posteriormente realizar un proceso de trituración que permita la ligera descomposición de este sustrato [34].

TABLA 6. RESIDUOS VERDES CON DIFERENTE SUSTRATO PREDOMINANTE

Sustrato predominante en la materia prima		Propiedades fisicoquímicas para cada materia prima ¹			
		MO [%]	C/N	P [%]	K [%]
Residuos de poda	Pruning waste	72	45	0.12	0.63
Recortes de hierba	Grass clippings	53.4	25	0.22	1.56
Hojas	Leaves	64.9	40	0.13	0.57

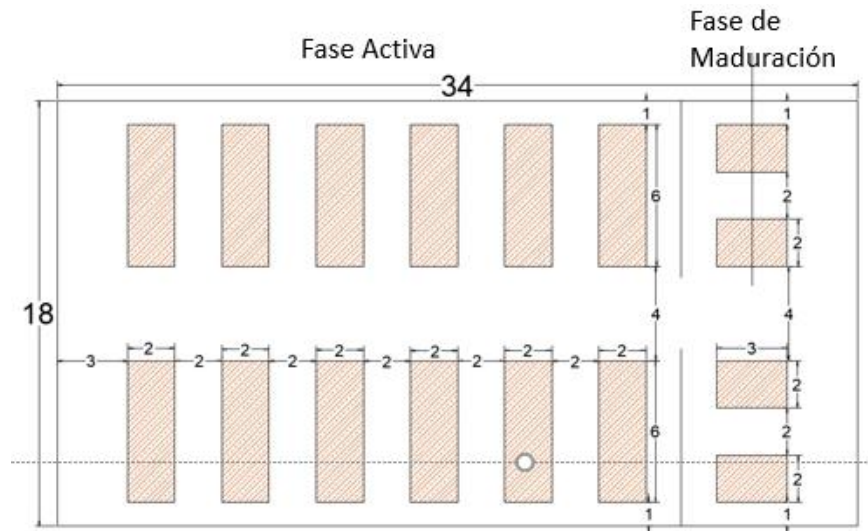
¹MO: cantidad de materia orgánica; C/N: relación carbono/nitrógeno; todos los porcentajes basados en peso seco de residuos verdes. Fuente: Adaptado de Vandecasteele et al[20].

Fuente: Reyes et al [21]

Con base en los datos obtenidos se puede proyectar a gran escala un pre-dimensionamiento de una planta de compostaje que permita aprovechar la generación de RV en el campus central. Con un volumen de aprovechamiento semanal de 23.84 m³ (74% del total) se puede compostar una pila de 6x2x1.5 m³ por semana durante 3 meses (12 semanas). Teniendo en cuenta periodos de

compostaje de RV de 110 días (80 días en fase activa y 30 días en fase de maduración) [33], es viable la alternativa de disponer 612 m² de la zona de depósito para implementar esta estrategia, como se muestra en la Figura 9.

FIGURA 9. ESQUEMA DE PLANTA DE COMPOSTAJE.



Nota: medidas en metros. Fuente: Autor(es)

5. CONCLUSIONES

Con respecto al proceso de mantenimiento de zonas verdes, se recomienda diseñar un sistema de rutas recolección para camión recolector, con base en las actividades que se llevan de manera simultánea en el campus, esto permitirá optimizar el número de descargas en la zona de depósito, organizar la disponibilidad del camión para las actividades varias en la que es empleado y determinar una franja de descargas diaria para el aprovechamiento de RV. La capacidad de descarga del camión recolector está influenciada por el uso de la tapa trasera de la caja del camión, usualmente no está instalada, sin embargo, durante el periodo de medidas se instaló para poder realizarlas; se observó que el uso de la tapa trasera de la caja del camión permite un mejor aprovechamiento del volumen disponible en el camión.

El peso volumétrico de los RV es considerablemente variable, esto sucede debido a diversos factores que intervienen, como el clima, la humedad de los RV en el momento de su recolección dado que no siempre son recolectados el mismo día que son generados dentro de las actividades rutinarias, y los tipos de RV disponibles. Por ejemplo, las hojas representan la mayor parte de la clasificación (50.18%). Sin embargo, se presentó variabilidad en condiciones de humedad y secas, su representación fue de (58.81%) y (40.1%) respectivamente (ver anexo 10), lo mismo se puede inferir del extracto de suelo que en condiciones de humedad (18.03%) representa casi el doble que en condiciones secas (9.37%). Esta variabilidad se presenta por arrastre de materiales sólido en presencia de lluvias. Por otro lado, los ramajes grandes y medianos (17.84 %) también influyen en el peso volumétrico dado que a mayor ramaje menor es el peso volumétrico debido a que ocupa más volumen y no representa la misma proporción en peso, en condiciones secas los ramajes representan el (26.38%) con respecto a los RV en condiciones húmedas (10.07%)

La producción de RV se estimó en 732.5 kg diarios (considerando una semana de 5 días), tienen un potencial de utilización del 74% representado en hojas, ramas y recortes de hierba, es decir, 542.1 kg de RV de estos sustratos aprovechables en un proceso de compostaje de RV.

BIBLIOGRAFÍA

ADENIRAN, A. E., A. T. NUBI, and A. O. ADELOPO. 2017. "Solid Waste Generation and Characterization in the University of Lagos for a Sustainable Waste Management." *Waste Management* 67: 3–10.

ANTHRAPER, Dhanya et al. 2018. "Hydrothermal Deconstruction of Municipal Solid Waste for Solid Reduction and Value Production." *Journal of Cleaner Production* 201: 812–19.

ARMIJO DE VEGA, Carolina, OJEDA BENÍTEZ, Sara, and RAMÍREZ BARRETO, Ma Elizabeth. 2008. "Solid Waste Characterization and Recycling Potential for a University Campus." *Waste Management* 28(SUPPL. 1).

AWASTHI, M.K. et al. 2016. "Influence of Zeolite and Lime as Additives on Greenhouse Gas Emissions and Maturity Evolution during Sewage Sludge Composting." *Bioresour. Technol.*: 216, 172–181.

BENITO, M., A. MASAGUER, A. MOLINER, and R. De Antonio. 2006. "Chemical and Physical Properties of Pruning Waste Compost and Their Seasonal Variability." *Bioresour. Technol.* 97(16): 2071–2076.

BUSTAMANTE, M. A. et al. 2016. "Phosphorus Availability from Rock Phosphate: Combined Effect of Green Waste Composting and Sulfur Addition." *Journal of Environmental Management* 182: 557–63.

DALGLEISH, Tim et al. 2007. "Informe Nacional de Aprovechamiento 2016." *Journal of Experimental Psychology: General* 136(1): 23–42.

DULAC, Nadine. 2001. Tools for Decision-makers, experiences from the urban waste expertise programme (1995-2001) The Organic Waste Flow in Integrated Sustainable Waste Management.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1994. "Composting Yard Trimmings and Composting of Yard Trimmings and Municipal Solid Waste." Environmental Protection Agency (May): 141.

EPSTEIN, E. 2011. CRC. TAILOR & FRANCIS GROUP. Press. Industrial Composting: Environmental Engineering and Facilities Management.

GABHANE, J. 2006. "Additives Aided Composting of Green Waste: Effects on Organic Matter Degradation, Compost Maturity, and Quality of the Finished Compost." Bioresour. Technol. 97 no. 16: 2071–2076.

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA. 1985. "NMX-AA-22-1985. Protección Al Ambiente - Contaminación Del Suelo - Selección y Cuantificación de Subproductos." Diario Oficial de la Federación: 4.

HAYNES, R. J., O. N. BELYAEVA, and Y. F. Zhou. 2015a. "Particle Size Fractionation as a Method for Characterizing the Nutrient Content of Municipal Green Waste Used for Composting." Waste Management 35: 48–54.

HOORNWEG, D, and P BHADA-Tata. 2011. "What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management." World Bank, Washington, DC, 2012: 16–21.

INGHELDS, D., W. Dullaert, and J. Bloemhof. 2016. "A Model for Improving Sustainable Green Waste Recovery." Resour. Conserv. Recycl., 110: 61–73.

INGHELIS, Dirk, DULLAERT, Wout, and BLOEMHOF, Jacqueline. 2016. "A Model for Improving Sustainable Green Waste Recovery." *Resources, Conservation and Recycling* 110: 61–73.

LIU, Ling et al. 2017. "Succession and Diversity of Microorganisms and Their Association with Physicochemical Properties during Green Waste Thermophilic Composting." *Waste Management* 73: 101–12.

NEUGEBAUER, MACIEJ, and SOŁOWIEJ, Piotr. 2017. "The Use of Green Waste to Overcome the Difficulty in Small-Scale Composting of Organic Household Waste." *Journal of Cleaner Production* 156: 865–75.

OLDFIELD, Thomas L., EOIN White, and M. HOLDEN, Nicholas. 2018. "The Implications of Stakeholder Perspective for LCA of Wasted Food and Green Waste." *Journal of Cleaner Production* 170: 1554–64.

OVIEDO-OCAÑA, E. R., DOMINGUEZ, I, KOMILIS, D, and SÁNCHEZ, A. 2017. "Co-Composting of Green Waste Mixed with Unprocessed and Processed Food Waste: Influence on the Composting Process and Product Quality." *Waste and Biomass Valorization* 0(0): 1–12.

PIMENTEL, D, and BURGESS. 2017. "World Human Population Problems." *Encyclopedia of the Anthropocene*: 313–317.

REYES-TORRES, Marcela. 2017. "Pasantía de Investigación Para La Construcción Del Estado Del Arte Sobre Estrategias Para Optimizar El Compostaje de Residuos Verdes. Proyecto de Grado." Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander. (c).

SÁNCHEZ, Óscar J., OSPINA, Diego A., and MONTOYA, Sandra. 2017. "Compost Supplementation with Nutrients and Microorganisms in Composting Process." *Waste Management* 69(26): 136–53.

