

2019

Optimización del proceso de compostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Parque Jaime Duque ubicado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca

Andrés Felipe Monroy Rivera
Universidad de La Salle, Bogotá

Laura Liliana Prada Vargas
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria



Part of the [Environmental Engineering Commons](#)

Citación recomendada

Monroy Rivera, A. F., & Prada Vargas, L. L. (2019). Optimización del proceso de compostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Parque Jaime Duque ubicado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1149

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL
PARQUE JAIME DUQUE UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ,
CUNDINAMARCA.**

ANDRÉS FELIPE MONROY RIVERA
LAURA LILIANA PRADA VARGAS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.
2019

Optimización del proceso de compostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Parque Jaime Duque ubicado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca.

ANDRÉS FELIPE MONROY RIVERA
LAURA LILIANA PRADA VARGAS

DIRECTOR
ING. JAVIER MAURICIO GONZÁLEZ DÍAZ.
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO
ESP. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS
M.Sc. GEOGRAFÍA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.

2019

Nota de aceptación

Ing. Javier Mauricio González Díaz

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a Angelita, por todos sus cariños.

A Jairo, Isa, Pacho y Dani por su apoyo y ánimo durante toda la carrera.

A Camila, por su amor y compañía incondicional.

¡Muchas gracias!

Andrés Felipe Monroy Rivera

Dedico este trabajo de grado a Harold por su apoyo incondicional durante toda la carrera.

A Aurora, Rafael y Laura por estar presentes en los momentos decisivos de mi vida académica

¡Muchas gracias!

Laura Liliana Prada Vargas

Agradecimientos

Agradecer primeramente a Dios, por permitirnos desarrollar esta investigación de forma adecuada.

A nuestras familias por ser pilares esenciales para alcanzar cada una de las metas propuestas, por brindarnos su comprensión en el transcurso de esta etapa de nuestras vidas.

Agradecer a la Universidad de la Salle por la formación recibida.

Al director del proyecto Ing. Javier Mauricio González Díaz, por ser guía y mentor para el desarrollo de este trabajo de grado, por su constante paciencia, apoyo y compartir sus conocimientos respecto al tema desarrollado.

Al Semillero de Investigación Zona crítica, por establecer el convenio con el Parque Jaime Duque, y su constante preocupación para el desarrollo del proyecto.

Agradecer al Parque Jaime Duque, por abrirnos sus puertas para el desarrollo de esta investigación, y disponer de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto. Agradecemos de manera especial al departamento de gestión ambiental, dirigido por la Ing. Daniela Campos.

Glosario

Abono orgánico: Abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada. (FAO, 2013).

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C): Es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos. (Universidad Nacional Noroeste Buenos Aires, 2017)

Contaminante: Materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, derivados químicos o biológicos, así como toda la forma de energía, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que, al incorporarse y actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento del ambiente alteran o modifican su composición o afectan la salud. (Ambientales, 2010)

Compostaje: Proceso de oxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración mínima, se convierten en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura. (NTC 5167, 2004)

Lixiviado: Es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en el proceso de degradación. (Decreto 2981, 2013)

Macronutrientes: También pueden ser llamados nutrientes proveedores de energía. La energía se mide en calorías y es esencial para el crecimiento, reparación y desarrollo de nuevos tejidos, conducción de impulsos nerviosos y regulación de procesos corporales. (FAO, 2015)

Materia Orgánica: La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado, la materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales, se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. (Ecured, 2018)

Micronutrientes: Los micronutrientes incluyen los minerales y las vitaminas. A diferencia de los macronutrientes, el organismo los requiere en cantidades muy pequeñas. Estos son extremadamente importantes para la actividad normal del cuerpo y su función principal es la de facilitar muchas reacciones químicas que ocurren en el cuerpo. Los micronutrientes no le proporcionan energía al cuerpo. (FAO, 2015)

Relación C/N: Es un valor que nos facilita saber si la composición de la biomasa es adecuada para la digestión. El carbono es utilizado por las bacterias metalogénicas como una fuente de energía mientras que el nitrógeno es utilizado para la reproducción o formación de nuevas células. (Pachón & Cepeda, 2017)

Tabla de contenido

Resumen	14
Abstract	15
Introducción	16
Objetivos	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos.....	17
1. Antecedentes	18
2. Marco teórico	21
2.1. Parque Jaime Duque.....	21
2.2. Residuos sólidos.....	23
2.3. Compostaje.....	24
2.4. Norma Técnica Colombia NTC 5167 de 2004.....	29
3. Marco Legal	31
4. Metodología	34
5. Análisis de resultados	37
5.1. Fase de diagnóstico	37
5.2. Fase experimental.....	44
5.3. Fase de finalización.....	56
6. Tecnificación del proceso – Planta de compostaje	63
6.1. Área a disponer.....	63
6.2. Infraestructura	63
6.3. Dimensiones de las pilas de compostaje	65
6.4. Equipos, instrumentos y herramientas	66

6.5. Manual de operación.....	67
6.6. Costos.....	67
6.7. Beneficios.....	72
7. Conclusiones.....	74
8. Recomendaciones.....	75
9. Bibliografía.....	76
Anexos.....	79

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Instalaciones Parque Jaime Duque.....	22
Ilustración 2: Pilas de compostaje Parque Jaime Duque.....	23
Ilustración 3: Camas de lombricultivo Parque Jaime Duque.	23
Ilustración 4: Proceso de compostaje.	26
Ilustración 5: Perfil de temperatura de una pila de compost estática.	27
Ilustración 6: Metodología.	35
Ilustración 7: Pila 1. enero 30 de 2019.....	49
Ilustración 8: Pila 2. febrero 11 de 2019.	50
Ilustración 9: Pila 3. marzo 4 de 2019.....	50
Ilustración 10: Pila 2 cubierta con plástico.	51
Ilustración 11: Termómetro Brixco.....	52
Ilustración 12: Medidor de pH y humedad Brixco.....	52
Ilustración 13: Tipos y características de los diferentes grupos de residuos orgánicos	54
Ilustración 14: Pila 1 después de 125 días.....	57
Ilustración 15: Pila 2 después de 113 días.....	57
Ilustración 16: Placa de concreto y Cárcamo de lixiviados.	63
Ilustración 17: Diseño de la planta de compostaje	64
Ilustración 18: Pila propuesta para el diseño de la planta de compostaje	66
Ilustración 19: Comparación área de compostaje.	72

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros a caracterizar NTC 5167 de 2004.	29
Tabla 2: Marco Legal	31
Tabla 3: Residuos peligrosos generados en el parque Jaime Duque.....	43
Tabla 4: Promedio de generación mensual de residuos.	45
Tabla 5: Relación C/N sustratos a utilizar.....	45
Tabla 6: Relación C/N residuos de alimentos.	46
Tabla 7: Contenidos de humedad en los sustratos.....	46
Tabla 8: Composiciones de las 3 pilas piloto.....	49
Tabla 9: Residuos compostables y sus efectos.....	54
Tabla 10: Caracterización Compostaje Pila 2	58
Tabla 11: Consideraciones generales para interpretar análisis de suelos.....	59
Tabla 12: Valores de referencia de la relación C/N.	60
Tabla 13: Comparación compostaje.....	61
Tabla 14: Comparación compostajes.	62
Tabla 15: Densidades de residuos orgánicos.....	65
Tabla 16: Propuesta económica Planta de Compostaje.....	68
Tabla 17: Cotización Instrumentos de Medición	70
Tabla 18: Cotización trituradora de residuos orgánicos.....	70
Tabla 19: Cotización herramientas y materiales.	71

Índice de gráficos

Gráfico 1: Residuos compostados Mes: Julio 2018.	41
Gráfico 2: Residuos compostados Mes: Agosto 2018.	41
Gráfico 3: Residuos compostados Mes: Septiembre 2018.	42
Gráfico 4: Control de temperatura en las tres pilas piloto.....	53
Gráfico 5: Control de humedad en las tres pilas piloto.	55
Gráfico 6: Control de pH en las tres pilas piloto.	56

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Contenido de agua en cada residuo.	46
Ecuación 2: Contenido de materia seca en cada residuo.....	46
Ecuación 3: Contenido de nitrógeno en cada residuo.	46
Ecuación 4: Contenido de carbono en cada residuo.....	46
Ecuación 5: Cálculo relación C/N.....	47

Índice de anexos

Anexo 1: Residuos compostados en los meses de julio, agosto y septiembre 2018.	79
Anexo 2: Contenido de carbono y nitrógeno en residuos de alimentos sin preparar.	80
Anexo 3: Control de parámetros realizado en las pilas piloto.....	81
Anexo 4: Análisis del compostaje producido en la pila piloto 2. Informe de laboratorio.	82
Anexo 5: Análisis del compostaje producido por el Parque Jaime Duque.	83
Anexo 6: Ficha técnica compost TenZEL®.....	84
Anexo 7: Plano planta de compostaje.	85
Anexo 8: Manual de operación planta de compostaje.....	86
Anexo 9: Cotizaciones.	87

Resumen

Se realizó un estudio experimental, de enfoque cuantitativo, con el objetivo de optimizar el proceso de compostaje que se lleva a cabo en el Parque Jaime Duque, ubicado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, el cual no se desarrolla de forma controlada y tecnificada.

Durante el desarrollo del proyecto se desarrolló un diagnóstico de la gestión integral de residuos sólidos al interior del Parque, logrando identificar un promedio mensual de generación de residuos orgánicos de 6887 kg/mes aprovechados en el proceso de compostaje, mayoritariamente se trata de la poda de césped, alimentos sin preparar provenientes de los restaurantes al interior del parque y hojas secas de los árboles. Dichos residuos fueron analizados para determinar el contenido de carbono, nitrógeno y humedad, y así poder establecer las cantidades de residuos necesarias para conformar tres pilas piloto con distintas relaciones C/N, de acuerdo a la ecuación de Tchobanoglous. Durante todo el proceso se hizo seguimiento a los parámetros de temperatura, humedad y pH de las pilas piloto.

Al cabo de 113 días, únicamente la pila piloto 2 degradó adecuadamente los residuos orgánicos, produciendo compostaje, del cual se extrajo una muestra representativa y fue enviada al laboratorio para su análisis. Dichos resultados fueron comparados con los estándares de calidad establecidos en la NTC 5167 de 2004 para abonos orgánicos, determinando que el compostaje producido en la pila piloto 2 no es apto para su certificación ante el ICA. De igual forma, se analizó el compostaje producido por el Parque Jaime Duque, el cual tiene un bajo contenido en nutrientes e incumple los estándares de calidad de la NTC 5167 de 2004.

Debido a que las condiciones actuales en las que se está desarrollando el proceso de compostaje, no permite obtener un producto final de calidad, se propone la construcción de una planta de compostaje al interior del Parque, lugar en el cual es posible controlar variables como tamaño de partícula de los residuos, relación C/N, contenido de humedad, disponibilidad de oxígeno, temperatura y pH, además de proteger las pilas de compostaje de condiciones ambientales como cambios extremos de temperatura y fuertes precipitaciones, acorta los tiempos de producción y garantiza las condiciones ideales para obtener un compostaje de óptima calidad.

Palabras clave: Compostaje, Parque Jaime Duque, Residuos orgánicos, Relación C/N.

Abstract

An experimental study was carried out, with a quantitative approach, with the objective of optimizing the compost process in the Jaime Duque Park, located in the municipality of Tocancipá, Cundinamarca, which is not developed in a controlled and technified manner.

During the development of the project a diagnosis was made of the integral management of solid waste inside the Park, identifying a monthly average of organic waste generation of 6887 kg/month used in the composting process, mostly it is the pruning of grass, unprepared food from restaurants inside the park and dried leaves from the trees. These residues were analyzed to determine the content of carbon, nitrogen and moisture, and thus be able to establish the quantities of waste necessary to form three pilot piles with different C/N ratios, according to the Tchobanoglous equation. Throughout the process the temperature, humidity and pH parameters of the pilot piles were monitored.

After 113 days, only pilot pile 2 degraded organic waste, producing compost, from which a representative sample was taken and sent to the laboratory for analysis. These results were compared with the quality standards established in NTC 5167 of 2004 for organic fertilizers, determining that the composting produced in pilot pile 2 is not suitable for ICA certification. Similarly, the composting produced by Jaime Duque Park was analyzed, which has a low nutrient content and does not meet the quality standards of NTC 5167 of 2004.

Due to the fact that the current conditions in which the composting process is being developed, does not allow obtaining a final quality product, it is proposed to build a composting plant inside the Park, where it is possible to control variables such as size of waste particle, C/N ratio, moisture content, oxygen availability, temperature and pH, in addition to protecting compost piles from environmental conditions such as extreme temperature changes and heavy rainfall, it shortens production times and guarantees the ideal conditions to obtain an optimum quality composting.

Keywords: Compost, Jaime Duque Park, Organic Waste, C/N Ratio.

Introducción

El parque Jaime Duque se encuentra localizado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca. Debido a las actividades de recreación que realizan y la alta afluencia de público, se considera que es un gran generador de residuos sólidos, los cuales se aprovechan de la mejor manera.

El objetivo del proyecto es la optimización, seguimiento y caracterización del proceso de compostaje que actualmente se lleva a cabo en el parque Jaime Duque, ya que no se desarrolla de manera tecnificada y controlada, generando impactos en el lugar donde se realiza, implicando largos tiempos de producción, y se desconoce la calidad del producto final, el cual es utilizado en actividades de revegetación dentro del parque.

En primera medida, es necesario realizar un diagnóstico de la gestión de residuos sólidos en el parque Jaime Duque, de esta forma se identifican los residuos orgánicos y sus cantidades a compostar.

En seguida, se establecen tres pilas piloto con composiciones de sustratos diferentes, en las cuales se controlará la descomposición de la materia orgánica, a través de parámetros como temperatura, humedad, pH y relación C/N.

Finalmente, a través de análisis de laboratorio, se evalúa la calidad del compostaje realizado, comparándolo con los valores establecidos en la NTC 5167 de 2004 sobre abonos y fertilizantes orgánicos, eligiendo la mejor composición de sustratos que se adapte a las necesidades del parque Jaime Duque.

A través de este proyecto se busca obtener un compostaje de alta calidad, en un menor tiempo, estableciendo sus propiedades fisicoquímicas según la NTC 5167 de 2004 y reduciendo los impactos generados por la descomposición de la materia orgánica.

Objetivos

Objetivo general

Optimizar el proceso de compostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el parque Jaime Duque de acuerdo con la norma NTC 5167 de 2004.

Objetivos específicos

Conocer la gestión de residuos sólidos en el parque Jaime Duque para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante el proceso de compostaje.

Establecer la mejor relación de sustratos orgánicos, para obtener un compostaje de calidad de acuerdo con la norma NTC 5167 de 2004.

Tecnificar el actual proceso de compostaje del parque Jaime Duque con el fin de alcanzar los estándares establecidos en la norma NTC 5167 de 2004.

1. Antecedentes

En Colombia, especialmente en el Departamento de Cundinamarca el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos se ve como un proceso aislado dentro del servicio público de aseo (SSPD, 2008).