SANTOS GARCÍA, BERENICE, Ariana, and ROSALES CASTRO, Matrha. 2012. "Estado Del Arte Sobre Residuos En Plantaciones Forestales Comerciales Y Su Aprovechamiento."

SECOFI. 1992. "NMX-AA-19-1985c. Protección Al Ambiente - Contaminación Del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico 'in Situ.'" *Diario Oficial de la Federación*: 4–6.

SEDUE. 1992. "Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. Protección Al Ambiente - Contaminación Del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo." *Diario Oficial de la Federación*: 6–8.

TAMAYO, Mario. 1999. *Aprender a Investigar APRENDER A INVESTIGAR Módulo 5*.

VASAREVIČIUS, S., P. BALTRENAS, AND E. BALTRENAITE. 2011. "Investigation and Evaluation of Green Waste Composting Parameters." *Polish Journal of Environmental Studies* 20(6): 1603–9.

ZHANG, Lu, and XIANGYANG Sun. 2014. "Effects of Rhamnolipid and Initial Compost Particle Size on the Two-Stage Composting of Green Waste." *Bioresource Technology* 163: 112–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.04.041>.

ANEXOS

ANEXO A. ENTREVISTAS Y INSPECCIÓN DE ACTIVIDADES SOBRE EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE ZONAS VERDES EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO

1. Entrevista con el encargado de la sección de servicios varios Cesar Flores:

Se trataron los siguientes temas:

1.1. Esquema de zonas de intervención (zonas de poda y recolección de hojas seca)

Existen dos esquemas para el mantenimiento de zonas verdes, el primero relacionado con barrido que consiste en cuatro zonas diferentes son atendidas por dos empleados cada una, con el fin de cubrir cada zona en el transcurso de la semana. El segundo relacionado con la jardinería consiste en zonas divididas en subzonas según el requerimiento de cada una. atendidas por dos empleados guadañadores y 10 empleados jardineros.

1.2. Frecuencia de recolección de hojas secas (barrido) y frecuencia de poda o corte (jardines y arboles).

La frecuencia de recolección, barrido, guadañado, corte en jardinería es diaria. El guadañado y el corte de jardinería se ven afectados por las temporadas de invierno y verano. (En verano la frecuencia en estas actividades disminuye, pero se compensa con actividades de riego por los mismos empleados, y en invierno la frecuencia en estas actividades es mayor).

1.3. Sistema de recolección y transporte.

Por zonas las personas encargadas del barrido hacen montones los cuales son recogidos en canecas que se depositan en camión recolector que conduce los RV a la zona de depósito. El camión tiene una disponibilidad diaria de 7:00 am a 5:00 pm, y realiza mínimo dos descargas de RV en la zona de depósito diariamente.

1.4. ¿Cuántas personas se necesitan para una jornada ordinaria de mantenimiento de RV?

Usualmente se necesitan 24 empleados (aproximadamente)

1.5. ¿Existe algún registro (libro, artículo, proyecto de grado) de los tipos de RV que hay en la UIS?

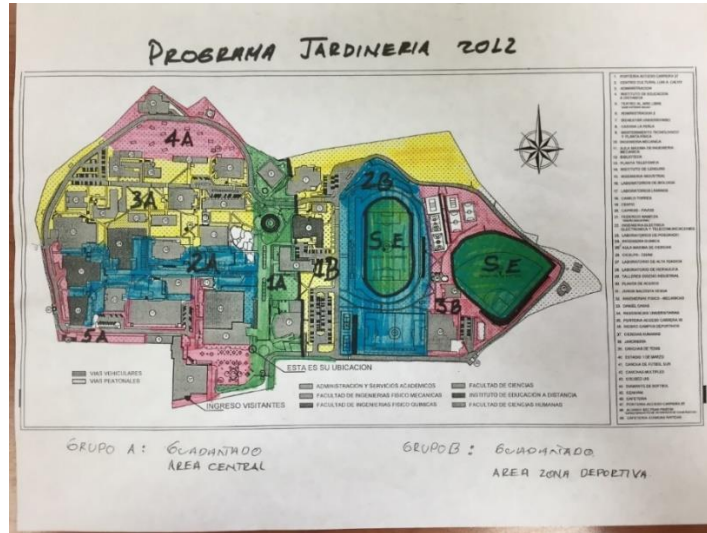
Existe un catálogo ilustrado llamado Flora UIS donde están clasificados los tipos de plantas que hay en el campus universitario.

1.6. ¿Actividades que se realizan en receso de estudiantes, y actividades rutinarias?

Las actividades de poda y barrido son actividades rutinarias, Las actividades de podas de aclaración y realce (mantenimiento de árboles) se realizan durante el receso de la comunidad estudiantil.

1.7. Esquema de corte y poda

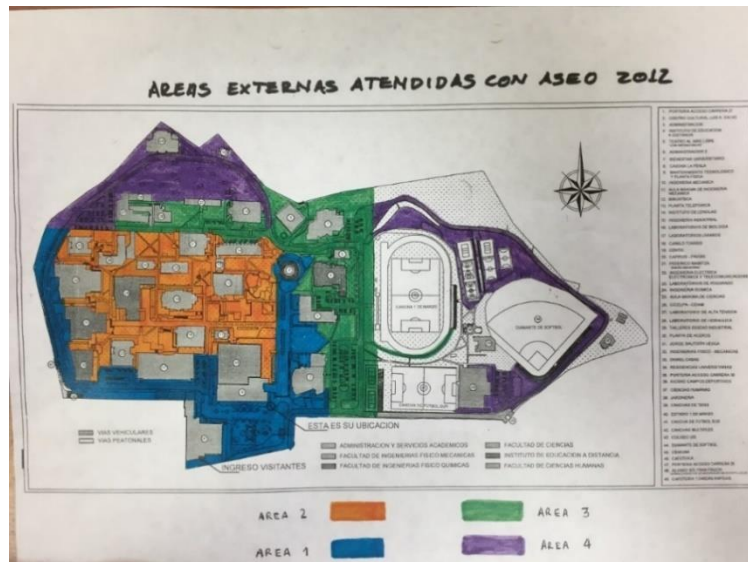
Figura A1. Esquema de jardinería en el campus central de la UIS



Fuente: Oficinas división de planta física

1.8. Esquema de barrido

Figura A2. Esquema de barrido en el campus central de la UIS



Fuente: Oficinas división de planta física

2. Entrevista realizada a personal de actividades de barrido

2.1. ¿Cuántas personas trabajan en estas actividades?

Actualmente en estas actividades trabajan 8 personas distribuidas en 4 zonas dos personas por zona respectivamente.

2.2. ¿Cuál es el horario de trabajo?

La jornada laboral de estas actividades van de 06:00 am -04:00 pm con dos horas de almuerzo.

2.3. ¿Qué actividades realizan?

Las actividades son netamente de barrido y se pueden realizar de dos formas; una es con rastrillos y escobas de manera manual la segunda es con un equipo soplador el cual solo se pueden utilizar en horas de la mañana.

2.4. ¿Con que frecuencia se realizan las actividades?

Las zonas o áreas de barrido son intervenidas dos veces por semana, el personal encargado de barrido se rota un único equipo soplador para que haya mayor rendimiento de barrido.

3. Entrevista realizada a personal de jardinería, poda, aclaración y realce

3.1. ¿Cuántas personas trabajan en estas actividades?

Actualmente en estas actividades trabajan 2 guadaños y 10 jardineros para un total de 12 personas.

3.2. ¿Cuál es el horario de trabajo?

Existen dos jornadas laborales las cuales van de 06:00 am- 02:00 pm y de 07:00 am- 05:00 pm con hora de almuerzo de 2 horas.

3.3. ¿Qué actividades realizan?

Las actividades realizadas son: poda, jardinería, aclaración y realce, riego de zonas verdes y corte de césped.

3.4. ¿En qué consisten las actividades?

- **Poda:** las actividades de poda consisten en hacer recorte a los arbustos medianos y pequeños
- **Jardinería:** siembra y restauración de jardines, así como también aplicar abono a las plantas
- **Aclaración y realce:** actividades realizadas a arboles grandes, básicamente consiste en quitar ramas a los árboles y además quitar una planta la cual es considerada parasito.
- **Riego de zonas verdes:** estas actividades se realizan en temporada de verano y consiste en regar los jardines, así como las zonas verdes
- **Corte de césped:** actividad realizada por las personas operadores de las guadañas, consiste en guadañar el césped.

3.5. ¿Con que frecuencia se realizan las actividades?

Las actividades dependen de las condiciones climatológicas invierno o verano, en temporada de verano se intervienen las zonas alrededor de cada dos meses.

4. Entrevista realizada a personal encargado de recolección

4.1. ¿Cuántas personas trabajan en estas actividades?

Actualmente en estas actividades trabajan 4 personas que están encargadas de recoger y llevar los residuos verdes a la zona de depósito.

4.2. ¿Cuál es el horario de trabajo?

La jornada laboral de estas actividades van de 07:00 am -05:00 pm con dos horas destinadas para el almuerzo (12:00 m-02:00 pm)

4.3. ¿Qué actividades realizan?, ¿cómo se realizan?

La actividad de recolección consiste en recoger los montones de RV que deja el personal encargado de barrido, los residuos verdes son recogidos en canecas plásticas las cuales son vaciadas en el camión recolector que finalmente deposita estos residuos en la zona de depósito.

4.4. ¿Con que frecuencia se realizan las actividades?

La recolección de residuos verdes se realiza de lunes a viernes y no existen rutas trazadas para este fin, el camión recolector recorre por distintos lugares la universidad recogiendo montones de residuos verdes hasta cubrir cada una de las zonas de barrido.

5. Inspección de actividades

5.1. Barrido

Fotografías A1. Actividades de barrido en el campus central de la UIS



Fuente: Autor (es)

5.2. Jardinería

Fotografías A2. Actividades de jardinería en el campus central de la UIS



Fuente: Autor (es)

5.3. Poda, aclaración y realce

Fotografías A3. Actividades de poda aclaración y realce en el campus central de la UIS



Fuente: Autor(es)

5.4. Recolección y depósito

Fotografías A4. Actividades de recolección y depósito de los RV generados en el campus central de la UIS



Fuente: Autor(es)

ANEXO B. BITÁCORA DE TRABAJO

Semana 1 / 13 -17 de agosto

Se inician las medidas a todas las descargas del camión recolector durante dos semanas. Se seleccionan el martes, jueves y viernes para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV

Lunes

Se registra el volumen de RV en el camión recolector, se tomó medida de altura promedio de 0.4 m y con los valores de largo y ancho se calculó una cantidad de RV de 2.96 m³

Martes

Se tenía programada prueba de composición y por condiciones de lluvia se presentó inundación y no se realizó la prueba dado que el camión recolector no depósito RV.

Fotografías B1. Novedad martes 14 de agosto de 2018



Fuente: Autor(es)

Miércoles

Se realizaron dos descargas en el día con alturas promedios de 0.68 y 0.64 m para las cuales se determinó el volumen arrojando 5.032 y 4.761 m³ respectivamente.

A las 11:00 am (día soleado, residuos húmedos por lluvias el día anterior) se realizó prueba de peso volumétrico y composición física de RV

Jueves

Se realizaron dos descargas en el día con alturas promedios de 0.39 y 0.51 m para las cuales se determinó el volumen arrojando 2.886 y 3.749 m³ respectivamente.

A las 07:00 am (día soleado, residuos húmedos por lluvias el día anterior) se realizó prueba de peso volumétrico y composición física de RV

Viernes

Se realizaron dos descargas en el día con alturas promedios de 0.23 y 0.88 m para las cuales se determinó el volumen arrojando 1.714 y 6.524 m³ respectivamente.

Semana 2 / 20-24 de agosto

Se seleccionan el miércoles y viernes para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV. Esta semana concluye las medidas a las descargas del camión recolector.

OBSERVACIÓN: En esta semana no se realizaron pruebas de peso volumétrico debido a que el sitio de depósito de los residuos verdes estaba lleno de piedra Barichara y se tapó la entrada a la caseta donde se realizaba las pruebas de peso volumétrico y composición, además que la volqueta no podía ingresar a hasta el sitio donde se podía realizar las descargas y tuvo que descargar encima de escombros de piedra Barichara.

Fotografías B2. Novedad semana 2 (20-24 agosto)



Fuente: Autor(es)

Lunes

Lunes festivo y el personal encargado de recolección no labora días festivos

Martes

Se realizaron dos descargas en el día con alturas promedios de 0.96 y 0.86 m para las cuales se determinó el volumen arrojando 7.067 y 6.327 m³ respectivamente.

Miércoles

Se realizaron dos descargas en el día con alturas promedio de 0.72 y 0.04 m para las cuales se determinó el volumen arrojando 5.353 y 2.972 m³ respectivamente.

Jueves y viernes

En estos días no se recogieron RV debido a que el camión recolector y personal encargado estuvieron ocupados en otras labores, como trasteo de música, transporte de inmobiliario y recolección de material tipo escombros y residuos de obra.

Fotografías B3. Novedad semana 2 (20-24 agosto)



Fuente: Autor(es)

Semana 3 / 27 -31 de agosto

Se seleccionan el lunes y miércoles para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV. Aunque no se miden las descargas se registraran el número de descargas hechas por día.

Lunes

Se realizaron dos descargas en el día, a las 11:00 am (día soleado) se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 3.45 m³

Martes

Se registraron dos descargas en el día.

Miércoles

Se registraron dos descargas en el día y se realiza prueba a las 11:35 am en día nublado con poco sol se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 4.62 m³

Jueves

Se registraron dos descargas en el día.

Viernes

Se registró una descarga en el día.

OBSERVACIÓN: En los formatos de registro de número de descargas se encuentran las novedades presentadas.

Semana 4 / 3 -7 de septiembre

Se seleccionan el miércoles y viernes para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV

Lunes

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

Martes

Se registró una descarga en el día.

Miércoles

Se registró una descarga en el día y se realiza prueba a las 8:30 am en día nublado con ligera llovizna se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 2.798 m³

Jueves

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

Viernes

Se registró una descarga en el día y se realiza prueba. A las 11:50 am en día soleado (lluvias el día anterior) se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 4.38 m³

Semana 5 / 10 -14 de septiembre

Se seleccionan el martes y jueves para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV

Lunes

Se registraron dos descargas en el día.

Martes

Se registró una descarga en el día y se realiza prueba. A las 3:30 pm en día soleado se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 3.296 m³

Miércoles

Se registró una descarga en el día.

Jueves

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo y en trasteos de música

Viernes

Se registró una descarga en el día.

OBSERVACIÓN: Dado que se seleccionó el jueves para realizar pruebas y no se presentaron descargas, se reasigno al viernes. Por la hora a la que se hizo la descarga (4:55 pm) no fue posible realizar la prueba programada

Semana 6 / 17 -21 de septiembre

Se seleccionan el martes y miércoles para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV

Lunes

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

Martes

Se registraron dos descargas en el día y se realiza prueba. A las 3:20 pm en día soleado se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 4.318 m³

Miércoles

Se registraron tres descargas en el día y se realiza prueba. A las 7:20 am en día soleado se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 4.197 m³

Jueves

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

Viernes

Se registraron dos descargas en el día.

Semana 7 / 24 -28 de septiembre

Se seleccionan el miércoles y viernes para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV

OBSERVACIÓN: durante esta semana se presentaron problemas de filtración de agua producto de las maquinas que se están usando para trabajar con las piedras de Barichara, debido a que esta filtración afecta la zona de trabajo no fue posible realizar las pruebas programadas.

Fotografía B4. Novedad semana 7 (24-28 septiembre)



Fuente: Autor(es)

Lunes

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

Martes

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

Miércoles

Se registraron dos descargas en el día.

Jueves

Se registró una descarga en el día

Viernes

Se registraron dos descargas en el día.

Semana 8 / 1-5 de octubre

Se seleccionan el lunes y jueves para realizar pruebas de peso volumétrico y composición física de RV

Lunes

Se registró una descarga en el día. A las 9:10 am en día soleado se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 5.25 m³

Martes

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

Miércoles

Se registró una descarga en el día.

Jueves

Se registró una descarga en el día. A las 3:20 pm en día nublado con lluvias del día anterior se realiza prueba de peso volumétrico y composición física, el volumen total de viaje registrado fue de 3.4 m³

Viernes

No se registraron descargas debido a que el camión recolector se encontraba recogiendo residuos de los cuartos de aseo

ANEXO C. PROCESO DE MEDICIÓN Y REGISTRO DEL CAMIÓN RECOLECTOR, DURANTE LA SEMANA UNO Y DOS

1. Medición al camión

Fotografías C1. Proceso de medición al camión recolector



Fuente: Autor(es)

2. Planillas de registro

Figura C1. Planilla de medición del camión recolector semana 1



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO



REGISTRO DE VOLUMEN EN EL CAMIÓN RECOLECTOR

Fecha: 13 -17 de agosto
Largo [m] 3.7
Ancho[m] 2

DÍA	Nº DESCARGA	ALTURA DE RV [m]						PROMEDIO ALTURA [m]	VOLUMEN [m3]
LUNES	1	0.4	0.38	0.41	0.42	0.39	0.41	0.40	2.960
	2	-	-	-	-	-	-		
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
MARTES	1	-	-	-	-	-	-		
	2	-	-	-	-	-	-		
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
MIÉRCOLES	1	0.63	0.72	0.65	0.74	0.73	0.61	0.68	5.032
	2	0.69	0.65	0.6	0.6	0.64	0.68	0.64	4.761
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
JUEVES	1	0.43	0.33	0.38	0.38	0.4	0.42	0.39	2.886
	2	0.55	0.5	0.42	0.48	0.54	0.55	0.51	3.749
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
VIERNES	1	0.26	0.22	0.2	0.25	0.22	0.24	0.23	1.714
	2	0.89	0.9	0.92	0.88	0.85	0.85	0.88	6.524
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		

Total número de viajes [und] 7
Total volumen descargado [m3] 27.627
Volumen promedio de descarga [m3] 3.947

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo- Fabricio Gomez
Observaciones: Lunes en la tarde se hizo un trasteo
Martes no se boto RV por lluvia fuerte el día lunes en la noche

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura C2. Planilla de medición del camión recolector semana 2



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



REGISTRO DE VOLUMEN EN EL CAMIÓN RECOLECTOR

Fecha: 20 -25 de agosto
 Largo [m] 3.7
 Ancho[m] 2

DÍA	Nº DESCARGA	ATURA DE RV [m]						PROMEDIO ALTURA [m]	VOLUMEN [m3]
LUNES	1	-	-	-	-	-	-		
	2	-	-	-	-	-	-		
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
MARTES	1	0.95	0.96	0.97	0.96	0.95	0.94	0.96	7.067
	2	0.79	0.89	0.90	0.82	0.85	0.88	0.86	6.327
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
MIÉRCOLES	1	0.75	0.76	0.68	0.72	0.73	0.70	0.72	5.353
	2	0.40	0.35	0.43	0.38	0.41	0.44	0.40	2.972
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
JUEVES	1	-	-	-	-	-	-		
	2	-	-	-	-	-	-		
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		
VIERNES	1	-	-	-	-	-	-		
	2	-	-	-	-	-	-		
	3	-	-	-	-	-	-		
	4	-	-	-	-	-	-		
	5	-	-	-	-	-	-		