En el año 2012 se realizó un estudio con el fin de aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en el Parque de los Novios ubicado en la ciudad de Bogotá D.C, mediante la técnica de compostaje, a su vez se evaluó la calidad del compost obtenido después de terminado el proceso de la degradación del material aprovechable. En el desarrollo de este proyecto se elaboró un diagnóstico de las fuentes de generación, una descripción detallada de los tipos de residuos generados; a través de un análisis de laboratorio se determinaron las características fisicoquímicas de dichos residuos (pH, porcentaje de humedad, Carbón, Nitrógeno, entre otras). Con esta información se logró establecer la cantidad de residuos requeridos para realizar la prueba experimental en condiciones controladas, teniendo una relación Carbono/Nitrógeno de entrada de 20:1 por medio de la ecuación de Tchobanoglous. El residuo de mayor generación en el Parque de los Novios es la Egeria densa (Elodea), con una cantidad promedio de 38 toneladas mensuales. Se realizó un análisis de laboratorio al compost obtenido y se compararon los resultados con los parámetros expuestos por la NTC 5167 (sobre abonos y fertilizantes orgánicos); el resultado es relevante, ya que ha cumplido con todos los requerimientos, excepto el de fosforo, exigido por la norma. (Gómez, Malagón, & González, 2012)

En el año 2015 se realizó la Comparación entre la técnica Bokashi y el equipo Earth Green SAC100 para la obtención de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados en la Universidad de la Salle sede Candelaria, en el desarrollo de este documento se define la composición de las dos técnicas y los conceptos que cada una necesita desarrollar. Con el trabajo

de grado “aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados en la Universidad de la Salle sede centro mediante el compostador Earth Green SAC – 100” (Montealegre Garzón & Loaiza Cordero, 2015) se implementará nuevamente el trabajo elaborado por las autoras y se tendrá como objetivo principal mantener la relación C/N (25:1), no solo para el equipo Earth Green SAC 100 sino también para la técnica Bokashi. Se hará un control a parámetros como temperatura y pH, los cuales serán de vital importancia para llevar a cabo un estricto seguimiento al rendimiento de cada técnica y además para evaluar mediante la elaboración de curvas de pH, temperatura y análisis de laboratorio cuál de los dos abonos obtenidos tiene un mejor rendimiento o semejante, en mayor proporción a lo exigido por los parámetros de la NTC 5167. (Gómez & Hernandez, 2015)

En el año 2016 se realizó una Evaluación de microorganismos efectivos (EM) en la descomposición y mineralización de la materia orgánica proveniente de desechos agrícolas en la zona de Babahoyo, Ecuador. El concepto de EM, se refiere a una mezcla de varios microorganismos benéficos tanto aerobios como anaerobios, estos compuestos aceleran la descomposición de los desechos orgánicos por medio de un proceso de fermentación. Se investigó seis tratamientos y tres repeticiones; con parcelas de 0,8 metros cúbicos. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, empleando la prueba de Tukey para la evaluación de medias. Los resultados demuestran que con el uso de material vegetal sin estiércol y con aplicación de 1,0 L de EM, aumenta la descomposición de los residuos y activan a los microorganismos habitantes del sustrato, obteniendo un compost de mejor calidad, por último se observó aumentos de temperatura con el empleo del estiércol solo, esto disminuye la degradación del material y la calidad bioquímica del mismo. (Ledesma & Sánchez, 2016)

Posteriormente para el año 2016 se determinó la mezcla óptima para compostaje aerobio a partir de residuos sólidos orgánicos urbanos, para ello se enfocó en realizar la determinación por medio de búsqueda bibliográfica y estimaciones de la mezcla óptima para compostaje aerobio a partir de residuos sólidos orgánicos urbanos, y además compensar a estos con otros materiales de origen vegetal o animal. Para de esta manera utilizarlo como abono con un valor agregado para el medio ambiente. Este proceso se realiza utilizando como fuente de inóculo los microorganismos presentes en el estiércol de ganado vacuno, los cuales son los encargados de digerir todos los residuos que se encuentran presentes en la pila de compostaje. Se utilizaron como datos los resultados obtenidos por algunos autores, para determinar el compost aerobio, los cálculos se realizaron aplicando balances de materia. Los resultados obtenidos a través de cálculos matemáticos permitieron establecer las cantidades óptimas de residuos para cumplir la relación carbono nitrógeno de 25-30, los cuales son: 1,3 Tm de residuos sólidos orgánicos urbanos; 0,136 Tm de inóculo de estiércol de ganado vacuno, 0,518 Tm de hojarasca y 0,046 Tm de aserrín, cantidades que corresponden a un 65%; 6,8%; 25,9% y 2,3% respectivamente. Así mismo, para este tipo de relación carbono nitrógeno, el contenido de humedad fue de 55%, valor que se encuentra dentro de los rangos óptimos de operación. Además, se determinaron las dimensiones de la pila para el compost, los cuales fueron de 2 metros de ancho, 1,5 metros de alto y una longitud de 1,04 metros. (Carchi & Tanya, 2016)

2. Marco teórico

El crecimiento acelerado de la población mundial ha traído consigo un aumento en la producción de residuos sólidos, debido al mayor consumo de bienes y servicios, para satisfacer las necesidades básicas de todos los habitantes del planeta. (Banco Mundial, 2018)

El incremento en la cantidad de residuos sólidos en el mundo ha obligado al desarrollo de nuevas técnicas para la disposición final de estos y la creación e implementación de programas para el aprovechamiento y reciclaje de materiales orgánicos e inorgánicos. (Banco Mundial, 2018)

Debido a las actividades de recreación que realiza el Parque Jaime Duque y la alta afluencia de público, se considera que es un gran generador de residuos sólidos, el objetivo del proyecto es optimizar el proceso de compostaje que se lleva al interior de sus instalaciones.

2.1. Parque Jaime Duque

El Parque Jaime Duque es un complejo cultural, ambiental y social regentado por dos instituciones sin ánimo de lucro, que comparten una misión, una visión y unos valores pero que cumplen funciones diferentes, aunque complementarias en dos espacios físicos en el Municipio de Tocancipá divididos por la vía que de Briceño conduce a Zipaquirá.

El complejo Parque Jaime Duque trabaja alrededor de un nuevo concepto de conservación, considerando la conservación del patrimonio cultural y natural como un derecho colectivo y un deber constitucional de todos los colombianos. Su relación con la salud y la vida hace de ello un derecho fundamental y por ende su defensa es un tema que le compete a toda la sociedad. (Parque Jaime Duque, 2017)

Se encuentra ubicado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca en el kilómetro 34 de la Autopista Norte, en la latitud $4^{\circ}56'52''N$ y longitud $73^{\circ}57'47''O$, con una altitud media de 2605 msnm. El Parque cuenta con 68 hectáreas, dividido en cinco grandes zonas: Jardín de los Monumentos, Paseo de la Cultura, Plaza de Juegos, Puerto Caribe y Bioparque Wakatá.



Ilustración 1: *Instalaciones Parque Jaime Duque*
Fuente: *Google Earth, 2019.*

Dentro de las instalaciones del Parque se cuenta con un área destinada para el aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de procesos de lombricultura y compostaje.



Ilustración 2: Pilas de compostaje Parque Jaime Duque.
Fuente: Autores.



Ilustración 3: Camas de lombricultivo Parque Jaime Duque.
Fuente: Autores.

2.2. Residuos sólidos

Se entiende por residuo sólido cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los

residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables. (Decreto 2981, 2013)

Residuo aprovechable

Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo. (Decreto 2981, 2013)

Residuos sólidos orgánicos

Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada. (Dante, 2001)

Residuos Peligrosos

Es aquel residuo o desecho que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radioactivas pueden causar riesgo a la salud humana y al ambiente. Así mismo se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos. (Decreto 1076, 2015).

2.3. Compostaje

Es un proceso biológico que transforma la materia orgánica en humus (abono orgánico) debido a la actividad de los microorganismos que se desarrollan espontáneamente. Los principales organismos implicados en la transformación biológica anaerobia de los residuos orgánicos son bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos.

Este proceso permite obtener un producto rico en materiales humificables, sales minerales y microorganismos beneficiosos para mejorar la estructura de los suelos y la vida de los vegetales. (Pineda, 1998)

Objetivos del compostaje.

- Transformar materiales orgánicos biodegradables en materiales biológicamente estables y reducir el volumen original de los residuos sólidos.
- Destruir gérmenes, patógenos, huevos de insectos y otros organismos no requeridos para que pueden estar presentes en los residuos sólidos
- Retener el máximo contenido nutricional, sobre todo de nitrógeno, fosforo y potasio.
- Elaborar un producto que se pueda utilizar para soportar el crecimiento de plantas y como enmienda en el suelo.

Fases del proceso de compostaje

Mesófila: es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos, siendo las primeras quienes inician al proceso por su gran tamaño; ellas se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 grados centígrados. (Jaramillo, 2005)

Termófila: en esta fase la temperatura sube a 40 a 60 grados centígrados, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas, e inician la degradación los organismos termófilos. En los seis (6) primeros días la temperatura debe llegar y mantenerse a más de 40 grados centígrados a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no crecen por estar esporulados. En esta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas y, escasamente la lignina y la celulosa; también se desarrolla en estas condiciones numerosas bacterias formadoras de esporas y actinomicetos. (Jaramillo, 2005)

Enfriamiento: La temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los

hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa. (Jaramillo, 2005)

Maduración: la maduración puede considerarse como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 20 días en esta fase. (Jaramillo, 2005)

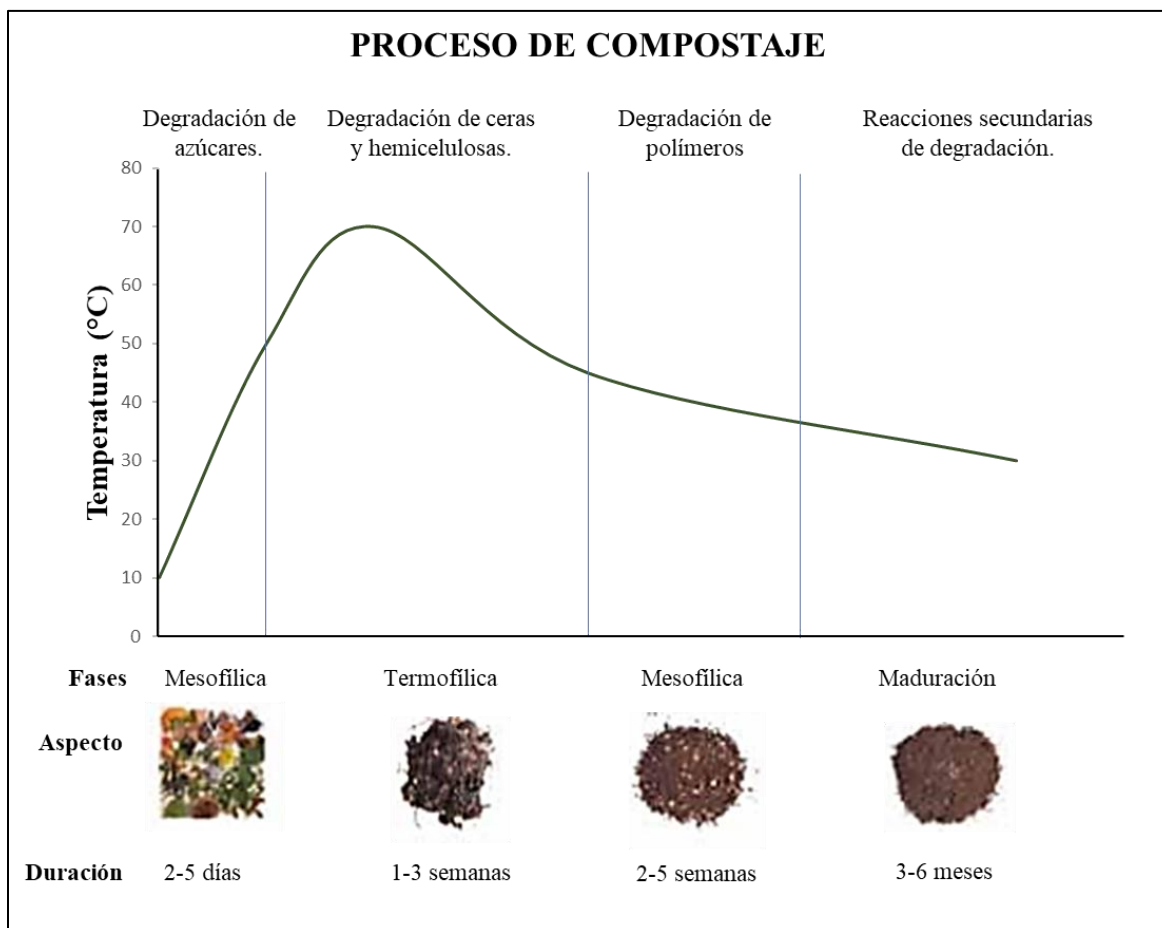


Ilustración 4: Proceso de compostaje.

Fuente: (FAO, 2013)

Condiciones del proceso de compostaje

En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo afectarán también sobre el proceso. Los factores más importantes que intervienen en este proceso

biológico son: temperatura, humedad, pH, Oxígeno, relación C/N y población microbiana. (Jaramillo, 2005)

Temperatura: Las fases mesófila y termófila del proceso, mencionadas anteriormente, tienen un intervalo óptimo de temperatura. Se ha observado que las velocidades de crecimiento se duplican aproximadamente con cada subida de 10 grados centígrados de temperatura, hasta llegar a la temperatura óptima. En la ilustración 5 se muestra un área de color rojo, es el lugar donde se alcanzan temperaturas más altas, a partir de este nivel se empiezan a eliminar microorganismos patógenos dándose el proceso de sanitización ayudados adicionalmente por los antibióticos producidos por algunos microorganismos que favorecen su eliminación. Hacia los 70 °C grados centígrados se inhibe la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de los microorganismos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el agotamiento de nutrientes, disminuyendo los microorganismos y la temperatura. (Jaramillo, 2005)

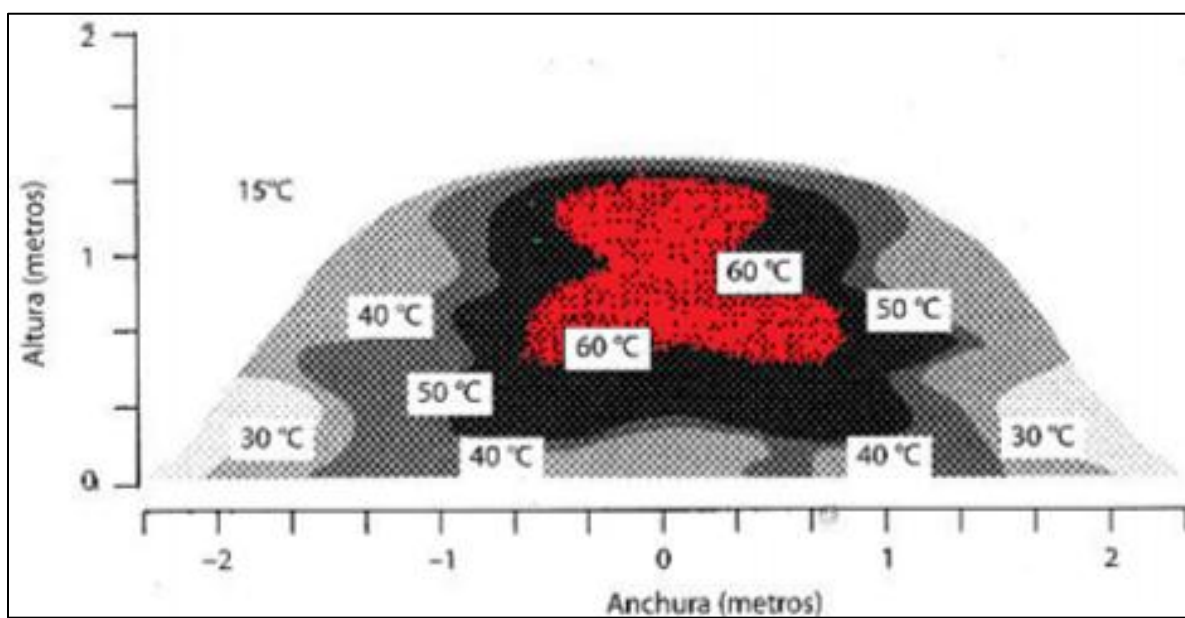


Ilustración 5: Perfil de temperatura de una pila de compost estática.

Fuente: (Jaramillo, 2005)

Humedad: en el compostaje es importante evitar la humedad elevada ya que cuando está muy alta, el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza y el proceso pasa a ser anaerobio. Por otro lado, si la humedad es muy baja, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retarda. Se consideran niveles óptimos de humedades entre 40% - 60%, éstos dependen de los tipos de material a utilizar. (Jaramillo, 2005)

pH: el compostaje permite un amplio intervalo de pH (3.0 – 7.0), sin embargo, los valores óptimos están entre 5.5 y 7.0, porque las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro. La NTC 5167 de 2004 dice que, si el producto se disuelve en agua, su disolución no debe desarrollar pH alcalino es decir mayor de 7. (ICONTEC, 2004)

Oxígeno: los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para que se dé el proceso aerobio, esto se logra mediante la aireación. Si se garantiza el oxígeno necesario para que se desarrolle el proceso, se puede obtener un compost rápido y de buena calidad, evitándose problemas de malos olores. (Jaramillo, 2005)

Nutrientes: una relación C/N de 20 – 35 es la adecuada al inicio del proceso; pero si esta relación es muy elevada, se disminuye la actividad biológica porque la materia orgánica a composta es poco biodegradable por lo que la lentitud del proceso no se deberá a la falta de nitrógeno sino a la cantidad de carbono. (Jaramillo, 2005)

Tamaño de partículas: el tamaño de partículas no debe ser ni muy fina ni muy gruesa, porque si es muy fina, se obtiene un producto apelmazado, lo que impide la entrada de aire al interior de la masa y no se llevará a cabo una fermentación aerobia completa. Si las partículas son muy grandes,

la fermentación aeróbica tendrá lugar, solamente en la superficie de la masa triturada. Aunque el desmenuzamiento del material facilita el ataque microbiano, no se puede llegar al extremo de limitar la porosidad, es por ello que se recomienda un tamaño de partícula de 1 a 5 cm. (Jaramillo, 2005)

2.4. Norma Técnica Colombia NTC 5167 de 2004

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas de suelo. (ICONTEC, 2004). A continuación, se presentan los parámetros a caracterizar y sus valores de referencia para cada uno de ellos.

Tabla 1: *Parámetros a caracterizar NTC 5167 de 2004.*

Parámetro	Valor de referencia
*Pérdidas de volatilización	%
*Contenido de cenizas	Máximo 60%
	Para materiales de origen animal
	Máximo 20%
	Para materiales de origen vegetal
*Contenido de humedad	Máximo 35%
	Para mezclas
	El contenido de humedad estará dado por el origen del material predominante.
Contenido de carbono orgánico oxidable total	Mínimo 15%
N, P ₂ O ₅ y K ₂ O totales	Declararlos si cada uno es mayor de 1%
Relación C/N	-
Capacidad de intercambio catiónico	Mínimo 30 (meq/100 g)
Capacidad de retención de humedad	Mínimo 100%
pH	Mayor a 4 y menor a 9
Densidad máxima	0.6 g/cm ³
Arsénico	41 ppm
Cadmio	39 ppm

Tabla 1: *Parámetros a caracterizar NTC 5167 de 2004. (continuación)*

Parámetro	Valor de referencia
Cromo	200 ppm
Mercurio	17 ppm
Níquel	420 ppm
Plomo	300 ppm

Fuente: (ICONTEC, 2004), Adaptado por autores.