Total número de viajes [und] 4
 Total volumen descargado [m3] 21.719
 Volumen promedio de descarga [m3] 5.43

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo- Fabricio Gomez
 Observaciones: Lunes festivo (no se labora en la universidad)
Jueves y viernes no se descargaron RV, la volqueta estuvo recogiendo
basura (ver fotos)

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura C3. Consolidación semana 1 y semana 2



FACULTAD DE INGENIERÍAS FISIOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO



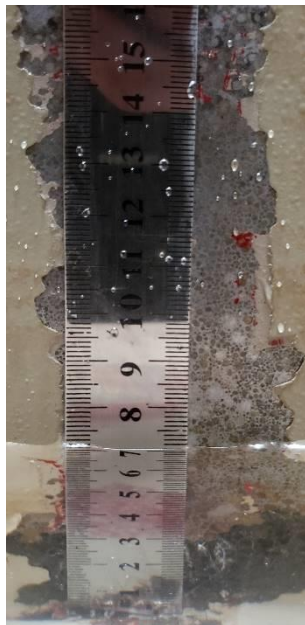
<u>CONSOLIDADO DE VOLUMEN EN EL CAMIÓN RECOLECTOR</u>	
Total número de viajes [und]	<u>11</u>
Total volumen descargado [m3]	<u>49.3456</u>
Volumen promedio de descarga [m3]	<u>4.5</u>
Responsables	
Nombre:	<u>Duvan Gordillo - Fabricio Gomez</u>
Observaciones:	<u></u>
	<u></u>

Fuente: Autor(es)

ANEXO D. CALIBRACIÓN DEL MOLDE VOLUMÉTRICO

1. Proceso de calibración

Fotografías D1. Calibración del molde volumétrico



Fuente: Autor(es)

2. Tabla de calibración

Tabla D1. Parámetros de calibración

LTS	H [cm]
10	3.4
20	7
30	10.8
40	14.6
50	18.4
60	22.3
70	26.1
80	30
90	33.9
100	37.8
110	41.6
120	45.5
130	49.4
140	53.2
150	57.1
160	60.9
170	64.8
180	68.6
190	72.4
200	76.2
210	80
220	83.8
222	84.3

Fuente: Autor(es)

ANEXO E. EQUIPOS Y MATERIALES USADOS

Para la elaboración de este estudio de emplearon los siguientes equipos y materiales:

1. Un molde volumétrico
2. Dos palas
3. Un balde de capacidad de 10 litros graduado
4. Una regla metálica de un metro
5. Una regla de madera de un metro
6. Cinta métrica
7. Plástico negro de 6x4 m
8. Tamiz No. 2
9. Balanza análoga (100 kg de capacidad)
10. Dinamómetro (50kg de capacidad)
11. Lazo de algodón (20 m)
12. Macheta No. 18
13. Carreta

ANEXO F. PROCESO DE MUESTREO Y REGISTRO DE PESO VOLUMÉTRICO

1. Proceso de muestreo

Fotografía F1. Descarga de los RV en el Plástico



Fuente: Autor(es)

Fotografía F2. Pesaje y traslado del material a la zona de muestreo



Fuente: Autor(es)

Fotografía F3. Homogenización de los RV



Fuente: Autor(es)

Fotografía F4. Primer cuarteo y prueba de peso volumétrico



Fuente: Autor(es)

Fotografía F5. Segundo cuarteo y selección de los 50 Kg de muestra



Fuente: Autor(es)

2. Registros de peso volumétrico

Figura F1. Planilla prueba 1



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 15/08/2018 -11:00 am Zonas muestreadas: Todas
 Condiciones climatológicas: Día soleado
 Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Volumen de determinación [m ³]	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.130					4.79
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	55	60	60	68	60	63	58	63	53	55	56	62	60	53	59	60	62	54	57	61	59	38					1276
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	39	44	44	52	44	47	42	47	37	39	40	46	44	37	43	44	46	38	41	45	43	22					924
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m ³]	175.68	198.2	198.2	234.23	198.2	211.71	189.19	211.71	166.67	175.68	180.18	207.21	198.2	166.67	193.69	198.2	207.21	171.17	184.68	202.7	193.69	169.23					192.9
	Media																									192.38	
	Desviación estandar																									17.32	
	Coefficiente de variación																									0.09	

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Molde final con altura de RV de 49.4 cm, para un volumen de 0.130 m³
Material húmedo por lluvia el día anterior

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura F2. Planilla prueba 2



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 16/08/2018 -07:00 am Zonas muestreadas: Todas
 Condiciones climatológicas: Día soleado
 Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Volumen de determinación [m ³]	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.12														2.78
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	55	60	60	68	60	63	58	63	53	55	56	62	30														743
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	39	44	44	52	44	47	42	47	37	39	40	46	14														535
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m ³]	175.68	198.2	198.2	234.23	198.2	211.71	189.19	211.71	166.67	175.68	180.18	207.21	116.67														192.45
	Media																									189.5	
	Desviación estandar																									28.61	
	Coefficiente de variación																									0.15	

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Material húmedo, el día anterior se presentaron lluvias

Molde final con altura de RV de 45.5 cm, para un volumen de 0.120 m³

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura F3. Planilla prueba 3



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO

Universidad Industrial de Santander



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 17/08/2018 -7:00 am Zonas muestreadas: Canchas y cenivan

Condiciones climatológicas: Día soleado

Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Volumen de determinación [m] ³	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.11																			1.66
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	46	51	56	52	48	52	49	33																			387
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	30	35	40	36	32	36	33	17																			259
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m] ³	135.14	157.66	180.18	162.16	144.14	162.16	148.65	154.55																			156.02
	Media																									155.58	
	Desviación estandar																									13.6	
	Coefficiente de variación																									0.09	

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Molde final con altura de RV de 41.6 cm, para un volumen de 0.110 m3

Aunque no se presentaron lluvias los días anteriores, el material presentaba cierta humedad

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura F6. Planilla prueba 6



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 05/09/2018 -08:30 am Zonas muestreadas: Bosque, petróleos y música

Condiciones climatológicas: Día nublado con ligeras lloviznas

Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Volumen de determinación [m ³]	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.134													2.8
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	49	50	45	48	48	49	46	45	46	49	50	48	39													612
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	33	34	29	32	32	33	30	29	30	33	34	32	23													404
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m ³]	148.65	153.15	130.63	144.14	144.14	148.65	135.14	130.63	135.14	148.65	153.15	144.14	171.64													144.29
	Media																									145.22
	Desviación estandar																									11.15
	Coefficiente de variación																									0.08

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Material seco, no hubo lluvia el día anterior

Molde final con altura de RV de 52 cm, para un volumen de 0.134 m³

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura F7. Planilla prueba 7



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 07/09/2018-11:50 am Zonas muestreadas: zona central

Condiciones climatológicas: Día soleado con lluvia el día anterior

Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Volumen de determinación [m ³]	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.162							4.38
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	49	56	57	55	52	54	56	50	53	51	54	55	51	53	56	52	54	51	53	42							1054
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	33	40	41	39	36	38	40	34	37	35	38	39	35	37	40	36	38	35	37	26							734
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m ³]	148.65	180.18	184.68	175.68	162.16	171.17	180.18	153.15	166.67	157.66	171.17	175.68	157.66	166.67	180.18	162.16	171.17	157.66	166.67	160.49							167.58
	Media																				167.48						
	Desviación estandar																				10.03						
	Coefficiente de variación																				0.06						

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Material húmedo, hubo lluvia el día anterior

Molde final con altura de RV de 63 cm, para un volumen de 0.162 m³

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura F9. Planilla prueba 9



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 18/09/2018-03:20pm Zonas muestreadas: Todas

Condiciones climatológicas: Día soleado sin lluvia el día anterior

Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Volumen de determinación [m ³]	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.100						4.32
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	41	42	44	42	43	44	45	42	41	44	42	45	46	42	43	41	44	42	45	28							846
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	25	26	28	26	27	28	29	26	25	28	26	29	30	26	27	25	28	26	29	12							526
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m ³]	112.61	117.12	126.13	117.12	121.62	126.13	130.63	117.12	112.61	126.13	117.12	130.63	135.14	117.12	121.62	112.61	126.13	117.12	130.63	120							121.76
																					Media	121.77					
																					Desviación estandar	6.79					
																					Coficiente de variación	0.06					

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Material seco, cero lluvia el dia anterior

Molde final con altura de RV de 39 cm, para un volumen de 0.100 m³
semana soleada, bastante calurosa

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura F10. Planilla prueba 10



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 19/09/2018-07:20 am Zonas muestreadas: Zona de bosque

Condiciones climatológicas: Día soleado sin lluvia el día anterior

Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Volumen de determinación [m ³]	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.201								4.2
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	31	34	36	33	35	32	34	33	32	35	35	32	34	36	33	35	34	35	31								640
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	15	18	20	17	19	16	18	17	16	19	19	16	18	20	17	19	18	19	15								336
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m ³]	67.57	81.08	90.09	76.58	85.59	72.07	81.08	76.58	72.07	85.59	85.59	72.07	81.08	90.09	76.58	85.59	81.08	85.59	74.63								80

Media 80.03

Desviación estandar 6.55

Coefficiente de variación 0.08

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Material seco no hubo lluvia el día anterior

Molde final con altura de RV de 78 cm, para un volumen de 0.201 m³

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

Figura F12. Planilla prueba 12



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE RESIDUOS VERDES

Fecha y hora de la determinación: 11/10/18-03:20 pm Zonas muestreadas: Bosque y zona edificio música
 Condiciones climatológicas: Día nublado con lluvias el día anterior
 Capacidad del recipiente m³: 0.222 Peso del recipiente kg: 16