3. Marco Legal

En el desarrollo del proyecto intervienen directa o indirectamente las siguientes normas:

Tabla 2: *Marco Legal*

Tipo de Norma	No. Norma	Año y quien lo expidió	Tema por tratar	Pertinencia
CONPES	3874	2016 Departamento Nacional de Planeación	– Establece la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Se plantean ejes estratégicos para el tratamiento de los residuos sólidos y establece metas para el año 2030, sustituyendo la economía lineal por economía circular.
Decreto	2981	2013 Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	– Se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.	Este decreto establece los lineamientos para la clasificación de residuos para su correcto aprovechamiento y disposición final.
Norma Técnica Colombiana	NTC 5167	2011 – ICONTEC	Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo	A través de esta norma, el ICONTEC establece los parámetros fisicoquímicos para garantizar la calidad en abonos y fertilizantes orgánicos.

Tabla 2: Marco Legal (continuación)

Tipo de Norma	No. Norma	Año y quien lo expidió	Tema por tratar	Pertinencia
Norma Técnica Colombiana	NTC ISO 8633	1995 – ICONTEC	Fertilizantes sólidos. Método de muestreo simple para lotes pequeños	A través de esta norma, el ICONTEC se define un plan de muestreo para el control de las cantidades de fertilizante sólido de máximo 250 toneladas y presenta un método para emplear. Se debe tener en cuenta que se aplica a todos los fertilizantes sólidos a granel o empacados.
Norma Técnica Colombiana	NTC 1927	2012 – ICONTEC	Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionador de suelos, definiciones, clasificación y fuentes de materias primas	A través de esta norma, el ICONTEC tiene por objeto definir los términos relacionados con fertilizantes, acondicionadores del suelo, fuentes de materias primas, y sus clasificaciones.

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

En el CONPES 3874 de 2016 se establecen cuatro ejes temáticos los cuales buscan adoptar medidas encaminadas hacia la prevención en la generación de residuos; la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y evitar la generación de gases de efecto invernadero. El Parque Jaime Duque a través de sus programas de educación ambiental previene la generación de residuos, promueve el aprovechamiento de materiales, y a través del compostaje y lombricultivo disminuyen los residuos a disponer en el relleno sanitario.

En el decreto 2981 de 2013 se reglamenta el servicio público de aseo en Colombia, establece los lineamientos para la clasificación de residuos para su correcto aprovechamiento y disposición final. Interviene de forma indirecta en el proyecto, definiendo las condiciones para la prestación del servicio de aseo, frecuencias de recolección, tarifas, etc.

La NTC 5167 de 2011 interviene de forma directa en el proyecto, a través de esta norma se establecen los parámetros de calidad a garantizar en abonos y fertilizantes orgánicos, servirá para comparar el compost producido por el Parque Jaime Duque y el compost producido en el desarrollo del proyecto.

La toma de muestras de compost para su posterior envío a laboratorio y análisis se lleva a cabo bajo lo establecido en la NTC 8633 de 1995. Adicionalmente la NTC 1927 de 2012 define la clasificación de los diferentes fertilizantes y acondicionadores de suelo, y su posterior uso de acuerdo a sus características de calidad.

4. Metodología

Para cumplir los objetivos planteados, se realizó investigación cuantitativa, de forma secuencial y experimental, para la recolección de datos y su posterior análisis.

El proyecto se desarrolló en las instalaciones del Parque Jaime Duque, en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, con el objetivo principal de optimizar el proceso de compostaje que se lleva a cabo en el parque, a través del análisis de la producción de residuos, implementado tres pilas piloto con diferentes composiciones y relaciones C/N, con el fin de evaluar la eficiencia de cada pila y la calidad del compost obtenido en cada una de ellas de acuerdo a la Norma Técnica Colombia 5167 de 2004.

A continuación, se presentan las tres fases en las cuales se desarrolló el proyecto:

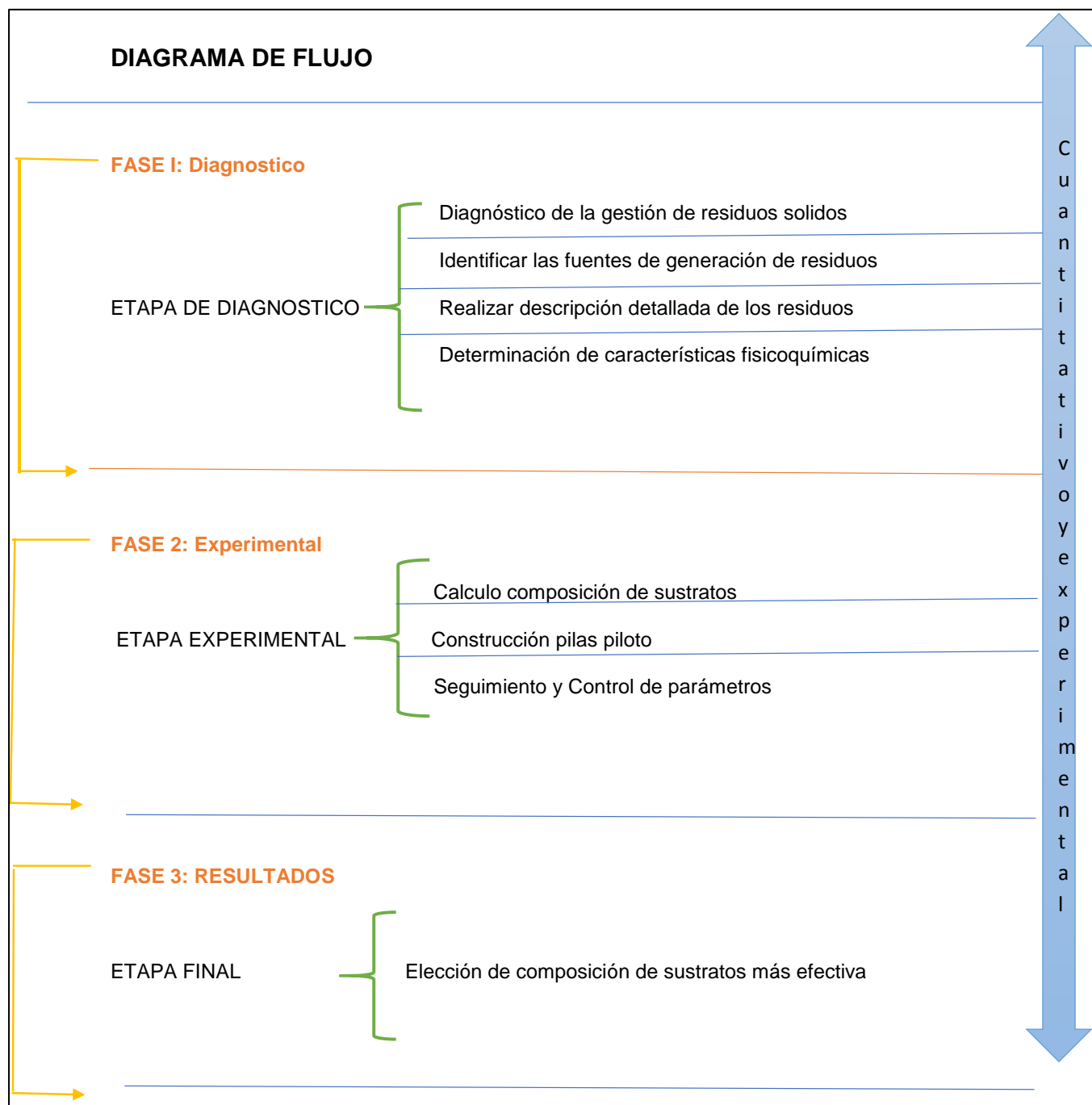


Ilustración 6: Metodología.
Fuente: Autores, 2019.

Fase I: Diagnóstico

En la primera etapa del proyecto, se diagnosticó la gestión de residuos sólidos en el Parque Jaime Duque, con el fin de establecer los porcentajes de aprovechamiento. Para esto, fue necesario establecer las fuentes de generación, realizar una descripción detallada de los

residuos generados, incluyendo la determinación de características fisicoquímicas (pH, porcentaje de humedad, carbón y nitrógeno), y su cuantificación.

Fase II: Experimental

Una vez identificados los residuos, se procedió a realizar los cálculos de composición de sustratos, garantizando una adecuada relación carbono/nitrógeno para el desarrollo del compostaje. Se planteó la construcción de tres pilas piloto de 1,5 metros de largo, 1 metro de ancho, y 0,8 metros de altura, a las cuales se les hará control de temperatura, humedad y pH.

Fase III: Finalización

Una vez obtenido el compost de las tres pilas piloto, se procedió a realizar el análisis fisicoquímico, en un laboratorio certificado por el ICA, para determinar la calidad del producto final de acuerdo con la NTC 5167 de 2004.

5. Análisis de resultados

5.1. Fase de diagnóstico

Dentro de la gestión integral de residuos sólidos generados en el Parque Jaime Duque se encuentra el proceso de compostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Se conforman máximo 4 pilas de 20 m de longitud, 2 m de ancho, y 2 m de altura, en las cuales se depositan residuos provenientes de las cocinas de los restaurantes (cascaras frutas y verduras); restos de poda, hojas secas, excrementos de animales, buchón de agua, entre otros. Estos residuos orgánicos son agregados a las pilas sin ninguna cuantificación, adicionalmente, no se hace seguimiento a los parámetros de temperatura, pH y humedad, desconociendo la calidad del compost producido.

A continuación, se presentan los tipos de residuos generados y el tratamiento recibido para su correcta disposición final:

i. Ordinarios

Dentro de los residuos ordinarios que se generan en las diferentes áreas del Parque Jaime Duque se encuentran papeles sanitarios, servilletas sucias, empaques de golosinas, productos de icopor, elementos de aseo deteriorados, pañales, lonas deterioradas, trapos, bolsas de cemento, útiles escolares deteriorados, entre otros.

Para la recolección de los residuos sólidos se tienen diseñadas tres microrutas al interior del parque, las cuales dos operarios recorren con un planchón y lonas de gran tamaño, recogiendo los residuos depositados en contenedores instalados a lo largo y ancho del parque, una vez terminada cada microruta los operarios se dirigen al centro de acopio temporal de residuos, en donde otros dos operarios son los encargados de realizar la respectiva separación de acuerdo al tipo de material.

Después de realizar el proceso de separación, los residuos ordinarios son depositados en contenedores de 5 m³, para su posterior recolección por parte de la Empresa de Servicios Públicos de Tocancipá S.A ESP los días lunes, miércoles y viernes, quienes utilizando un vehículo compactador transportan los residuos hasta el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo, a 57 km de distancia.

ii. Aprovechables

Todos los residuos llegan hasta el centro de acopio temporal, en este lugar dos operarios se encargan de la separación de todos los materiales aprovechables: papel, cartón, plástico, aluminio, envases tetra pack y vidrio, dichos materiales son almacenados en diferentes centros de acopio, hasta obtener una cantidad considerable para su comercialización. En el año 2017 se recuperaron 35,25 toneladas. (Parque Jaime Duque, 2017). A continuación, se describen las áreas al interior del Parque en donde se genera cada tipo de residuo:

Papel y Cartón

Estos materiales aprovechables se generan en actividades de mantenimiento, funciones administrativas, correspondencia, diligenciamiento de bitácoras de trabajo, entre otras.

El papel es almacenado en lonas, dentro de un lugar limpio y seco; el cartón es separado del resto de materiales, amarrado y almacenado.

Plástico

La gran mayoría del plástico generado al interior del parque Jaime Duque corresponde a botellas PET, provenientes de las bebidas que consumen los visitantes, las cuales son separadas de acuerdo a su color, se comprimen, se almacenan en big bags y se llevan al centro de acopio para

material plástico. De igual forma, las tapas de las botellas son recuperadas y almacenadas por aparte.

Aluminio

Las latas de aluminio provienen principalmente de las zonas de comidas, una vez son separadas del resto de residuos aprovechables son comprimidas y almacenadas en big bags, para su posterior comercialización.

Envases Tetra Pack

Los envases Tetra Pack son recuperados, se les retira el pitillo plástico que contienen en su interior, se comprimen y se almacenan para comercializar.

Por motivos de confidencialidad de la información, el Parque Jaime Duque no suministró la composición exacta de los residuos aprovechables.

iii. Orgánicos

Los residuos orgánicos se aprovechan a través de dos procesos: lombricultivo y compostaje, para generar humus y compost, estos dos productos son utilizados dentro del Parque Jaime Duque para las labores de jardinería, así como la siembra de reserva forestal.

- **Compostaje**

El método que se maneja es uno de los más beneficiosos y sencillos, el compostaje por pilas, está construido directamente sobre el suelo, donde se van depositando por capas los diferentes residuos, formando una pila. Es un sistema ideal para grandes volúmenes de residuos orgánicos ya que facilita la mezcla de los materiales, la aireación, el volteo y el riego de la pila.

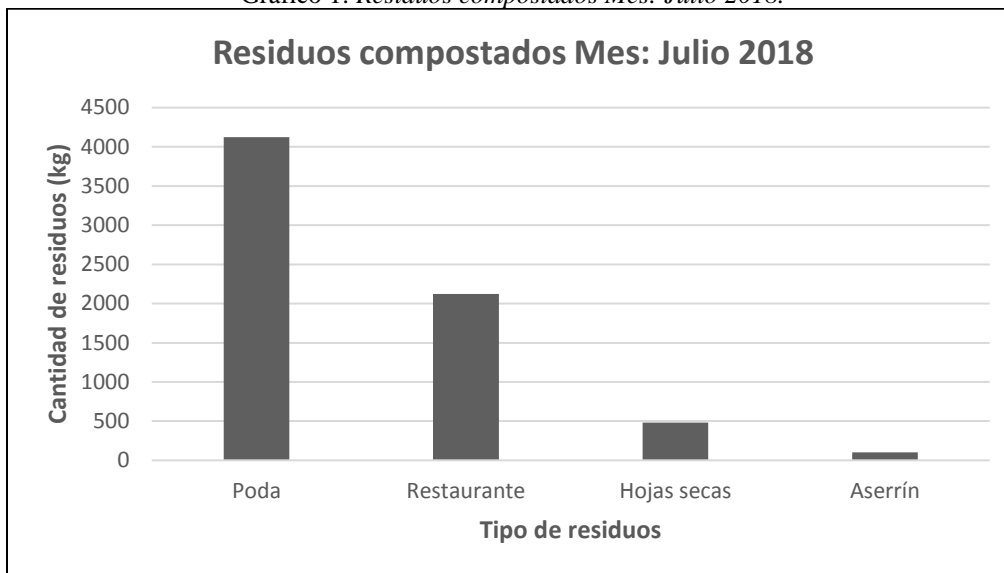
En el parque Jaime Duque se cuentan con 3 pilas, cada una de 20 metros de largo por 4 metros de ancho y 1,70 metros de altura, ubicadas al lado del lombricultivo detrás del Edificio el Cóndor.

A estas pilas llegan todos los residuos de podas, buchón de agua, algas, ramas, hojas secas, barrido, estiércol de pony, aserrín, residuos de comida de restaurantes, vasos y platos biodegradables. Diariamente se agregan microorganismos eficientes para acelerar el proceso de descomposición de los residuos. Al finalizar el proceso de conformación de las pilas, se ubica una cobertura de plástico sobre estas, se introducen tubos de PVC para la liberación de gases producidos y mensualmente se realiza el volteo de cada pila para favorecer el proceso de aireación. En promedio, cada pila de compostaje tarda 10 meses en terminar el proceso de descomposición.

Actualmente no se lleva un control técnico del proceso de compostaje, no se tiene en cuenta la relación C/N de los residuos, no se hace seguimiento a variables como pH, temperatura y humedad, y se desconoce la calidad del compost producido.