DESCRIPCIÓN	TOMA																									TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Volumen de determinación [m ³]	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.092											3.42
Peso bruto (peso recipiente + residuos verdes) [kg]	56	59	57	60	56	58	59	61	57	56	59	60	57	59	56	34											904
Peso neto RV (peso bruto-recipiente) [kg]	40	43	41	44	40	42	43	45	41	40	43	44	41	43	40	18											648
Peso volumétrico "in situ", de RV en [kg/m ³]	180.18	193.69	184.68	198.2	180.18	189.19	193.69	202.7	184.68	180.18	193.69	198.2	184.68	193.69	180.18	195.65											189.47
																	Media										189.59
																	Desviación estandar										7.53
																	Coefficiente de variación										0.04

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

Observaciones: Material húmedo, se presentaron lluvias el día de la prueba y el día anterior
Molde final con altura de RV de 36 cm, para un volumen de 0.092 m³

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Fuente: Autor(es)

ANEXO G. REGISTRO DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS VERDES

1. Selección

Fotografía G1. Muestra de 50 Kg



Fuente: Autor(es)

Fotografía G2. Clasificación de RV



Fuente: Autor(es)

2. Registros de clasificación

Figura G1. Planilla y clasificación muestra 1

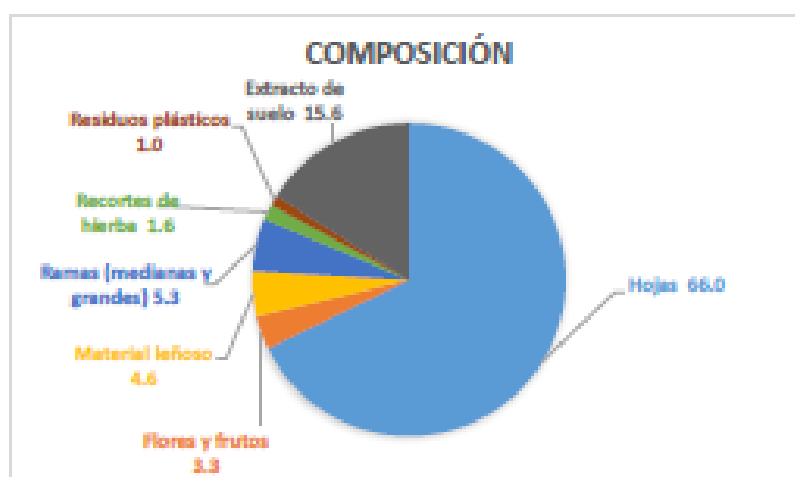
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 15/08/18 - 11:00 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Todas

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	33	66.0	
2	Flores y frutos	1.67	3.3	
3	Raíces	0	0.0	
4	Material leñoso	2.3	4.6	
5	Ramas (medianas y grandes)	2.63	5.3	
6	Recortes de hierba	0.8	1.6	
7	Residuos de madera		0.0	
8	Residuos plásticos	0.5	1.0	
9	Extracto de suelo	7.78	15.6	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	48.680	97.4	



Fuente: Autor(es)

Figura G2. Planilla y clasificación muestra 2

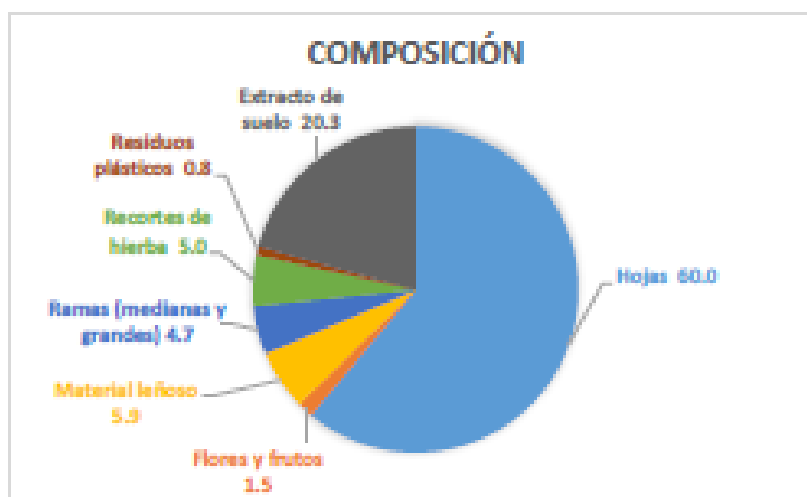
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 16/08/18 -7:00 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Todas

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	30	60.0	
2	Flores y frutos	0.76	1.5	
3	Ralces	0	0.0	
4	Material leñoso	2.94	5.9	
5	Ramas (medianas y grandes)	2.36	4.7	
6	Recortes de hierba	2.48	5.0	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0.42	0.8	
9	Extracto de suelo	10.16	20.3	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	49.12		



Fuente: Autor(es)

Figura G3. Planilla y clasificación muestra 3

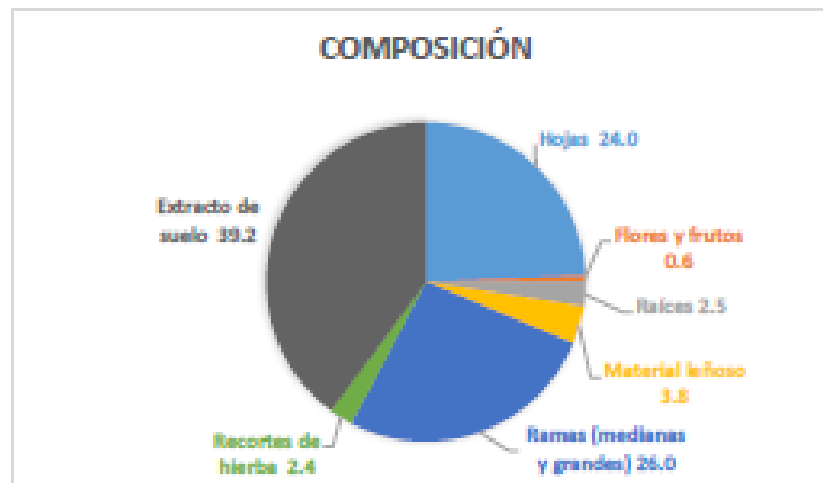
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 17/08/18 -7:00 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Canchas y cenivas

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabrício Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	12	24.0	
2	Flores y frutos	0.28	0.6	
3	Raíces	1.23	2.5	
4	Material leñoso	1.9	3.8	
5	Ramas (medianas y grandes)	13	26.0	
6	Recortes de hierba	1.18	2.4	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0	0.0	
9	Extracto de suelo	19.62	39.2	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	49.21		



Fuente: Autor(es)

Figura G4. Planilla y clasificación muestra 4

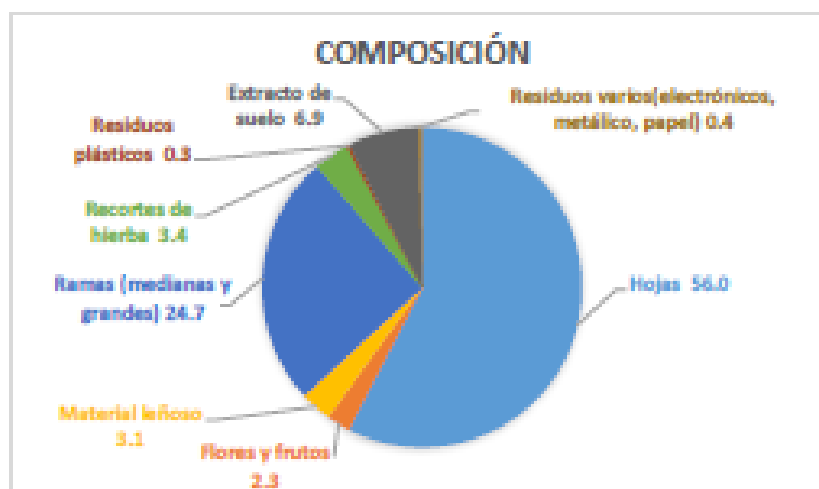
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 27/08/18 - 11:00 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Zona central

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	28	56.0	
2	Flores y frutos	1.16	2.3	
3	Ralces	0	0.0	
4	Material leñoso	1.56	3.1	
5	Ramas (medianas y grandes)	12.36	24.7	
6	Recortes de hierba	1.72	3.4	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0.17	0.3	
9	Extracto de suelo	3.46	6.9	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0.18	0.4	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	48.61		



Fuente: Autor(es)

Figura G5. Planilla y clasificación muestra 5

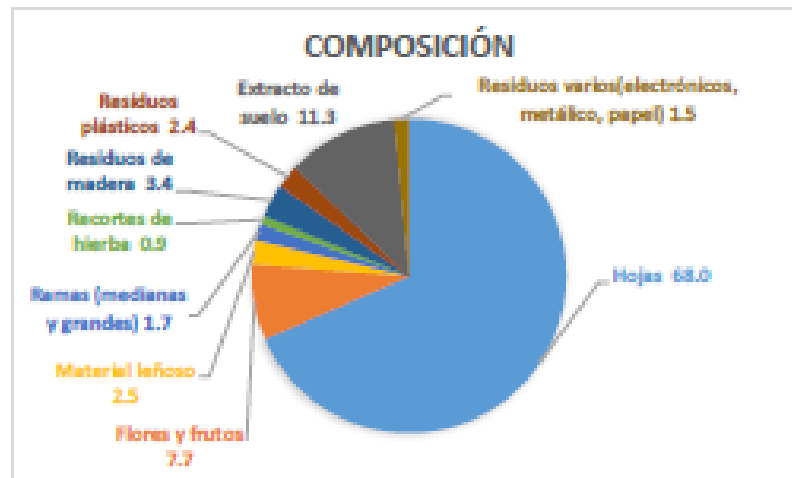
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 29/08/18 - 11:35 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Bosque y zonas de edificio de música