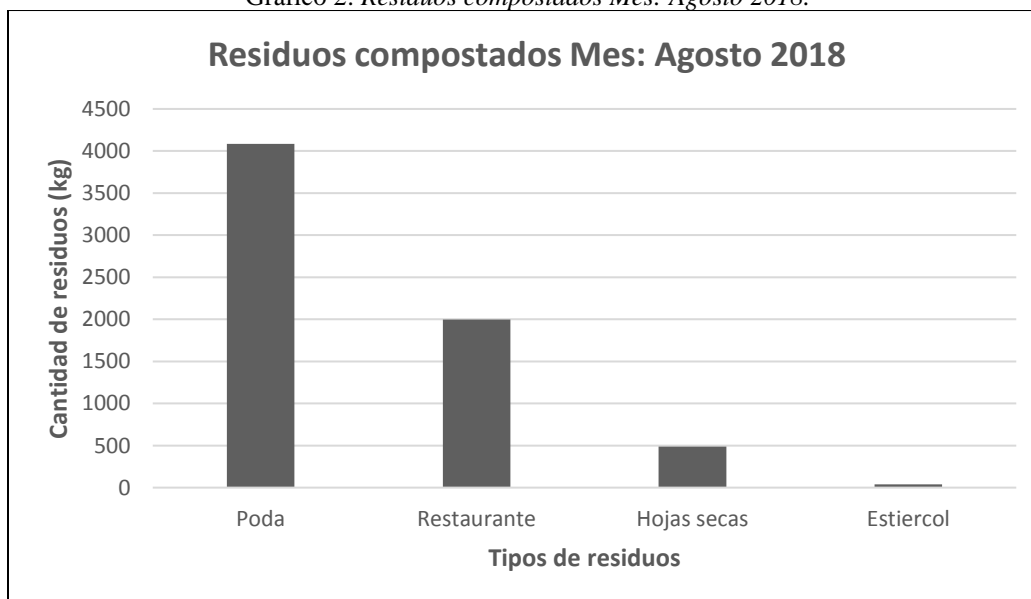
La cantidad de residuos que ingresaron en el 2017 al proceso de compostaje fueron 88,67 toneladas y se convirtieron en compost 74,82 toneladas para mezclar con tierra negra y abonar las zonas verdes del Parque. (Parque Jaime Duque, 2017)

Durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2018 se llevó a cabo la cuantificación de los residuos orgánicos a disponer en el proceso de compostaje (ver Anexo 1), obteniendo los siguientes resultados:

Gráfico 1: *Residuos compostados Mes: Julio 2018.*

Fuente: Autores.

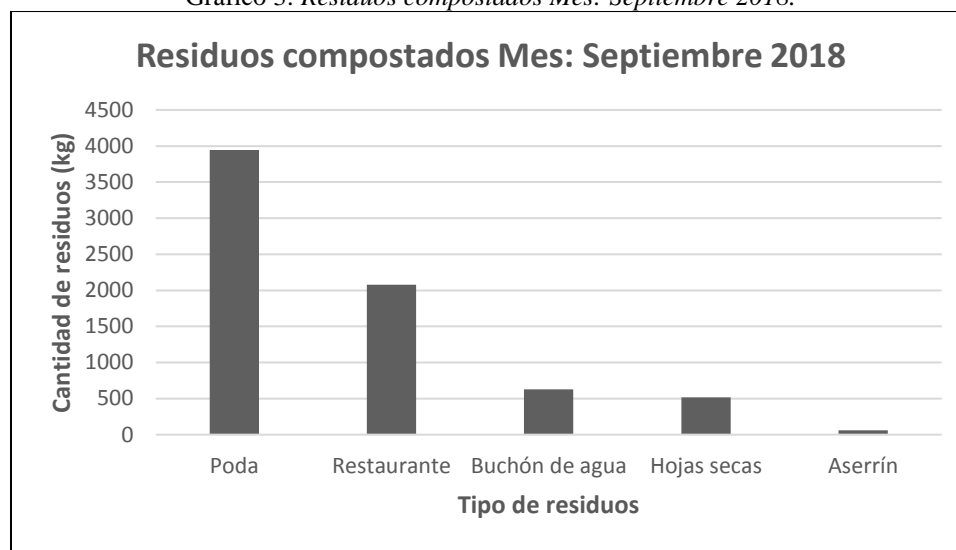
En el mes de julio de 2018 se registraron un total de 6831 kg de residuos orgánicos a disponer en el proceso de compostaje de los cuales el 60.4% corresponde a restos de poda, 31.1% residuos de restaurante (alimentos sin preparar), 7.1% de hojas secas recogidas en el barrido de las zonas verdes y tan solo 1.5% corresponde a aserrín proveniente del Bioparque Wakatá, el cual es utilizado para la recolección de orina y heces de ciertos animales.

Gráfico 2: *Residuos compostados Mes: Agosto 2018.*

Fuente: Autores.

Durante el mes de agosto de 2018 ingresaron al proceso de compostaje 6605 kg de residuos orgánicos, con un comportamiento similar al del mes anterior: 61.8% corresponde a restos de poda, el 30.2% a residuos de alimentos sin preparar provenientes de los restaurantes al interior del parque, el 7.4% son hojas secas, y durante este mes no se recibió aserrín, en cambio se recibió estiércol proveniente del Bioparque Wakatá, representando el 0.6% de la totalidad de los residuos.

Gráfico 3: Residuos compostados Mes: Septiembre 2018.



Fuente: Autores.

En el mes de septiembre del 2018, los residuos de poda siguen predominando con un 54.6%, seguido por los residuos de restaurante con un 28.8%. Debido a las actividades de mantenimiento de los cuerpos de agua, este mes se generaron residuos de buchón de agua los cuales representaron el 8.7% de la totalidad de los residuos. De igual forma a los meses anteriores, el 7.1% de los residuos son hojas secas, y finalmente, el 0.8% de los residuos corresponde a aserrín proveniente del Bioparque Wakatá.

A través del análisis realizado se determinaron los residuos orgánicos con mayor generación dentro del parque: mensualmente se producen en promedio 5.5 toneladas de poda, 2.0 toneladas de residuos de restaurante (alimentos sin preparar) y 0.5 toneladas de hojas secas, dichos residuos serán utilizados para el desarrollo del proyecto.

- **Lombricultivo**

Se utiliza este método que permite descomponer todos los residuos orgánicos provenientes de los hábitats de los animales y de la cocina del Bioparque Wakatá: excrementos, restos de frutas, verduras, cascaras, etc. Utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), las cuales ingieren los residuos orgánicos en descomposición excretando luego de su proceso digestivo un producto primario denominado “lombricompuesto”, rico en nutrientes para toda clase de cultivos.

Actualmente se cuentan 10 camas que miden 6,32 m de largo, 1,38 m de ancho y 30 cm de alto cada una, se van depositando capas de material seco y húmedo. Esta zona se encuentra ubicada detrás del Edificio El Cóndor al lado del área de clasificación de residuos aprovechables.

En el 2017 se transformaron 73,7 toneladas de residuos orgánicos en 15,1 toneladas de abono o humus, y se obtuvieron 14500 litros de lixiviados, para el mantenimiento de las zonas verdes del Parque. (Parque Jaime Duque, 2017)

iv. Residuos Peligrosos

Durante el 2017 se entregaron a un gestor y transportador autorizado los siguientes residuos peligrosos, cumpliendo con la normatividad legal vigente:

Tabla 3: Residuos peligrosos generados en el parque Jaime Duque

Residuos	Tratamiento y disposición final	Peso
Residuos de animales	Termo-destrucción y celda de seguridad	4668,54 kg
Biosanitarios	Termo-destrucción y celda de seguridad	931,38 kg
Cortopunzantes	Termo-destrucción y celda de seguridad	9,57 kg
Impregnados con medicamentos	Termo-destrucción y celda de seguridad	25,3 kg
Medicamentos vencidos	Termo-destrucción y celda de seguridad	34,7 kg

Tabla 3: Residuos peligrosos generados en el parque Jaime Duque. (continuación)

Residuos	Tratamiento y disposición final	Peso
Impregnados con Hidrocarburos	Termo-destrucción y celda de seguridad	297,63 kg
EPP usados	Termo-destrucción y celda de seguridad	441,78 kg
Cartuchos de impresora (Tóner)	Termo-destrucción y celda de seguridad	37,45 kg
Reactivos e impregnados de reactivos	Termo-destrucción y celda de seguridad	2 kg
Impregnados con plaguicidas y plaguicidas vencidos	Termo-destrucción y celda de seguridad	39,3 kg
Sólidos contaminados con químicos	Termo-destrucción y celda de seguridad	33,25 kg
Impregnados de formol y formol	Termo-destrucción y celda de seguridad	5 kg
Impregnados de medicamentos y medicamentos vencidos del programa post-consumo de APROVET	Termo-destrucción y celda de seguridad	14,1 kg
Costo total por la gestión integral de los RESPEL	\$ 9.366.599,00	Peso total de los residuos peligrosos entregados
		6567,5 kg 6,56 ton

Fuente: Parque Jaime Duque, 2017. Adaptado por autores.

5.2. Fase experimental

De acuerdo con los datos obtenidos en la fase de diagnóstico, se tomó la decisión de conformar las tres pilas piloto únicamente con residuos de poda, hojas secas y residuos de alimentos sin preparar

provenientes de los restaurantes al interior del parque, esto debido a que son los residuos que se presentan con mayor frecuencia y cantidad.

Tabla 4: Promedio de generación mensual de residuos.

Residuos	Promedio (kg/mes)
Poda	4050
Restaurante	2066
Hojas secas	495
Buchón de agua	209
Aserrín	54
Estiércol	13

Fuente: Autores.

Los residuos como aserrín, buchón de agua y estiércol, no se tendrán en cuenta debido a que son los residuos con menores promedios de generación, y dependen de actividades específicas de mantenimiento que no se realizan todos los meses.

Una vez elegidos los residuos a utilizar en las pilas piloto, se procedió a determinar los porcentajes de carbono y nitrógeno presentes en cada uno de ellos.

Se consultó el libro *El compostaje proyectado a la Lombricultura* escrito por Emilio Mirabelli, en el cual se expresan los contenidos de carbono y nitrógeno de los sustratos más comunes a utilizar en el proceso de compostaje, de allí se obtuvo la siguiente información:

Tabla 5: Relación C/N sustratos a utilizar.

Tipo de residuo	%C	%N	Relación C/N
Poda	6	0.4	15:1
Hojas secas	24	0.4	60:1

Fuente: (Mirabelli, 2008), Adaptado por Autores.

Para los residuos de alimentos sin preparar provenientes de los restaurantes al interior del Parque, se recolectaron en un contenedor durante una semana, se mezclaron hasta homogenizar, se tomó una muestra y se entregó al laboratorio Dr. Calderón para su análisis, el cual está certificado por el ICA (ver Anexo 2), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6: Relación C/N residuos de alimentos.

Tipo de residuo	%C	%N	Relación C/N
Residuos de restaurante	4.10	0.19	21.58:1

Fuente: (Dr. Calderon Labs, 2018)

Adicionalmente, se hace necesario conocer el contenido de humedad de cada uno de los sustratos, se tomó como referencia los datos brindados por la Asociación de Educación Ambiental y Ecología Social, de la ciudad de Málaga, España.

Tabla 7: Contenidos de humedad en los sustratos.

Tipo de residuo	Rango de humedad (%)	Valor típico (%)
Residuos de restaurante	50 – 80	70
Poda	30 – 80	60
Hojas secas	20 – 40	30

Fuente: (Aulaga Asociación , 2015)

Utilizando los datos anteriormente registrados, se procedió a realizar los cálculos para determinar el contenido de carbono y nitrógeno, en términos de masa, en cada uno de los residuos, para esto, se tomó como base de cálculo 1 kg en base húmeda, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Agua = 1kg \times (Contenido\ de\ humedad\ de\ cada\ residuo)$$

Ecuación 1: Contenido de agua en cada residuo.

$$Materia\ seca = 1kg - Agua$$

Ecuación 2: Contenido de materia seca en cada residuo.

$$N = Materia\ seca \times (Contenido\ de\ nitrogeno\ de\ cada\ residuo)$$

Ecuación 3: Contenido de nitrógeno en cada residuo.

$$C = Materia\ seca \times (Contenido\ de\ carbono\ de\ cada\ residuo)$$

Ecuación 4: Contenido de carbono en cada residuo.

Para 1 kg de residuos de restaurante:

$$Agua = 1kg \times (0,7) = 0,7kg$$

$$Materia\ seca = 1kg - 0,7kg = 0,3kg$$

$$N = 0,3kg \times (0,0019) = \mathbf{0,00057kg}$$

$$C = 0,3kg \times (0,041) = \mathbf{0,0123kg}$$

Para 1 kg de Poda:

$$Agua = 1kg \times (0,6) = 0,6kg$$

$$Materia\ seca = 1kg - 0,6kg = 0,4kg$$

$$N = 0,4kg \times (0,004) = \mathbf{0,0016kg}$$

$$C = 0,4kg \times (0,06) = \mathbf{0,024kg}$$

Para 1 kg de Hojas secas:

$$Agua = 1kg \times (0,3\ kg) = 0,3kg$$

$$Materia\ seca = 1kg - 0,3kg = 0,7kg$$

$$N = 0,7kg \times (0,004) = \mathbf{0,0028kg}$$

$$C = 0,7kg \times (0,24) = \mathbf{0,168kg}$$

Con estos resultados se procedió a calcular la relación C/N para cada una de las pilas piloto de acuerdo con la ecuación establecida por Tchobanoglous, teniendo en cuenta que este mismo autor en su libro *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, considera que las relaciones carbono-nitrógeno iniciales entre 25 y 50 son óptimas para el compostaje aerobio.

$$\frac{C}{N} = \frac{x(C\ en\ 1kg\ de\ hojas) + y(C\ en\ 1\ kg\ poda) + z(C\ en\ 1kg\ de\ residuos\ de\ restaurante)}{x(N\ en\ 1\ kg\ hojas) + y(N\ en\ 1kg\ poda) + z(N\ en\ 1kg\ de\ residuos\ de\ restaurante)}$$

Ecuación 5: Cálculo relación C/N.

En donde x, y, z, es la cantidad de residuos a utilizar de cada sustrato hasta obtener la relación carbono-nitrógeno deseada.

A continuación, se muestra las relaciones C/N de cada una de las pilas piloto:

Pila 1

$$\frac{C}{N} = \frac{50(0,168) + 240(0,024) + 63(0,0123)}{50(0,0028) + 240(0,0016) + 63(0,00057)}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{8,4 + 5,76 + 0,7749}{0,14 + 0,384 + 0,03591}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{14,9349}{0,55991}$$

$$\frac{C}{N} = 26,7$$

Pila 2

$$\frac{C}{N} = \frac{105(0,168) + 145(0,024) + 160(0,0123)}{105(0,0028) + 145(0,0016) + 160(0,00057)}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{17,64 + 3,48 + 1,968}{0,294 + 0,232 + 0,0912}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{23,088}{0,6172}$$

$$\frac{C}{N} = 37,4$$

Pila 3

$$\frac{C}{N} = \frac{200(0,168) + 50(0,024) + 160(0,0123)}{200(0,0028) + 50(0,0016) + 160(0,00057)}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{33,6 + 1,2 + 1,968}{0,56 + 0,08 + 0,0912}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{36,768}{0,7312}$$

$$\frac{C}{N} = 50,3$$

De acuerdo con lo anterior se establecieron las siguientes composiciones:

Tabla 8: *Composiciones de las 3 pilas piloto.*

	Pila 1	Pila 2	Pila 3
Poda (kg)	240	145	50
Restaurante (kg)	63	160	160
Hojas secas (kg)	50	105	200
Relación C/N	26.7	37.4	50.3

Fuente: Autores.

Las tres pilas piloto se fueron conformando de acuerdo con la disponibilidad de cada residuo, los cuales se iban disponiendo en capas, para garantizar una correcta mezcla. La pila 1 se conformó entre el 15 y el 30 de enero de 2019, añadiendo 240 kg de poda, 63 kg de residuos provenientes del restaurante y 50 kg de hojas secas, para obtener una relación C/N de 26.7. En la ilustración 7 se observa la pila 1 conformada en su totalidad.



Ilustración 7: *Pila 1. enero 30 de 2019.*

Fuente: Autores.

La segunda pila se conformó entre el 30 de enero de 2019 al 11 de febrero de 2019, añadiendo 145 kg de poda, 160 kg de residuos de restaurante y 105 kg de hojas secas obteniendo una relación C/N de 37.4. En la ilustración 8 se aprecia la pila 2 conformada en su totalidad.



Ilustración 8: *Pila 2. febrero 11 de 2019.*
Fuente: Autores.

Finalmente, la pila 3 se conformó entre el 11 de febrero de 2019 al 20 de febrero de 2019, añadiendo 50 kg de poda, 160 kg de residuos de restaurante y 200 kg de hojas secas, para obtener una relación C/N de 50.3. En la ilustración 9, se observa la pila 3 conformada en su totalidad.



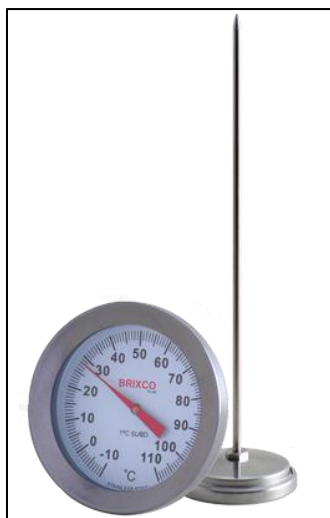
Ilustración 9: *Pila 3. marzo 4 de 2019.*
Fuente: Autores.

Para favorecer el aumento de la temperatura al interior de las pilas y protegerlas del exceso de humedad debido a las precipitaciones presentadas en la zona de estudio, se decidió cubrir las pilas piloto con plásticos, como se observa a continuación:



Ilustración 10: *Pila 2 cubierta con plástico.*
Fuente: Autores.