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	34	68.0	
2	Flores y frutos	3.84	7.7	
3	Raíces	0	0.0	
4	Material leñoso	1.25	2.5	
5	Ramas (medianas y grandes)	0.84	1.7	
6	Recortes de hierba	0.45	0.9	
7	Residuos de madera	1.68	3.4	
8	Residuos plásticos	1.2	2.4	
9	Extracto de suelo	5.64	11.3	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0.76	1.5	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	49.67		



Fuente: Autor(es)

Figura G6. Planilla y clasificación muestra 6

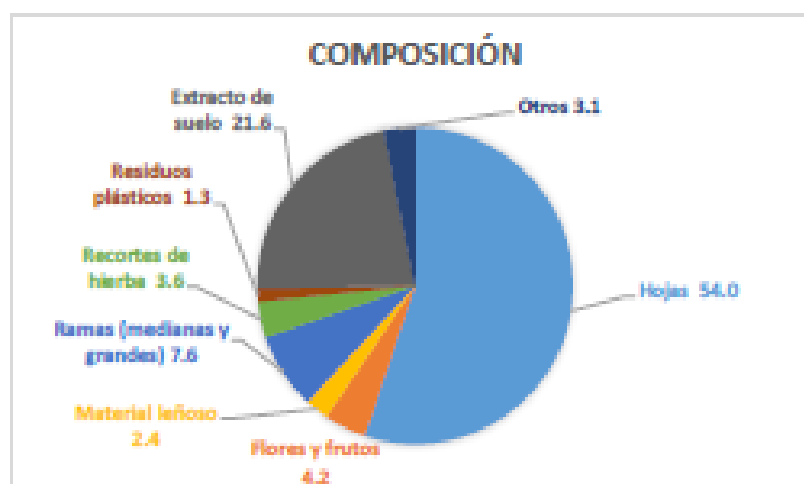
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 05/09/18 / 08:30 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Bosque, petróleos y música

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabrício Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	27	54.0	
2	Flores y frutos	2.1	4.2	
3	Ralces	0	0.0	
4	Material leñoso	1.2	2.4	
5	Ramas (medianas y grandes)	3.8	7.6	
6	Recortes de hierba	1.8	3.6	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0.65	1.3	
9	Extracto de suelo	10.8	21.6	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	1.56	3.1	
	TOTAL	48.91		



Fuente: Autor(es)

Figura G7. Planilla y clasificación muestra 7

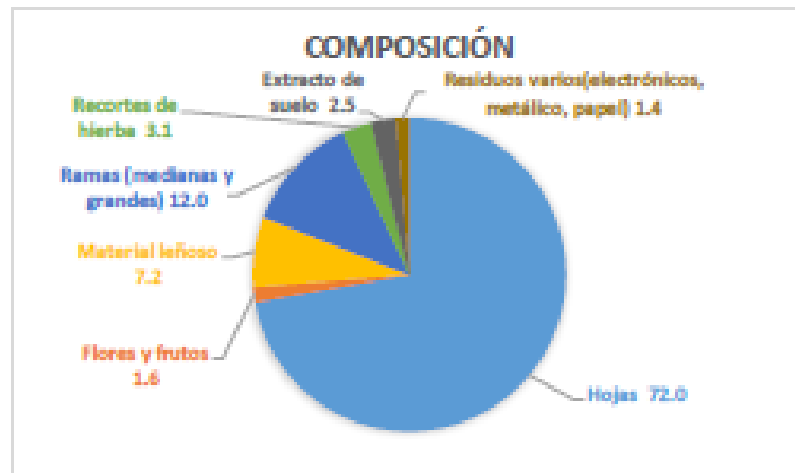
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fechas y hora de análisis 07/09/18 / 11:50 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Zona central

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	36	72.0	
2	Flores y frutos	0.78	1.6	
3	Ralces	0	0.0	
4	Material leñoso	3.62	7.2	
5	Ramas (medianas y grandes)	6	12.0	
6	Recortes de hierba	1.54	3.1	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0	0.0	
9	Extracto de suelo	1.26	2.5	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0.68	1.4	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	49.88		



Fuente: Autor(es)

Figura G8. Planilla y clasificación muestra 8

SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 11/09/18 / 03:30 pm Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Todas

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabridio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	3.56	7.1	
2	Flores y frutos	1.82	3.6	
3	Ralces	0	0.0	
4	Material leñoso	0	0.0	
5	Ramas (medianas y grandes)	12.5	25.0	
6	Recortes de hierba	20	40.0	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0	0.0	
9	Extracto de suelo	3.48	7.0	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	7.46	14.9	
	TOTAL	48.82		



Fuente: Autor(es)

Figura G9. Planilla y clasificación muestra 9

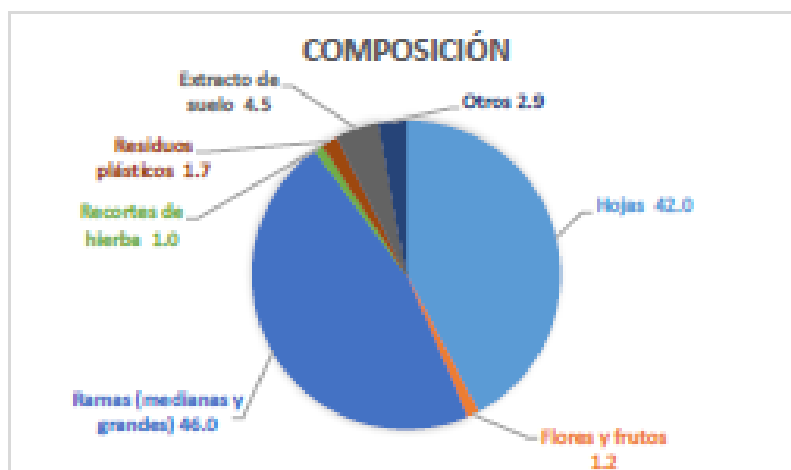
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 18/09/18 / 03:20 pm Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Todas

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	21	42.0	
2	Flores y frutos	0.62	1.2	
3	Raíces	0	0.0	
4	Material leñoso	0	0.0	
5	Ramas (medianas y grandes)	23	46.0	
6	Recortes de hierba	0.48	1.0	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0.86	1.7	
9	Extracto de suelo	2.23	4.5	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	1.46	2.9	
	TOTAL	49.65		



Fuente: Autor(es)

Figura G10. Planilla y clasificación muestra 10

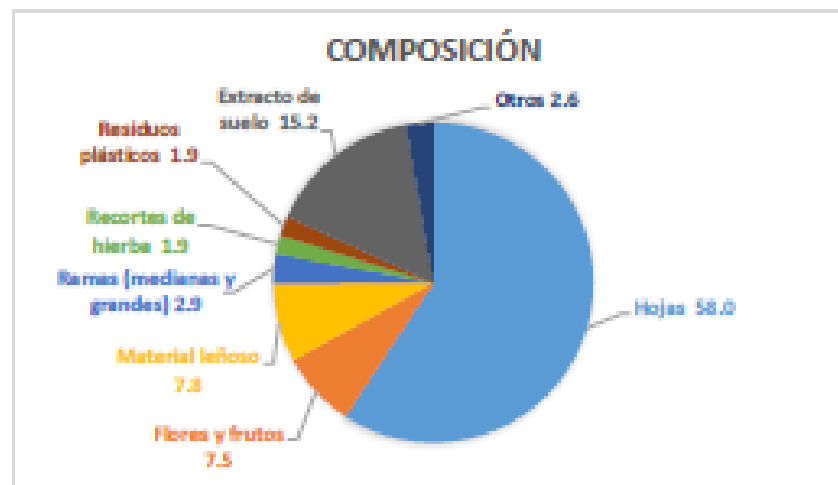
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 19/09/18 / 07:20 am Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo: Zona de bosque

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	29	58.0	
2	Flores y frutos	3.75	7.5	
3	Raíces	0	0.0	
4	Material leñoso	3.92	7.8	
5	Ramas (medianas y grandes)	1.45	2.9	
6	Recortes de hierba	0.98	1.9	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0.96	1.9	
9	Extracto de suelo	7.6	15.2	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	1.32	2.6	
	TOTAL	48.93		



Fuente: Autor(es)

Figura G11. Planilla y clasificación muestra 11

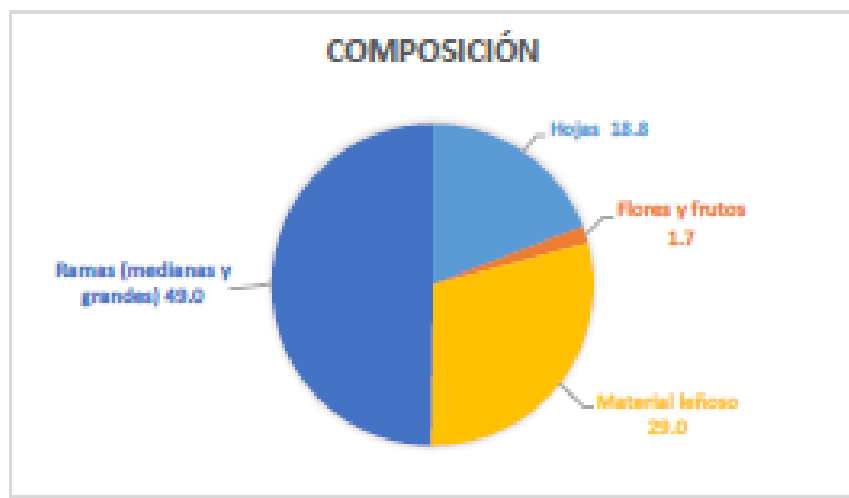
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 09/10/2018-9:30 am Peso de la muestra: 50 kg

Zonas de muestreo: Zonas deportivas

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabricio Gomez

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	9.4	18.8	
2	Flores y frutos	0.84	1.7	
3	Ralces	0	0.0	
4	Material leñoso	14.5	29.0	Troncos grandes
5	Ramas (medianas y grandes)	24.5	49.0	
6	Recortes de hierba	0	0.0	
7	Residuos de madera	0	0.0	
8	Residuos plásticos	0	0.0	
9	Extracto de suelo	0	0.0	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0	0.0	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	49.240		