El día 4 de febrero de 2019 se inició con la toma de datos para el control de los parámetros de humedad, pH y temperatura en cada una de las pilas piloto. Para esto, se contó con un termómetro de punzón marca Brixco[®] modelo 4182 y un medidor de humedad y pH para suelo marca Brixco[®] modelo 4355. Dichos parámetros fueron monitoreados tres veces a la semana, los días lunes, miércoles y viernes, en la mayoría de los casos. Se contó con la ayuda del departamento de gestión ambiental del Parque Jaime Duque para el registro de los datos de los días miércoles y viernes. En las ilustraciones 5 y 6 se observan los equipos utilizados para esta actividad.



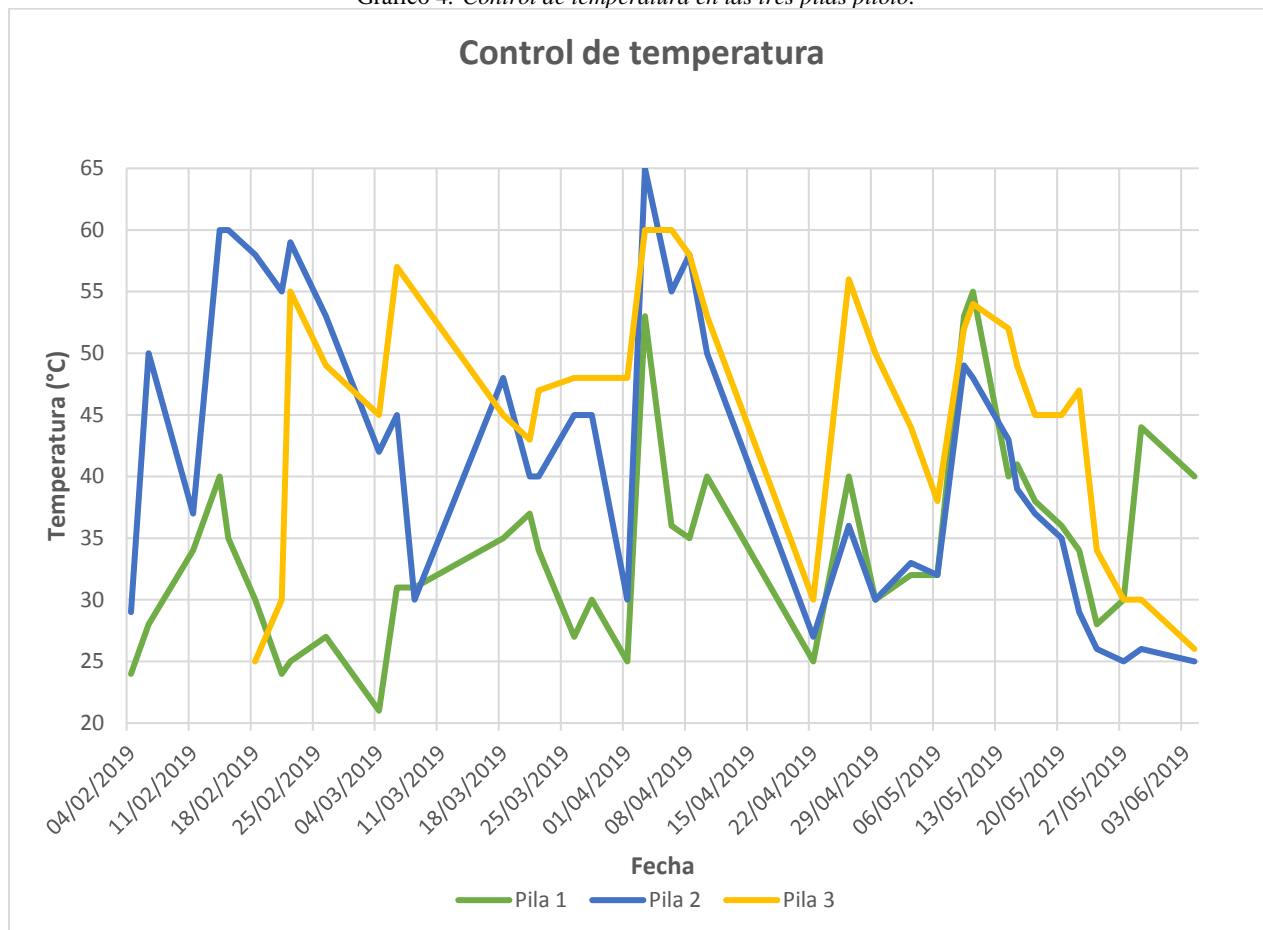
*Ilustración 11: Termómetro Brixco®.
Fuente: (Labexco, 2019)*



*Ilustración 12: Medidor de pH y humedad Brixco®.
Fuente: (Labexco, 2019)*

Durante los cuatro meses que duró el proyecto, se registró la temperatura al interior de las pilas piloto (ver Anexo 3). Se observa de forma general, un incremento de la temperatura casi inmediato al momento de conformar cada una de las pilas, con el pasar de los días la temperatura disminuye y se procede a realizar el volteo a las pilas, favoreciendo la aireación y nuevamente aumentando la temperatura.

Gráfico 4: Control de temperatura en las tres pilas piloto.



La temperatura ideal para el proceso de compostaje según Tchobanoglous es entre 50°C y 60°C, al notar las bajas temperaturas que se presentaron a mediados del mes de marzo y sus constantes fluctuaciones, se decidió agregar una mezcla de microorganismos eficientes a las tres pilas, con el propósito de favorecer la descomposición de los residuos. Dicha mezcla es desarrollada por funcionarios del Parque Jaime Duque y contiene bacterias ácido lácticas (*Lactubacillus spp*), actinomicetos, levaduras (*Saccharomyces spp*), melaza y agua.

Semanalmente se agregó entre 14 y 21 litros de microorganismos eficientes, notando un aumento significativo en la temperatura en los días posteriores, adicionalmente, esta mezcla servía para controlar la humedad al interior de las pilas.

En las pilas 1 y 3 conformadas mayoritariamente por poda y hojas secas, respectivamente, los contenidos de humedad son bastante bajos debido a la naturaleza de sus residuos, como se puede observar en la ilustración 13, los restos de jardín más específicamente la poda es un material seco

el cual aporta carbono pero su descomposición suele ser muy lenta, respecto a las hojas contienen humedad moderada, aportan Nitrógeno y la descomposición es rápida, mientras que en la pila 2 al contener mayor cantidad de residuos de restaurante la humedad se mantiene y aporta Carbono y Nitrógeno lo que genera que la descomposición sea rápida. Cabe resaltar que el lugar dentro del Parque donde se lleva a cabo el compostaje es a cielo abierto, por lo cual, las condiciones climáticas de la zona influyen directamente en el proceso.



Ilustración 13: Tipos y características de los diferentes grupos de residuos orgánicos
Fuente: (Alcolea & González, 2000)

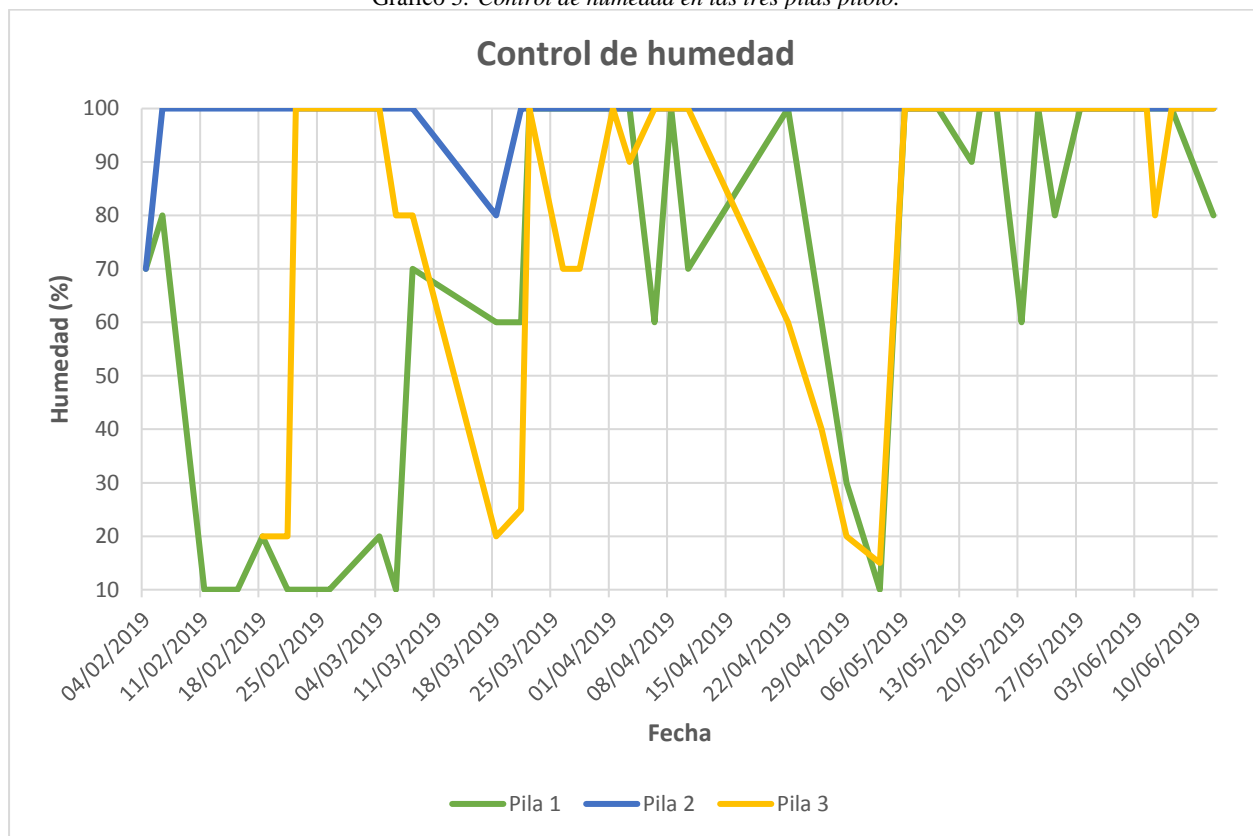
A continuación, se identifican los residuos compostables de jardín y huerta con los efectos que tienen en el proceso de compostaje.

Tabla 9: Residuos compostables y sus efectos.

Residuo	Efecto en el compostaje
Recortes de césped	Puede producir compactación, si no hay equilibrio en la mezcla de materiales
Restos de poda, piñas, hojas secas	Descomposición lenta. Mejoran la aireación
Restos de cosecha de la huerta	Descomposición rápida

Fuente: (Alcolea & González, 2000)

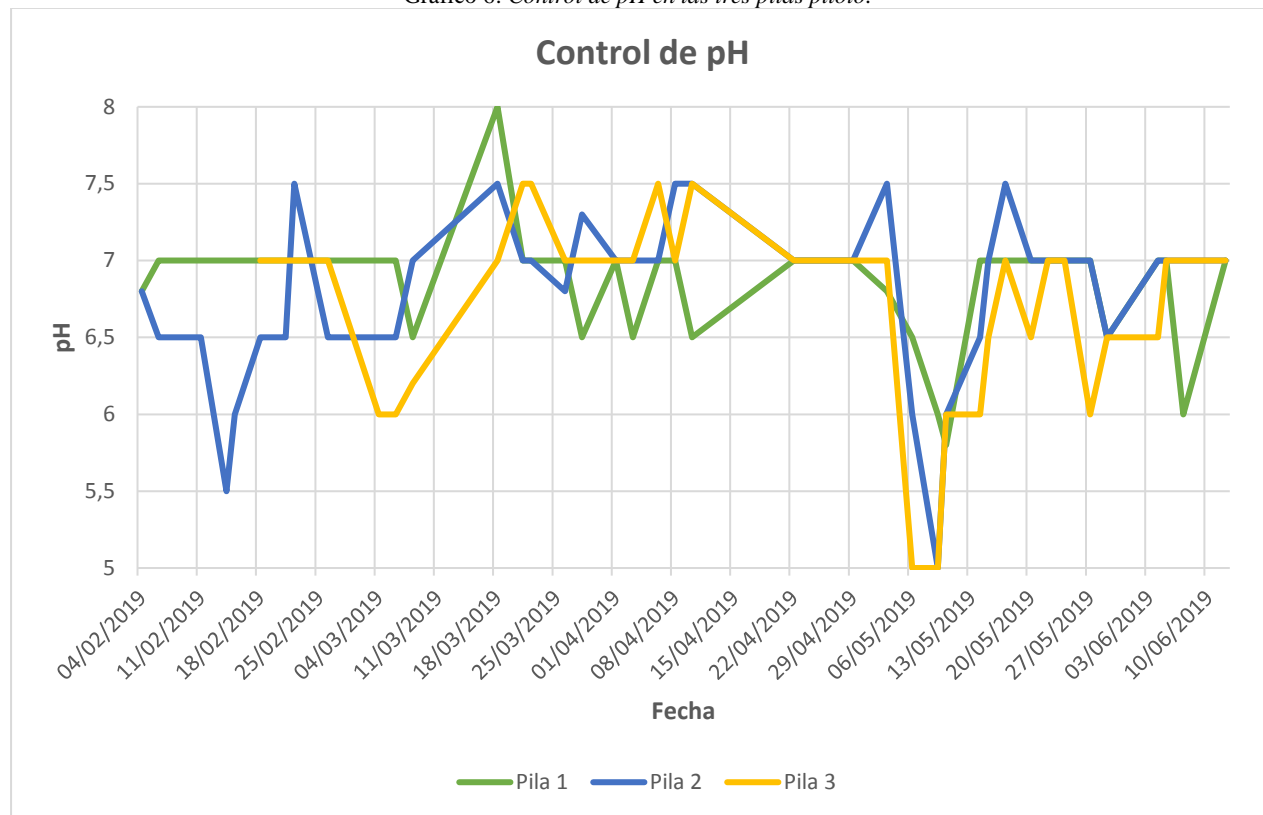
Gráfico 5: Control de humedad en las tres pilas piloto.



Fuente: Autores.

El pH es otro de los parámetros a tener en cuenta en el proceso de compostaje, Tchobanoglous define que el pH ideal es entre 5 y 8. Un pH óptimo garantiza una correcta descomposición aerobia, como se puede observar en la gráfica 5, todos los registros de las pilas piloto se encuentran dentro de este rango.

Gráfico 6: Control de pH en las tres pilas piloto.



Fuente: Autores.

5.3. Fase de finalización

El día 4 de junio de 2019, transcurridos 125 días para la pila 1, 113 días para la pila 2, y 104 días para la pila 3, se da por concluido el proceso de compostaje en las tres pilas, teniendo en cuenta que múltiples autores coinciden que el tiempo ideal para la producción de compost es de 90 días. En la pila 1 y la pila 3 no se dio el proceso de descomposición de la forma esperada, después de 125 y 104 días respectivamente, aún era posible identificar los residuos agregados, en las ilustraciones 9 y 10, se observa el estado final de las pilas. Mientras tanto, en la pila 2 se observa que los residuos fueron descompuestos de forma adecuada, tomando un color negro y una textura homogénea, características de la finalización de la etapa de maduración del compost, por tal motivo, se procedió a recolectar una muestra representativa para ser enviada al laboratorio Dr. Calderón para su análisis, el cual está certificado por el ICA (ver Anexo 4).



Ilustración 14: *Pila 1 después de 125 días.*
Fuente: Autores.



Ilustración 15: *Pila 2 después de 113 días.*
Fuente: Autores.

Se procedió a comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos en la NTC 5167 sobre abonos orgánicos sólidos, como se muestra a continuación en la Tabla 10:

Tabla 10: *Caracterización Compostaje Pila 2*

	NTC 5167	Compostaje Pila 2
*Perdidas por volatilización	-	21.83
*Contenido de cenizas	Máx. 60%	14.1
*Contenido de humedad	Máx. 35%	64.07
Carbono Orgánico Oxidable Total	Mín. 15%	6.19
Relación C/N	-	9.02
C.I.C	Mín. 30 meq/100g	37.27
Capacidad de retención de humedad	Mínimo su propio peso	64.34
pH	Entre 4 y 9	7.59
Densidad máxima	Max. 0,6 g/cm ³	0.23

Fuente: Autores.

La sumatoria de los valores de pérdidas por volatilización, contenido de cenizas y contenido de humedad debe ser de 100, cumpliendo con este requisito el compostaje de la pila 2.

$$A = \text{perdidas por volatilización}$$

$$A = 21.83$$

$$B = \text{contenido de cenizas}$$

$$B = 14.1$$

$$C = \text{contenido de humedad}$$

$$C = 64.07$$

$$A + B + C = 100$$

$$21.83 + 14.1 + 64.07 = 100$$

El contenido de humedad del compostaje producido en la pila 2 es del 64.07%, sobrepasando el límite establecido en la NTC 5167 que es del 35%, este exceso de humedad puede generar compactación en el material, lavado de moléculas orgánicas y nutrientes, adicionalmente desfavorece la oxigenación, comprometiendo su calidad final (Gomez, Miranda, Gallo, & Sanchez, 2001)

El compostaje producido tiene un contenido bajo de Carbono Orgánico Oxidable Total. Se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, aumenta la solubilidad de varios nutrientes. (Martinez, Fuentes, & Acevedo, 2014). Los abonos con bajo contenido en Carbono Orgánico Oxidable Total se utilizan principalmente como mejoradores de suelo.

El parámetro de Carbono Orgánico Oxidable total mide de forma indirecta la Materia Orgánica (M.O), para esto existe una fórmula que se mostrara a continuación.

$$M.O = CO \times 1.724$$

Donde

1.724 (*Factor Van Bemmelen*)

$$M.O = 6.19\% \times 1.724$$

$$M.O = 10.67\%$$

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, para las condiciones climáticas en las que se desarrolló el compostaje, este valor de M.O es considerado alto, como se muestra en la tabla 11, donde indica que para un valor mayor al 10% de M.O y en clima frio, su apreciación es ALTO.

Tabla 11: *Consideraciones generales para interpretar análisis de suelos*

Apreciación	% Materia Orgánica		
	Clima		
	Frio	Medio	Cálido
Bajo	<5	<3	<2
Medio	5-10	3-5	2-4
Alto	>10	>5	>4

Fuente: (IGAC, 2019), Adaptado por Autores.

La Relación C/N obtenida de acuerdo con el análisis de laboratorio fue de 9.02, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) este valor se encuentra en el intervalo de 8-12, siendo esto un estado de equilibrio entre mineralización y humificación.

A continuación, se presenta la tabla de clasificación la relación C/ N

Tabla 12: Valores de referencia de la relación C/N.

Relación C/N	Estado
<5	Excesiva mineralización
	El contenido de M.O es bajo
	Escasa fertilidad
	Destrucción de la microflora y microfauna
5-8	Tendencia hacia la mineralización de M.O
	La fertilidad es baja a moderada
	Puede aumentarse la tasa orgánica del suelo mediante aportaciones grandes y continuadas
8-12	Equilibrio entre mineralización y humificación
	La fertilidad es elevada
	Para conservar esta tasa es recomendable realizar aportes periódicos
>12	Tendencia a la humificación
	Poco frecuente en suelos continuados

Fuente: (IGAC, 2019)

La NTC 5167 establece que la capacidad de retención de humedad debe ser mínimo su propio peso, lo que significaría 100% p/p. En la muestra analizada la capacidad de retención de humedad es de 64.34%. Este parámetro presenta una relación inversamente proporcional al tamaño de las partículas, entre más pequeñas son las partículas más altas es la capacidad de retención de humedad. (Thompson, 1988)

De acuerdo con el numeral 4.2 de la NTC 5167, en el cual se establecen los criterios de aceptación o rechazo, si la muestra no cumple con uno o más de los requisitos será rechazado el lote, y no será considerado un abono orgánico de calidad, impidiendo su comercialización.

De igual forma, se compararon los resultados del proceso de compostaje realizado en la pila 2 y el compostaje producido por el Parque Jaime Duque actualmente. Los valores presentados por el Parque corresponden al análisis de laboratorio realizado el 8 de febrero de 2019 en el laboratorio Chemilab, certificado por el IDEAM (ver Anexo 5).

Tabla 13: *Comparación compostaje.*

Parámetros	Compostaje Pila 2	Compostaje Parque
Azufre disponible (%)	0.10	0.027
C.I.C (meq/100g)	37.27	35.8
Carbono Orgánico Total (%)	6.19	5.96
Cenizas (%)	14.1	75.3
C.E (dS/m)	9.29	5.41
Densidad (g/cm³)	0.23	1.97
Fosforo Total (%)	0.15	0.182
Humedad (%)	64.07	92.6
Nitrógeno Total (%)	0.69	0.512
pH	7.59	7.53
Potasio Total (%)	0.84	0.0025
Relación C/N	9.02	11.65
Silicio (%)	3.13	0.000136
Sodio Total	0.02	0.0552

Fuente: Autores.

Se observa una diferencia importante en el contenido de macronutrientes como nitrógeno y potasio, el compostaje producido en la pila 2 tiene un mayor contenido de estos, favoreciendo la síntesis de clorofila, aminoácidos y proteínas, adicionalmente, acentúa el vigor y fuerza al tallo de la vegetación sembrada con el uso del compostaje.

El compostaje producido en la pila 2 reporta mayor cantidad de azufre, el cual es un mesonutriente el cual es esencial para la formación de aminoácidos y aporta el color verde de las hojas.

El carbono orgánico total es un nutriente esencial para el suelo, por tal motivo es importante tener una mayor concentración de este.

El alto contenido de humedad que presenta el compostaje producido en el Parque Jaime Duque afecta la calidad del mismo, generándose procesos de descomposición anaerobia, generando malos olores y bajo contenido de nutrientes.

De acuerdo a los análisis de laboratorio, el compostaje producido en la pila piloto 2 es de mayor calidad que el producido actualmente por el Parque Jaime Duque, sin embargo, ninguno de los dos cumple con los parámetros establecidos en la NTC 5167 de 2004, a través de los cuales el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) otorga el registro de calidad.

Ibicol Ltda es una empresa colombiana dedicada a la producción de insumos agrícolas de forma biológica; dentro de su catálogo de productos se encuentra “Compost TenZEL®”, el cual cuenta con Registro ICA No. 9804. En el Anexo 6, se encuentra la ficha técnica del producto, la cual fue utilizada para comparar la calidad entre un compostaje comercial, el compostaje producido en la pila piloto 2 y el compostaje que actualmente produce el Parque Jaime Duque, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 14: Comparación compostajes.

Parámetros	Compost TenZEL®	Compostaje Pila 2	Compostaje Parque
Azufre disponible (%)	0.21	0.10	0.027
C.I.C (meq/100g)	30.6	37.27	35.8
Carbono Orgánico Total (%)	14,5	6.19	5.96
Cenizas (%)	22,7	14.1	75.3
C.E (dS/m)	9.8	9.29	5.41
Densidad (g/cm³)	0.46	0.23	1.97
Fosforo Total (%)	1.09	0.15	0.182
Humedad (%)	33.8	64.07	92.6
Nitrógeno Total (%)	1.31	0.69	0.512
pH	8.25	7.59	7.53
Potasio Total (%)	1.69	0.84	0.0025
Relación C/N	11	9.02	11.65
Silicio (%)	11.4	3.13	0.000136
Sodio Total	0.11	0.02	0.0552

Fuente: Adaptado por autores.

Como se observa en la tabla 14, el contenido de nutrientes del compost TenZEL® supera al compostaje de la pila piloto 2 y el producido por el Parque Jaime Duque, los cuales tienen un bajo contenido de nutrientes como azufre, carbono orgánico total, fosforo, nitrógeno, potasio, silicio y sodio.

6. Tecnificación del proceso – Planta de compostaje

Para producir un compostaje de calidad es necesario tener control en parámetros como temperatura, humedad y tamaño de partícula, adicionalmente, prever los efectos que puedan tener las condiciones ambientales en el proceso, por tal motivo en el capítulo que se desarrolla a continuación se presenta una propuesta para la construcción y operación de la planta de compostaje al interior del Parque Jaime Duque, con capacidad para recibir 7 toneladas mensuales de residuos orgánicos.

6.1. Área a disponer

Para la construcción de la planta de compostaje es necesario disponer de un área de 420 m², dentro de dicha área se contemplan todas las etapas del proceso de compostaje, desde la recepción de los residuos orgánicos hasta la entrega del producto final. En el Anexo 7, se encuentra el plano general de la planta

6.2. Infraestructura

Piso

Para la construcción de la planta de compostaje es necesario contar con una placa en concreto de 14 metros de ancho por 30 metros de largo, con pendiente del 1% hacia el centro de la placa, en donde se encontrará un cárcamo para el transporte de los lixiviados, adicionalmente, debe contar con canales a los costados para aguas lluvias. Dicha placa debe garantizar impermeabilización, con el propósito de evitar infiltraciones de lixiviados en el suelo.

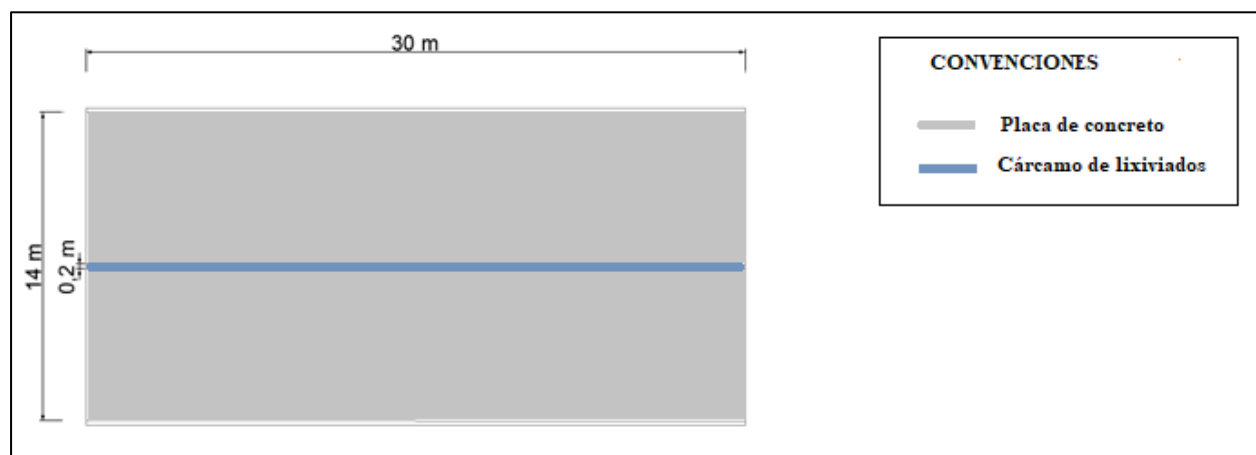


Ilustración 16: Placa de concreto y Cárcamo de lixiviados.
Fuente: Autores, 2019

Paredes

Las paredes de la planta de compostaje serán paneles de madera inmunizada de 1.50 metros de altura, dicho material permite mantener la temperatura al interior de la planta, evitando que se genere un cambio drástico en horas de la noche y madrugada, en donde la temperatura del ambiente puede llegar a los 4°C.

Techo

El techo tendrá una altura total de 2.50 metros, el espacio abierto de 1.0 metro que hay entre las paredes y el techo, permite el ingreso de aire, necesario para el proceso de compostaje. Se utilizarán tejas de plástico para lograr una temperatura cálida al interior de la planta.

Instalaciones hidráulicas y eléctricas

Dentro de la planta de compostaje, es necesario contar con un grifo de agua, el cual será necesario para la preparación de los microorganismos eficientes y el riego de las pilas.

Adicionalmente, es necesario contar con energía eléctrica, para el uso de la trituradora.

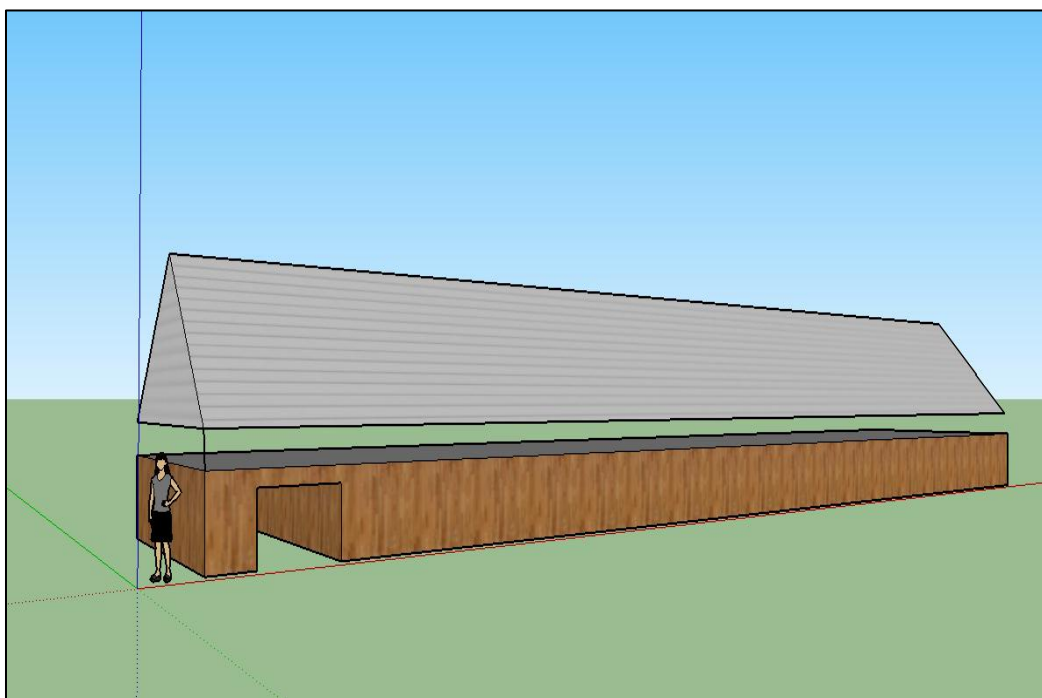


Ilustración 17: *Diseño de la planta de compostaje*
Fuente: Autores, 2019

6.3. Dimensiones de las pilas de compostaje

De acuerdo con el diagnóstico realizado, se observó un promedio de generación de residuos orgánicos de 6887 kg/mes, lo que corresponde a 6.8 ton/mes. La planta de compostaje se diseñó para tratar 7 ton/mes.

Para determinar las dimensiones de las pilas de compostaje es necesario estimar la densidad de los residuos a tratar. George Tchobanoglous en su libro titulado “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, establece las densidades de diferentes residuos sólidos, dentro de los cuales se encuentran:

Tabla 15: Densidades de residuos orgánicos.

Residuo	Densidad (ton/m ³)
Residuos de comida	0.5
Poda de césped (Verde y húmeda)	0.7
Hojas secas	0.2

Fuente: (Tchobanoglous, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, 1994), adaptado por autores.

De acuerdo a lo anterior, y debido a que los residuos serán triturados y mezclados, se utilizará una densidad promedio de 0.5 ton/m³, con dicha densidad se procede a calcular el volumen de residuos generados.

$$Volumen\ residuos = \frac{7 \frac{ton}{mes}}{0.5 \frac{ton}{m^3}}$$

$$Volumen\ residuos = 14 \frac{m^3}{mes}$$

El volumen de residuos a tratar será de 14 m³/mes, los cuales serán distribuidos en dos pilas de compostaje, esto con el propósito que los residuos que ingresan los últimos días del mes no detengan el proceso de descomposición de los residuos que ya se encuentran en la pila desde los primeros días. De acuerdo a lo anterior, se conformarán cada mes dos pilas de 2.0 metros de ancho por 3.5 metros de largo y 1.0 de altura.

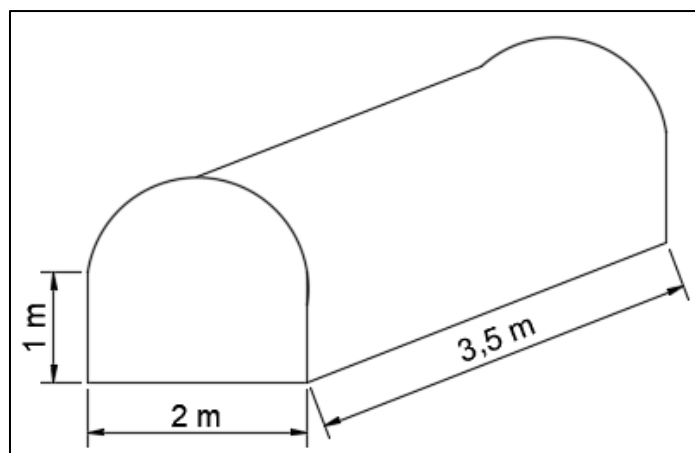


Ilustración 18: Pila propuesta para el diseño de la planta de compostaje
Fuente: Autores, 2019

Se estima que el tiempo de producción del compostaje será de tres meses, tiempo en el cual el proceso debe haber finalizado y se debe obtener un producto de calidad. De tal forma, dentro de la planta se tendrán conformadas máximo seis pilas de compostaje, sin embargo, como medida de contingencia para temporadas de alta producción de residuos, la planta está diseñada para contener ocho pilas de compostaje.

6.4. Equipos, instrumentos y herramientas

Para el correcto funcionamiento de la planta, se plantea adquirir los siguientes equipos, instrumentos y herramientas:

Picadora de desechos orgánicos

Picadora de desechos orgánicos para compostaje, marca INDUTORNOMETAL JR[®], referencia JR-6, con capacidad de corte de 2.5 ton/hora, de 6 cuchillas y 6 aletas de desgarre, la cual asegura un tamaño de corte de 8 mm, necesario para acelerar el proceso de compostaje.

Termómetro

Para el control de temperatura al interior de las pilas, se recomienda adquirir un termómetro de punzón marca Brixco[®] modelo 4182.

Medidor de humedad y pH

Se recomienda adquirir un medidor de humedad y pH para suelo marca Brixco[®] modelo 4355.

Zaranda

Zaranda con malla de 8x8 huecos por pulgada cuadrada, para garantizar una textura fina del compostaje al finalizar el proceso.