Fuente: Autor(es)

Figura G12. Planilla y clasificación muestra 12

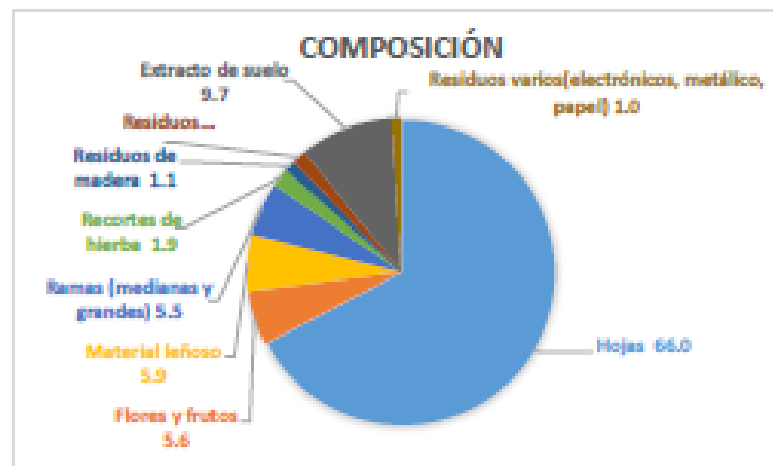
SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Fecha y hora de análisis: 11/10/18-03:20 pm Peso de la muestra 50 kg

Zonas de muestreo Bosque y zona edificio música

Responsable del análisis: Duvan Gordillo -Fabrício Gomez

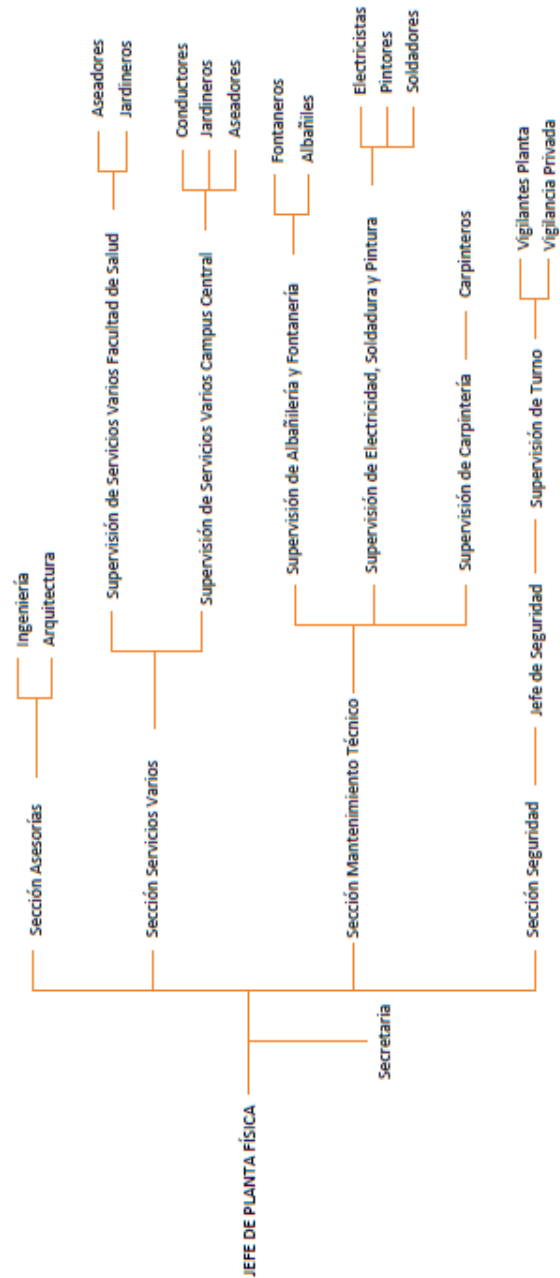
No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	Hojas	33	66.0	
2	Flores y frutos	2.79	5.6	
3	Raíces	0	0.0	
4	Material leñoso	2.93	5.9	
5	Ramas (medianas y grandes)	2.76	5.5	
6	Recortes de hierba	0.97	1.9	
7	Residuos de madera	0.56	1.1	
8	Residuos plásticos	0.72	1.4	
9	Extracto de suelo	4.83	9.7	
10	Residuos varios(electrónicos, metálico, papel)	0.48	1.0	
11	Otros	0	0.0	
	TOTAL	49.040		



Fuente: Autor(es)

ANEXO H. ORGANIGRAMA DIVISIÓN DE PLANTA FÍSICA

Figura H1. Organigrama de la división de planta física



Fuente: División de planta física

ANEXO I. PLANILLAS DE DESCARGA SEMANAL

Tabla I1. Resumen descargas semanales

Semana	Descargas
1	7
2	4
3	9
4	3
5	5
6	7
7	5
8	3
TOTAL	43

Fuente: Autor(es)

Figura I1. Planilla descargas semana 1



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO

Universidad
 Industrial de
 Santander



REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 13-17 de agosto

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	1	-	-	-	-	-	1
Martes	-	-	-	-	-	-	0
Miércoles	1	1	-	-	-	-	2
Jueves	1	1	-	-	-	-	2
Viernes	1	1	-	-	-	-	2
Total descargas semanal							7


Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez



Observaciones: Lunes en la tarde se hizo un trasteo
Martes no se boto RV por lluvia fuerte el día lunes en la noche

Fuente: Autor(es)

Figura I2. Planilla descargas semana 2



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO

REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 20-24 de agosto

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	-	-	-	-	-	-	0
Martes	1	1	-	-	-	-	2
Miércoles	1	1	-	-	-	-	2
Jueves	-	-	-	-	-	-	0
Viernes	-	-	-	-	-	-	0
Total descargas semanal							4

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez

Observaciones: Lunes festivo (no se labora en la universidad)
Jueves y viernes no se descargaron RV, la volqueta estuvo recogiendo
basura (ver fotos)

Fuente: Autor(es)

Figura I3. Planilla descargas semana 3



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 27-31 de agosto

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	1	1	-	-	-	-	2
Martes	1	1	-	-	-	-	2
Miércoles	1	1	-	-	-	-	2
Jueves	1	1	-	-	-	-	2
Viernes	1	-	-	-	-	-	1
Total descargas semanal							9


Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez


Observaciones: Viernes en la tarde trasteo de música, por tanto no se descargaron RV

Fuente: Autor(es)


Figura I4. Planilla descargas semana 4



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO



Universidad
Industrial de
Santander



REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 03-07 de septiembre

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	-	-	-	-	-	-	0
Martes	1	-	-	-	-	-	1
Miércoles	1	-	-	-	-	-	1
Jueves	-	-	-	-	-	-	0
Viernes	1	-	-	-	-	-	1
Total descargas semanal							3


Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez

Observaciones: El día lunes el camión recolector recogió residuos de cuartos de aseo
Día jueves no se recolectó RV
Viernes despues de medio se realizo trasteo de implementos de música


Fuente: Autor(es)

Figura I5. Planilla descargas semana 5




ESCUELA DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO



Universidad Industrial de Santander



REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 10-14 de septiembre

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	1	1	-	-	-	-	2
Martes	1	-	-	-	-	-	1
Miércoles	1	-	-	-	-	-	1
Jueves		-	-	-	-	-	0
Viernes	1	-	-	-	-	-	1
Total descargas semanal							5


Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez



Observaciones: Jueves no se recogieron RV, en la mañana se recogió cuartos de aseo
En esta semana no se recogieron RV en la mañana, la volqueta recogió cuartos de aseo en la mañana

Fuente: Autor(es)

Figura I6. Planilla descargas semana 6



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO

REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 17-21 de septiembre

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	-	-	-	-	-	-	0
Martes	1	1	-	-	-	-	2
Miércoles	1	1	1	-	-	-	3
Jueves	-	-	-	-	-	-	0
Viernes	1	1	-	-	-	-	2
Total descargas semanal							7


Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez


Observaciones: El día lunes el camión recolector recogió residuos de cuartos de aseo
Día jueves no se recolectó RV
Viernes despues de medio se realizo trasteo de implementos de música

Fuente: Autor(es)


Figura 17. Planilla descargas semana 7



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO



Universidad
Industrial de
Santander



REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 24-28 de septiembre

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	-	-	-	-	-	-	0
Martes	-	-	-	-	-	-	0
Miércoles	1	1	-	-	-	-	2
Jueves	1	-	-	-	-	-	1
Viernes	1	1	-	-	-	-	2
Total descargas semanal							5


Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez



Observaciones: Los días lunes y martes el camión recolector recogió cuartos de aseo

Fuente: Autor(es)

Figura I8. Planilla descargas semana 8



FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE GRADO

REGISTRO NÚMERO DE DESCARGAS SEMANAL

Semana de registro: 01-03 de octubre

Día	Número de descargas						Total descargas
	1	2	3	4	5	6	
Lunes	1	-	-	-	-	-	1
Martes	-	-	-	-	-	-	0
Miércoles	1	-	-	-	-	-	1
Jueves	1	-	-	-	-	-	1
Viernes	-	-	-	-	-	-	0
Total descargas semanal							3

Responsables

Nombre: Duvan Gordillo-Fabrizio Gomez

Observaciones: En esta semana el camión recolector recogió curtos de aseo en las mañanas.
Los días lunes, miércoles y jueves se recogieron RV en las horas de la tarde.
Los días martes y viernes el camión realizó trasteos en horas de la tarde.