Pala y rastrillo

Herramientas necesarias para el volteo de las pilas.

Carretilla

Vehículo necesario para el transporte de residuos hasta la pila de compostaje que se está conformando.

Canecas de 55 galones

Recipiente necesario para la preparación y reproducción de microorganismos eficientes que serán aplicados en las pilas de compostaje.

6.5. Manual de operación.

En el Anexo 8, se encuentra el Manual de Operación de la Planta de Compostaje del Parque Jaime Duque. En dicho Manual se encuentran detalladamente todos los procedimientos a realizarse al interior de la planta para garantizar su correcto funcionamiento. Es de vital importancia capacitar correctamente al funcionario encargado, para evitar malos manejos que afecten la calidad del compostaje producido.

6.6. Costos

Para estimar los costos de implementación de la planta de compostaje al interior del Parque Jaime Duque se realizaron cotizaciones con empresas especializadas. FIRA INGENIERIA S.A.S es una empresa colombiana ubicada en el municipio de Mosquera, Cundinamarca dedicada al diseño, construcción e interventoría de obras civiles, la cual realizó la siguiente propuesta económica para la construcción de la planta de compostaje:

Tabla 16: Propuesta económica Planta de Compostaje

CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE				
ITEM	ACTIVIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (COP, 2019)
1	Estudio de suelos, diseño estructural cimentación y estructura metálica	1 und.	15,500,000	15,500,000
2	Localización y replanteo	420 m ²	3,600	1,512,000
3	Excavación mecánica h=0,80m, cargue y transporte de escombros	440 m ³	63,400	27,896,000
4	Relleno compactado en subbase granular tipo B-400	336 m ³	84,200	28,291,200
5	Placa en concreto 3000 psi, espesor 0,15m, corte para dilataciones y sello con Sika roll y Sika Flex	420 m ²	99,500	41,790,000
6	Acero de refuerzo en malla electrosoldada, hueco 15*15 cms y espesor 7mm	420 m ²	-	-
7	Concreto 3000 psi para zapatas de columnas	20 m ³	745,000	14,900,000
8	Acero de refuerzo en varillas pdr – 60, para zapatas	200 kg	3,700	740,000
9	Columnas y estructura metálicas para cubierta, incluye correas, platinas, anclajes, contravientos, base y montaje	4350 kg	9,950	43,282,500

Tabla 16: Propuesta económica Planta de Compostaje. (continuación)

CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE				
ITEM	ACTIVIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (COP, 2019)
10	Cárcamo en concreto para recepción y conducción de lixiviados, incluye tapa rejilla en ángulo metálico	30 ml	130,900	3,927,000
11	Cubierta en teja plástica translúcida tipo ajover o similar	420 m ²	29,600	12,432,000
12	Muro en tabla madera inmunizada e= 1.8 cms, tipo pino o similar h=1.50m	132 m ²	76,500	10,098,000
TOTAL COSTOS DIRECTOS				200,368,700
Administración 18%				36,066,366
Imprevistos 2%				4,007,374
Utilidad 5%				10,018,435
IVA 19% sobre utilidad				1,903,503
TOTAL PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE				252,364,378

Fuente: FIRA Ingeniería S.A.S.

Los instrumentos de control de parámetros como el termómetro y el medidor de pH y humedad se cotizaron con la empresa Implementos Químicos QuimiBermul, la cual distribuye equipos de laboratorio marca Brixco®.

Tabla 17: Cotización Instrumentos de Medición

EQUIPOS DE MEDICIÓN				
ITEM	INSTRUMENTO	CANTIDAD	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL (COP, 2019)
1	Medidor de pH y humedad para suelo: Marca Brixco [®] , modelo 4355	1 und.	51,000	51,000
2	Termómetro de punzón rango - 10°C hasta 110°C: Marca Brixco [®] , modelo 4182	1 und.	37,000	37,000
TOTAL PRESUPUESTO EQUIPOS DE MEDICIÓN				88,000

Fuente: Implementos Químicos QuimiBermul

La máquina trituradora de residuos orgánicos se cotizó con la empresa INDUSTRIAS TORNOMETAL JR[®] S.A.S, ubicada en el municipio de Funza, Cundinamarca, dedicada a la fabricación de maquinaria agrícola.

Tabla 18: Cotización trituradora de residuos orgánicos.

MAQUINARIA				
ITEM	MAQUINA	CANTIDAD	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL (COP, 2019)
1	Picadora de desechos orgánicos	1 und.	10'500,000	10'500,000
TOTAL PRESUPUESTO MAQUINARIA				10'500,000

Fuente: INDUSTRIAS TORNOMETAL JR[®] S.A.S

Para la compra de las herramientas y demás materiales necesarios para la operación de la planta de compostaje, se realizó la cotización con Homecenter.

Tabla 19: Cotización herramientas y materiales.

HERRAMIENTAS Y MATERIALES				
ITEM	ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL (COP, 2019)
1	Malla Zaranda	1 und.	41,900	41,900
2	Pala cuadrada plana con mango	1 und.	39,900	39,900
3	Rastrillo con asta y mango	1 und.	49,900	49,900
4	Carretilla negra cachaca antipinchazos	1 und.	159,900	159,900
5	Regadera 8Lts verde	2 und.	21,900	43,800
6	Rollo plástico negro	1 und.	519,900	519,900
TOTAL PRESUPUESTO HERRAMIENTAS Y MATERIALES				11'355,300
<i>Fuente: Homecenter.</i>				
TOTAL PRESUPUESTO (COP, 2019)				263'807,678

Fuente: Autores, 2019

El costo total del proyecto es de 263'807,678, incluye los valores del diseño y construcción de la planta de compostaje, equipos de medición, maquinaria, y herramientas y materiales necesarios para iniciar la operación de la planta de compostaje.

Los datos presentados anteriormente tienen como finalidad visualizar un aproximado del costo de implementación de la propuesta y no constituyen una valoración económica del proyecto, debido a que el compost producido únicamente se utiliza en las actividades al interior del Parque, y no se

tiene interés en comercializarlo, por lo cual, no se evalúa la Tasa Interna de Retorno y periodo de recuperación de inversión, entre otros. Las cotizaciones realizadas son netamente de carácter académico y no comprometen a los proveedores.

6.7. Beneficios

Con el implemento de la planta de compostaje al interior del parque Jaime Duque, se reduce considerablemente el área necesaria para realizar el proceso de compostaje, optimizando espacio que puede ser utilizado por el parque para diferentes proyectos.

En la ilustración 19 se hace una comparación entre el área destinada actualmente para el proceso de compostaje, demarcada por el polígono verde, y el área necesaria para la construcción de la planta de compostaje, demarcado por el polígono rojo.



Ilustración 19: Comparación área de compostaje.
Fuente: Autores, 2019

Adicional a la reducción del área necesaria para el compostaje, también se optimiza el proceso en términos de tiempo. Actualmente el proceso de compostaje tarda 10 meses en descomponer la totalidad de los residuos, después de conformar en su totalidad cada pila de compostaje, con la

propuesta de la planta de compostaje el proceso tardará 3 meses, y se obtendrá compostaje de forma periódica cada mes.

Realizar el proceso de compostaje de manera tecnificada controlando todas sus variables permite obtener un producto final de muy buena calidad, de acuerdo a lo estipulado en la NTC 5167 de 2004.

Ejecutar este tipo de iniciativas, posiciona muy bien a las empresas en las diferentes certificaciones de gestión ambiental y responsabilidad social empresarial, disminuyendo los impactos ambientales generados en sus actividades diarias.

7. Conclusiones

Conocer la gestión integral de residuos sólidos que realiza el parque Jaime Duque permite comprender la importancia de todos los procesos de aprovechamiento que se llevan a cabo, minimizando los impactos ambientales que se generan por sus diferentes actividades culturales y recreativas.

Durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2018 se cuantificaron los residuos orgánicos aprovechables en el proceso de compostaje, identificando un promedio de generación mensual de 6887 kg/mes. Los residuos que más se aprovechan son la poda de césped, residuos de alimentos sin preparar provenientes de los restaurantes al interior del parque, y hojas secas recogidas en las zonas verdes, respectivamente.

La construcción de tres pilas piloto con diferentes composiciones permitió evaluar la incidencia que tienen los residuos en el proceso de compostaje: los materiales con bajo contenido de humedad como la poda y las hojas secas retrasan la degradación de la materia orgánica, mientras que los residuos húmedos como los alimentos sin preparar aceleran el proceso.

La pila piloto 2 contenía 145 kg de poda, 160 kg de residuos de alimentos sin preparar provenientes de los restaurantes y 105 kg de hojas secas, con una relación C/N de 37.4, siendo la más eficiente de las tres pilas conformadas, después de 113 días fue la única pila que produjo compostaje, sin embargo, no cumple con los estándares de calidad establecidos en la NTC 5167 de 2004.

De acuerdo al análisis de laboratorio realizado, se determinó que el compostaje producido actualmente en el parque Jaime Duque no contiene los nutrientes necesarios para soportar el crecimiento de plantas, el cual es el principal uso que se le da al interior del parque.

Para obtener un compostaje de calidad es necesario realizar el control de variables como tamaño de partícula de los residuos, relación C/N, contenido de humedad, disponibilidad de oxígeno, temperatura y pH, además de proteger las pilas de compostaje de condiciones ambientales como cambios extremos de temperatura y fuertes precipitaciones.

La construcción de la planta de compostaje y la capacitación del operario encargado de la misma, acorta los tiempos de producción y garantiza las condiciones ideales para obtener un compostaje de óptima calidad, aprovechando de mejor manera los residuos orgánicos generados en el Parque.

8. Recomendaciones

Para mejorar los tiempos de producción y la calidad del producto final es necesario realizar la trituración de cada material, asegurando un tamaño de partícula de máximo 8 mm y que se genera mezcla homogénea de todos los residuos, de forma que los procesos de descomposición se lleven a cabo en toda la pila.

Es importante realizar seguimiento a los parámetros de temperatura, humedad y pH, de las actuales pilas de compostaje, de esta forma se podrán implementar acciones que favorezcan el proceso de descomposición, por ejemplo, aplicación de microorganismos efectivos, humedecer las pilas, o por el contrario, realizar volteos cuando hay exceso de humedad.

Se recomienda al Parque Jaime Duque realizar estudios de suelo en los lugares donde han utilizado el compostaje producido para determinar si se ha generado algún impacto negativo en el recurso suelo que pueda afectar el crecimiento de vegetación. Adicionalmente, realizar periódicamente análisis de calidad al compostaje producido de acuerdo a los parámetros establecidos en la NTC 5167 de 2004.

El excremento de animales rumiantes tiene un alto contenido de microorganismos que favorecen el proceso de descomposición de los residuos orgánicos. Se recomienda recolectar dicho excremento producido en el Bioparque Wakatá y agregarlo a las pilas de compostaje para acelerar su proceso.

Se recomienda al Parque Jaime Duque reemplazar los plásticos de un solo uso (platos desechables, pitillos, bolsas, etc.) por materiales de origen orgánico, de forma tal, que después de su uso, puedan ser triturados e incorporados al proceso de compostaje, disminuyendo la cantidad de residuos ordinarios a disponer en el relleno sanitario.

La planta de compostaje al interior del Parque Jaime Duque propuesta en este documento permite tecnificar el proceso de compostaje, obteniendo mejores resultados. Se recomienda evaluar la construcción de la planta a corto-mediano plazo.

9. Bibliografía

- (11 de Enero de 2018). Obtenido de Ecured: [https://www.ecured.cu/Materia org%C3%A1nica](https://www.ecured.cu/Materia%20org%C3%A1nica)
- Agrotterra. (2014). *Compostaje de restos de poda, un valor añadido a nuestro trabajo*. Obtenido de <https://www.agrotterra.com/blog/descubrir/compostaje-de-restos-de-poda-un-valor-anadido-a-nuestro-trabajo/76812/>
- Alcolea, M., & González, C. (2000). *Manual de compostaje Domestico*. Barcelona.
- Ambientales, C. d. (2010). *Aplicaciones Semarnat*. Obtenido de http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServletceadb.html
- Atlas, R., & Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Pearson.
- Aulaga Asociación . (4 de Marzo de 2015). Obtenido de https://aulagaasociacion.files.wordpress.com/2015/03/4_propiedades_rsu.pdf
- Carchi, T., & Tanya, A. (2016). Determinación de la mezcla óptima para compostaje aerobio a partir de residuos sólidos orgánicos urbanos. *Machala: Uinversidad Técnica de Machala*.
- Dante, F. (2001). Guia No. 2 Para el aprovechamiento de los residuos sólidos. Quito Ecuador.
- Decreto 2981*. (2013). Bogotá: Presidencia de la República de Colombia.
- Decreto 2981*. (2013). Bogotá: Presidencia de la Republica de Colombia.
- Diaz. (s.f.). Ecología y microbiología ambiental. En R. M. Atlas.
- Dr. Calderon Labs. (2018). *Informe de laboratorio*. Bogotá.
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Federal, S. d. (2011). *Taller para el levantamiento de datos para la evaluación del desempeño ambiental sobre manejo de residuos sólidos*. Mexico.
- Gomez, J., Miranda, J., Gallo, P., & Sanchez, M. (2001). *El suelo: Materia orgánica y procesos de compostaje*. Palmira: Universidad Nacional.
- Gómez, N., Malagón, J., & González, J. (2012). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Parque de los Novios de Bogotá D.C. *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*, 75-95.
- Gómez, O. F., & Hernandez, D. F. (2015). *Comparación entre la técnica Bokashi y el equipo Earth Green SAC100 para la obtención de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados en la Universidad de la Salle sede Candelaria*. Bogotá D.C: Programa de ingeniería ambiental y sanitaria.

- ICONTEC. (2004). *Norma Técnica Colombiana (NTC)*. Bogotá : Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- ICONTEC. (2004). *Norma Técnica Colombiana 5167 de 2004*. Bogotá.
- IGAC. (2019). *Consideraciones generales para interpretar análisis de suelos*. Bogotá: Subdirección de agrología.
- Jaramillo, M. (2005). Primer simposio sobre biofábricas: Biología y aplicaciones de la célula cultivada. Medellín.
- Labexco. (2019). *Medidor de suelos*. Obtenido de <http://labexco.com/site/producto/274>
- Labexco. (2019). *Termómetro Bimetálico*. Obtenido de <http://labexco.com/site/producto/244>
- Ledesma, V., & Sánchez, E. M. (2016). Evaluación de microorganismos efectivos (em) en la descomposición y mineralización de materia orgánica proveniente de desechos agrícolas en la zona de Babahoyo, Ecuador. *Babahoyo UTB*.
- (2017). *Manual de procesos en la planta de compostaje*. Cali: Universidad ICESI.
- Martinez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2014). *Carbono organico y propiedades del suelo*. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120129/Martinez_Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mirabelli, E. (2008). *El compostaje proyectado a la Lombricultura*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.
- Pachón, D. A., & Cepeda, A. F. (2017). *Diseño y construcción de un biodigestor para la producción de biogás a partir de heces caninas*. Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- Palmero, R. P. (2010). *Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones*. Tenerife, España: Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife.
- Parque Jaime Duque. (2017). *Informe de gestión fundación Jaime Duque*. Obtenido de <https://parquejaimeduque.com/assets/informe-de-gestion-2017-fjd.pdf>
- Soto, G. (2003). El proceso de compostaje. En P. y. Clark.
- SSPD. (2008). *Diagnostico sectorial de Plantas de Aprovechamiento de Residuos Sólidos*. Bogotá: Documento de Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Obtenido de www.superservicios.gov.co
- Tafur, J. W. (2009). *Origen, clasificación y características de los residuos solidos*. Neiva: Universidad Sur Colombiana.
- Tchobanoglous, G. (1994). Gestión integral de residuos solidos. En G. Tchobanoglous, *Gestión integral de residuos solidos* (págs. 342-345). España: Impresos y revistas, S.A.
- Tchobanoglous, G. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Davis: McGrawHill.
- Thompson, L. (1988). *Soils and fertility*. New York: Reverté.

Zambrano, J. G., Veitia, J. C., & Pragger, P. I. (2001). *El suelo: Materia orgánica y procesos de compostaje*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

Anexos

Anexo 1: Residuos compostados en los meses de julio, agosto y septiembre 2018.