Fuente: Autor(es)

ANEXO J. DATOS COMPILADOS DE PESO VOLUMÉTRICO

1. General

Tabla J1. Resumen peso volumétrico de todas las pruebas

Semana	N.º prueba	Peso [kg]	Volumen [m³]	Peso volumétrico [kg/m³]
1	1	924	4.79	192.9
	2	535	2.78	192.45
	3	259	1.66	156.02
2	4	475	3.45	137.68
	5	921	4.62	199.35
3	6	404	2.8	144.29
	7	734	4.38	167.58
4	8	430	3.3	130.3
5	9	526	4.32	121.76
	10	336	4.2	80
6	11	668	5.25	127.24
	12	648	3.42	189.47
Peso volumétrico				153.25
Desviación estándar				37.48
Coeficiente. de variación				0.24

Fuente: Autor(es)

2. Húmedo

Tabla J2. Resumen peso volumétrico pruebas húmedas

N.º viajes húmedos	N.º prueba	Peso [kg]	Volumen [m³]	Peso volumétrico [kg/m³]
1	1	924	4.79	192.9
2	2	535	2.78	192.45
3	3	259	1.66	156.02
4	5	921	4.62	199.35
5	7	734	4.38	167.58
6	12	648	3.42	189.47
Peso volumétrico				182.96
Desviación estándar				18.78
Coeficiente de variación				0.1

Fuente: Autor(es)

3. Secos

Tabla J3. Resumen peso volumétrico pruebas secas

N.º viajes húmedos	N.º prueba	Peso [kg]	Volumen [m³]	Peso volumétrico [kg/m³]
1	4	475	3.45	137.68
2	6	404	2.8	144.29
3	8	430	3.3	130.3
4	9	526	4.32	121.76
5	10	336	4.2	80
6	11	668	5.25	127.24
Peso volumétrico				123.55
Desviación estándar				25.36
Coeficiente de variación				0.21

Fuente: Autor(es)

ANEXO K. COMPOSICIÓN FÍSICA GENERAL DE RV GENERADOS EN EL CAMPUS

1. General

No	Categoría	SEM 1			SEM 3		SEM 4		SEM 5	SEM 6		SEM 7		PESO EN Kg	% EN PESO
		1	2	3	1	2	1	2	1	1	2	1	2		
1	Hojas	33	30	12	28	34	27	36	3.56	21	29	9.4	33	295.96	50.18
2	Flores y frutos	1.67	0.76	0.28	1.16	3.84	2.1	0.78	1.82	0.62	3.75	0.84	2.79	20.41	3.46
3	Raíces	0	0	1.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.23	0.21
4	Material leñoso	2.3	2.94	1.9	1.56	1.25	1.2	3.62	0	0	3.92	14.5	2.93	36.12	6.12
5	Ramas (medianas y grandes)	2.63	2.36	13	12.36	0.84	3.8	6	12.5	23	1.45	24.5	2.76	105.2	17.84
6	Recortes de hierba	0.8	2.48	1.18	1.72	0.46	1.8	1.54	20	0.48	0.93	0	0.97	32.36	5.49
7	Residuos de madera	0	0	0	0	1.68	0	0	0	0	0	0	0.56	2.24	0.38
8	Residuos plásticos	0.5	0.42	0	0.17	1.2	0.65	0	0	0.86	0.96	0	0.72	5.48	0.93
9	Extracto de suelo	7.78	10.16	19.62	3.46	5.64	10.8	1.26	3.48	2.23	7.6	0	4.83	76.86	13.03
10	Residuos varios (electrónicos, metálico, papel)	0	0	0	0.18	0.76	0	0.68	0	0	0	0	0.48	2.1	0.36
11	Otros	0	0	0	0	0	1.56	0	7.46	1.46	1.32	0	0	11.8	2
TOTAL													589.76		

Tabla K1. Resumen composición física de todas las pruebas
Fuente: Autor(es)

2. Húmedo

Tabla K2. Resumen composición física las pruebas húmedas

No	SUBPRODUCTOS	PRUEBAS						PESO EN Kg	% EN PESO
		1	2	3	4	5	6		
1	Hojas	33	30	12	34	36	33	145	58.81
2	Flores y frutos	1.67	0.76	0.28	3.84	0.78	2.79	7.33	2.97
3	Raíces	0	0	1.23	0	0	0	1.23	0.5
4	Material leñoso	2.3	2.94	1.9	1.25	3.62	2.93	12.01	4.87
5	Ramas (medianas y grandes)	2.63	2.36	13	0.84	6	2.76	24.83	10.07
6	Recortes de hierba	0.8	2.48	1.18	0.46	1.54	0.97	6.46	2.62
7	Residuos de madera	0	0	0	1.68	0	0.56	1.68	0.68
8	Residuos plásticos	0.5	0.42	0	1.2	0	0.72	2.12	0.86
9	Extracto de suelo	7.78	10.16	19.62	5.64	1.26	4.83	44.46	18.03
10	Residuos varios (electrónicos, metálico, papel)	0	0	0	0.76	0.68	0.48	1.44	0.58
11	Otros	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL								246.56	

Fuente: Autor(es)

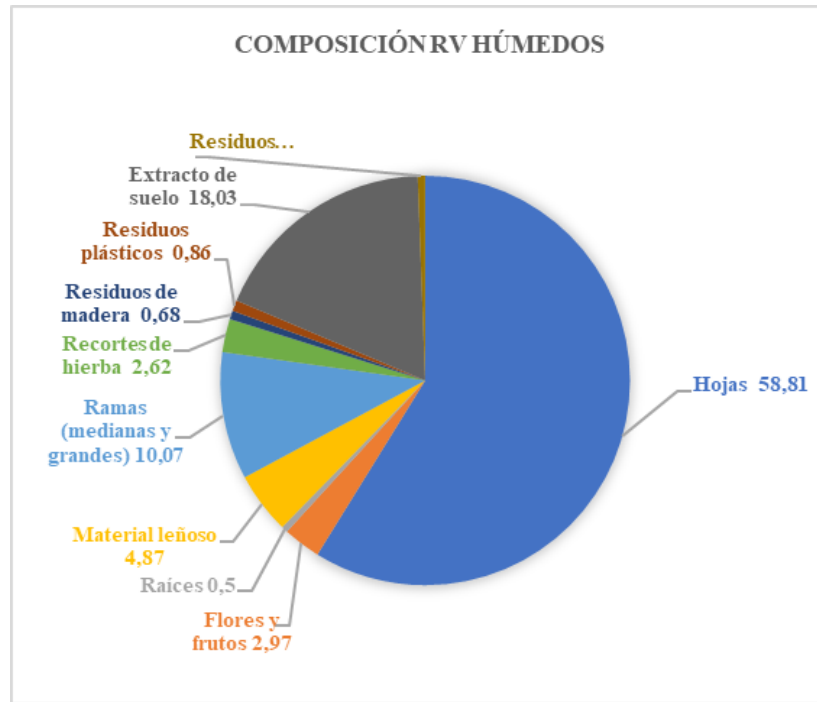
3. Secos

Tabla K2. Resumen composición física las pruebas húmedas

No	SUBPRODUCTOS	PRUEBAS						PESO EN Kg	% EN PESO
		1	2	3	4	5	6		
1	Hojas	28	27	3.56	21	29	9.4	117.96	40.1
2	Flores y frutos	1.16	2.1	1.82	0.62	3.75	0.84	10.29	3.5
3	Raíces	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Material leñoso	1.56	1.2	0	0	3.92	14.5	21.18	7.2
5	Ramas (medianas y grandes)	12.36	3.8	12.5	23	1.45	24.5	77.61	26.38
6	Recortes de hierba	1.72	1.8	20	0.48	0.93	0	24.93	8.47
7	Residuos de madera	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Residuos plásticos	0.17	0.65	0	0.86	0.96	0	2.64	0.9
9	Extracto de suelo	3.46	10.8	3.48	2.23	7.6	0	27.57	9.37
10	Residuos varios (electrónicos, metálico, papel)	0.18	0	0	0	0	0	0.18	0.06
11	Otros	0	1.56	7.46	1.46	1.32	0	11.8	4.01
TOTAL								294.16	

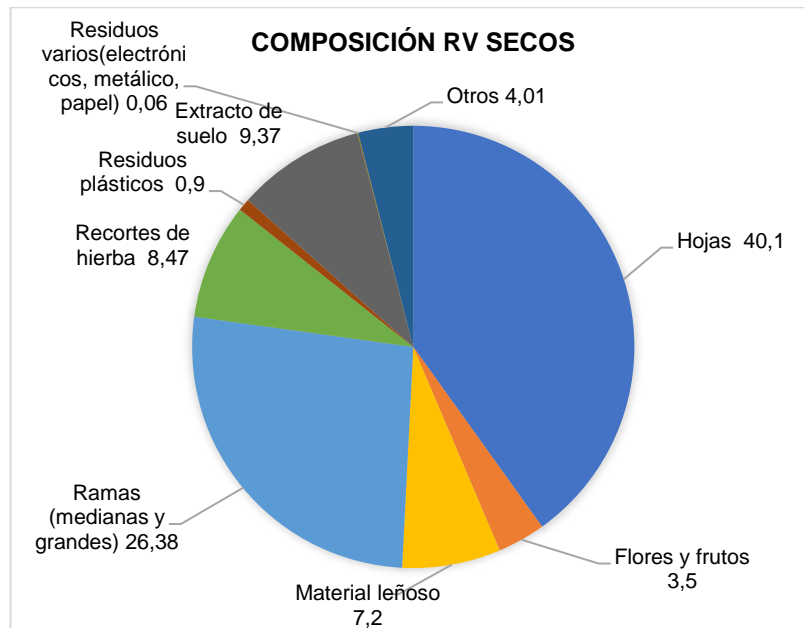
Fuente: Autor(es)

Figura K1. Composición física de muestras húmedas



Fuente: Autor(es)

Figura K2. Composición física de muestras secas



Fuente: Autor(es)