**PARQUE JAIME DUQUE****UNIVERSIDAD DE LA SALLE****CONTROL DE RESIDUOS PARA COMPOSTAJE**

D	M	A	Residuo	PESO (kg)
2	7	2018	Restaurante	188.6
4	7	2018	Restaurante	127.1
4	7	2018	Restaurante	156.0
9	7	2018	Poda pasto	259.4
10	7	2018	Poda pasto	259.4
11	7	2018	Poda pasto	259.4
12	7	2018	Poda pasto	259.4
13	7	2018	Poda pasto	259.4
16	7	2018	Aserrín	27.2
16	7	2018	Aserrín	41.4
16	7	2018	Restaurante	179.4
16	7	2018	Restaurante	93.0
16	7	2018	Restaurante	113.0
16	7	2018	Restaurante	127.0
16	7	2018	Restaurante	196.0
16	7	2018	Poda pasto	259.4
17	7	2018	Restaurante	134.0
18	7	2018	Restaurante	175.0
18	7	2018	Poda pasto	518.7
18	7	2018	Poda pasto	259.4
18	7	2018	Poda pasto	259.4
19	7	2018	Poda pasto	389.0
24	7	2018	Poda pasto	259.4
25	7	2018	Poda pasto	259.4
25	7	2018	Poda pasto	259.4
26	7	2018	Poda pasto	103.1
26	7	2018	Poda pasto	259.4
27	7	2018	Restaurante	201.0
30	7	2018	Hojas secas	23.8
30	7	2018	Ecoparque	33.4
30	7	2018	Hojas secas	42.7
30	7	2018	Hojas secas	35.2
30	7	2018	Hojas secas	51.8
30	7	2018	Hojas secas	49.3
30	7	2018	Hojas secas	61.5
30	7	2018	Hojas secas	41.5
30	7	2018	Hojas secas	34.3
30	7	2018	Hojas secas	20.4
30	7	2018	Hojas secas	65.1
30	7	2018	Hojas secas	29.5
30	7	2018	Hojas secas	27.3
30	7	2018	Restaurante	92.0
30	7	2018	Restaurante	186.0

31	7	2018	Restaurante	156.0
1	8	2018	Poda pasto	259.4
1	8	2018	Restaurante	153.2
2	8	2018	Hojas secas	73.0
2	8	2018	Poda pasto	259.4
6	8	2018	Restaurante	178.8
6	8	2018	Poda pasto	389.0
8	8	2018	Restaurante	121.0
8	8	2018	Poda pasto	259.4
10	8	2018	Restaurante	183.4
10	8	2018	Restaurante	165.7
10	8	2018	Poda pasto	259.4
10	8	2018	Hojas secas	65.5
11	8	2018	Restaurante	166.0
11	8	2018	Restaurante	193.0
11	8	2018	Restaurante	158.4
12	8	2018	Poda pasto	259.4
13	8	2018	Hojas "Poda"	93.5
13	8	2018	Poda pasto	259.4
14	8	2018	Poda pasto	259.4
15	8	2018	Poda pasto	259.4
16	8	2018	Poda pasto	259.4
17	8	2018	Poda pasto	259.4
17	8	2018	Hojas secas	83.0
20	8	2018	Restaurante	147.3
20	8	2018	Restaurante	167.4
23	8	2018	Restaurante	127.4
27	8	2018	Estiercol Ecomarque	6.3
27	8	2018	Estiercol Ecomarque	3.4
27	8	2018	Restaurante	45.0
27	8	2018	Hojas secas	110.0
27	8	2018	Estiercol Ecomarque	29.3
27	8	2018	Restaurante	24.5
30	8	2018	Poda pasto	64.0
30	8	2018	Poda pasto	259.4
30	8	2018	Poda pasto	259.4
30	8	2018	Hojas secas	61.0
30	8	2018	Restaurante	166.0
30	8	2018	Poda pasto	518.0
3	9	2018	Poda pasto	140.9
3	9	2018	Restaurante	134.2
3	9	2018	Poda pasto	159.5
3	9	2018	Restaurante	168.0
3	9	2018	Poda pasto	164.0
4	9	2018	Poda pasto	164.0
5	9	2018	Poda pasto	164.0
5	9	2018	Poda pasto	164.0
5	9	2018	Restaurante	225.0
6	9	2018	Poda pasto	192.0
7	9	2018	Poda pasto	192.0

8	9	2018	Poda pasto	192.0
10	9	2018	Poda pasto	128.0
10	9	2018	Poda pasto	164.0
10	9	2018	Poda pasto	164.0
10	9	2019	Restaurante	187.0
11	9	2018	Poda pasto	164.0
11	9	2018	Buchon de Agua	427.0
12	9	2018	Buchon de Agua	201.0
12	9	2018	Restaurante	202.3
12	9	2018	Restaurante	156.0
12	9	2018	Restaurante	192.5
12	9	2018	Poda pasto	181.4
14	9	2018	Poda pasto	128.4
14	9	2018	Poda pasto	203.6
14	9	2018	Poda pasto	111.0
17	9	2018	Restaurante	70.1
17	9	2018	Restaurante	5.0
17	9	2018	Aserrín	25.5
17	9	2018	Aserrín	33.6
17	9	2018	Poda pasto	213.6
17	9	2018	Poda pasto	194.0
17	9	2018	Hojas secas	19.2
17	9	2018	Hojas secas	42.0
17	9	2018	Hojas secas	39.0
17	9	2018	Hojas secas	19.8
17	9	2018	Hojas secas	21.6
17	9	2018	Hojas secas	41.0
17	9	2018	Hojas secas	19.9
17	9	2018	Hojas secas	23.5
17	9	2018	Hojas secas	22.4
17	9	2018	Hojas secas	22.6
17	9	2018	Hojas secas	37.0
17	9	2018	Hojas secas	15.3
17	9	2018	Hojas secas	24.3
17	9	2018	Hojas secas	56.3
17	9	2018	Hojas secas	19.3
17	9	2018	Hojas secas	23.3
17	9	2018	Hojas secas	23.3
17	9	2018	Hojas secas	23.3
17	9	2018	Hojas secas	23.3
17	9	2018	Restaurante	178.3
18	9	2018	Poda pasto	169.4
18	9	2018	Poda pasto	204.0
18	9	2018	Poda pasto	194.0
19	9	2018	Restaurante	168.0
24	9	2018	Poda pasto	193.0
24	9	2018	Restaurante	124.0
27	9	2018	Restaurante	147.3
28	9	2018	Restaurante	121.0

Anexo 2: Determinación contenido de carbono y nitrógeno en residuos de alimentos sin preparar. Informe de laboratorio.



Somos su mejor alternativa...



ASISTENCIA TÉCNICA AGRÍCOLA
CONTROL DE CALIDAD
FOJAR
SUELOS
AGUAS

Análisis de Control de Calidad

Muestreo	2018-11-06
Recepción	2018-11-06
Análisis	2018-11-13
Orden de T.	62887

No. CCF 23291

EMPRESA	Andrés Felipe Monroy Rivera	DESCRIPCION:	Residuos Orgánicos
DIRECCION	Trans. 69 B No. 9 D - 90 Int 16 Apto 501	IDENTIFICACION:	Residuos orgánicos para compostaje
CIUDAD	Bogotá	CARACTERISTICAS:	Residuos Orgánicos
NIT	1026295688	OTROS DATOS:	Mezcla de cascara de frutas y verduras
		Procedencia:	TOCANCIPÁ CUNDINAMARCA

REPORTE EN BASE HUMEDA

METODOS ANALITICOS

Nitrógeno total	0.19	% P/P
C. Orgánico Oxidable Total	4.10	% P/P

Suma de Nitrógenos
NTC 5167 Walkey Black

Prohibida la copia total o parcial del presente informe. Toda copia autorizada deberá llevar este sello en original y en cada una de sus páginas. Los presentes resultados analíticos corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.



Carol Ortiz Rodríguez
Carol Ortiz Rodríguez
Jefe Control de Calidad; T.P. 20984

Felipe Calderón Sáenz
Felipe Calderón Sáenz
Director General; T.P. 3186

Anexo 3: Control de parámetros realizado en las pilas piloto.



PARQUE JAIME DUQUE

UNIVERSIDAD DE LA SALLE



CONTROL DE PARAMETROS COMPOSTAJE

FECHA

PILA 1

PILA 2

PILA 3

D	M	A	Temperatura	Humedad	pH	Temperatura	Humedad	pH	Temperatura	Humedad	pH
4	2	2019	24	7	6.8	29	7	6.8			
6	2	2019	28	8	7	50	10	6.5			
11	2	2019	34	1	7	37	10	6.5			
14	2	2019	40	1	7	60	10	5.5			
15	2	2019	35	1	7	60	10	6			
18	2	2019	30	2	7	58	10	6.5	25	2	7
21	2	2019	24	1	7	55	10	6.5	30	2	7
22	2	2019	25	1	7	59	10	7.5	55	10	7
26	2	2019	27	1	7	53	10	6.5	49	10	7
4	3	2019	21	2	7	42	10	6.5	45	10	6
6	3	2019	31	1	7	45	10	6.5	57	8	6
8	3	2019	31	7	6.5	30	11	7	55	8	6.2
18	3	2019	35	6	8	48	8	7.5	45	2	7
21	3	2019	37	6	7	40	10	7	43	2.5	7.5
22	3	2019	34	10	7	40	10	7	47	10	7.5
26	3	2019	27	10	7	45	10	6.8	48	7	7
28	3	2019	30	10	6.5	45	10	7.3	48	7	7
1	4	2019	25	10	7	30	10	7	48	10	7
3	4	2019	53	10	6.5	65	10	7	60	9	7
6	4	2019	36	6	7	55	10	7	60	10	7.5
8	4	2019	35	10	7	58	10	7.5	58	10	7
10	4	2019	40	7	6.5	50	10	7.5	53	10	7.5
22	4	2019	25	10	7	27	10	7	30	6	7
26	4	2019	40	6	7	36	10	7	56	4	7
29	4	2019	30	3	7	30	10	7	50	2	7
3	5	2019	32	1	6.8	33	10	7.5	44	1.5	7

6	5	2019	32	10	6.5	32	10	6	38	10	4
9	5	2019	53	10	6	49	10	5	52	10	5
10	5	2019	55	10	5.8	48	10	6	54	10	6
14	5	2019	40	9	7	43	10	6.5	52	10	6
15	5	2019	41	10	7	39	10	7	49	10	6.5
17	5	2019	38	10	7	37	10	7.5	45	10	7
20	5	2019	36	6	7	35	10	7	45	10	6.5
22	5	2019	34	10	7	29	10	7	47	10	7
24	5	2019	28	8	7	26	10	7	34	10	7
27	5	2019	30	10	7	25	10	7	30	10	6
29	5	2019	44	10	6.5	26	10	6.5	30	10	6.5
4	6	2019	40	10	7	25	10	7	26	10	6.5
5	6	2019	56	10	7	30	10	7	39	8	7
7	6	2019	54	10	6	30	10	7	37	10	7
12	6	2019	42	8	7	30	10	7	35	10	7

Anexo 4: Análisis del compostaje producido en la pila piloto 2. Informe de laboratorio.

Análisis de Control de Calidad

Muestreo	2019-06-25
Recepción	2019-06-25
Análisis	2019-07-05
Orden de T.	64691

No. CCF 24092

EMPRESA	Andrés Felipe Monroy Rivera	DESCRIPCION:	Abono Orgánico Sólido	
		IDENTIFICACION:	Compostaje	
DIRECCION	Trans. 69 B No. 9 D - 90 Int 16 Apto 501	CARACTERISTICAS:	Producto color café oscuro y negro	
		Procedencia:	TOCANCIPÁ	CUNDINAMARCA
CIUDAD	Bogotá			
NIT	1026295688			

REPORTE EN BASE HUMEDA

				METODOS ANALITICOS	
Densidad Aparente Seca	0.23	g/cm ³			LBC 43 Gravimetría
pH en Pasta Saturada	7.59				LBC 44 Potenciometría
C.E. en Extracto Saturación	9.29	dS/m			LBC 41 Potenciometría
Humedad	64.07	% P/P			NTC 35 Gravimetría
Cenizas	14.10	% P/P			LBC 39 Gravimetría
Residuo Insoluble en Acido	10.13	% P/P			LBC 21 Gravimetría
C.I.C	37.27	meq/100g			NTC 5167 Volumetría
Nitrógeno total	0.69	% P/P			Suma de Nitrógenos
Potasio Total	0.84	% P/P	K2O Total	1.01 % P/P	NTC 202 Emisión
Calcio Total	0.51	% P/P	CaO Total	0.72 % P/P	NTC 1369 Absorción Atómica
Magnesio Total	0.14	% P/P	MgO Total	0.23 % P/P	NTC 1369 Absorción Atómica
Fósforo Total	0.15	% P/P	P2O5 Total	0.35 % P/P	NTC 234 Colorimetría
Azufre	0.10	% P/P			NTC 1154 Turbidimetría
Sodio	0.02	% P/P			NTC 1146 Emisión
C. Orgánico Oxidable Total	6.19	% P/P			NTC 5167 Walkey Black
Rel (C/N)	9.02				
Retención de Humedad	64.34	% P/P			NTC 5167 Gravimetría
Perdidas por Volatilización	21.83	% P/P			NTC 5167 Gravimetría
Si Total	3.13	% P/P	SiO2 Total	6.70 % P/P	LBC 89 Colorimetría

NOTA: La extracción de los minerales se realizó con HNO₃ - HClO₄ en proporción (2:1)

Prohibida la copia total o parcial del presente informe. Toda copia autorizada deberá llevar este sello en original y en cada una de sus páginas. Los presentes resultados analíticos corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.



Carol Ortiz Rodríguez

Jefe Control de Calidad; T.P. 20994

Felipe Calderón Sáenz

Director General; T.P. 3186

Anexo 5: Análisis del compostaje producido por el Parque Jaime Duque.

Empresa: PARQUE JAIME DUQUE
Nit: 830.503.497-7
Dirección: CALLE 114 N° 6A-92
Solicitado por: Samuel Andrey Rodríguez Paez
Teléfono: (571)6200681
Celular: --
E-mail: ecoparque@parquejaimeduque.com.co
Orden de Servicio: 31212

Fecha Recepción: 2019-01-21
Fecha de Emisión de Resultados: 2019-02-08
Fecha de Muestreo: 2019-01-21
Muestreo a Cargo de: CHEMILAB
Plan de muestreo: Consecutivo No. 2554
Procedimiento de muestreo: PGC 04 003
Número total de muestras: 1
Lugar de Muestreo: PARQUE JAIME DUQUE
Tipo de muestreo: Puntual Suelos
Tipo de Muestra: ARI () ARD () ARnD () AN ()
AP () AM () S (X) AX ()

Reporte de Resultados

Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	COMPOSTAJE
							MS108423
1	2019-01-30	Azufre Disponible	IGAC / Extracción Monofosfato de Calcio 0.008M	Extracción, Turbidimetría	2,0	mg/kg ss	277
2	2019-01-29	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)*	NTC 5268:2014	Extracción acetato de Amonio 1N pH7,0, Titulometría	0,1	meq/100 g	35,8
3	2019-01-30	Carbono organico total (COT)*	NTC 5403 Walkley & Black	Digestión, Titulometría	0,0600	%	5,96
4	2019-01-29	Cenizas	No Aplica	Calcinación a 550°C	N.A	%	75,3
5	2019-01-30	Conductividad Electrica*	NTC 5596:2008	Pasta de saturación, Electrometría	0,001	mmhos/cm	5,41
6	2019-01-30	Densidad Real*	NOM-021-RECNAT-2000, AS-04	Picnómetro	N.A	g/cm ³	1,97
7	2019-01-31	Fósforo total	IGAC	Digestión -colorimetría	1,5	mg/kg ss	1820
8	2019-01-30	Humedad Natural*	IGAC 6a EDICIÓN, 2006	Gravimétrico	N.A	%	92,6
9	2019-01-30	Nitrógeno total	NTC 5889: 2011-12-09	Digestion - kjeldahl, Titulometría	0,015	%	0,512
10	2019-02-01	pH*	Relación suelo: agua 1:1 IGAC	Electrometría	N.A	Und de pH	7,53
11	2019-01-24	Potasio Total*	EPA 3050 B, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno	25,0	mg/kg ss	<25,0
12	2019-02-07	Relación Carbono-Nitrogeno	Cálculo	Cálculo	N.A	%	11,648
13	2019-02-01	Silicio (suelo)	SM 4500 Cuantificación/Extracción NTC 5596	Extracción en pasta de saturación, Colorimetría	1,36	mg/kg	<1,36
14	2019-01-24	Sodio Total*	EPA 3050 B, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno	10,0	mg/kg ss	552

ARI: Agua Residual Industrial, ARD: Agua Residual Doméstica, ARnD: Agua Residual no Doméstica, AN: Agua Superficial o Subterránea, AP: Agua Potable, S: Suelo, AM: Agua Marina, AX: Otros
*ChemiLab tiene estos parametros acreditados mediante resolución 2016 de 2014 y 1226 de 2016 del IDEAM.

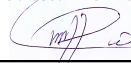
** Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado

(P) PICCAP

Parámetro no acreditado

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)
Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)
Resultados validos únicamente para la(s) muestras analizadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de Chemilab S.A.S



CENAYDA LOPEZ OBANDO
Coordinador de Reportes
PQ-05732



Empresa:	PARQUE JAIME DUQUE	Fecha Recepción:	2019-01-21
Nit:	830.503.497-7	Fecha de Emisión de Resultados:	2019-02-08
Dirección:	CALLE 114 N° 6A-92	Fecha de Muestreo:	2019-01-21
Solicitado por:	Samuel Andrey Rodríguez Paez	Muestreo a Cargo de:	CHEMILAB
Telefono:	(571)6200681	Plan de muestreo:	Consecutivo No. 2554
Celular:	--	Procedimiento de muestreo:	PGC 04 003
E-mail:	ecoparque@parquejaimeduque.com.co	Número total de muestras:	1
Orden de Servicio:	31212	Lugar de Muestreo:	PARQUE JAIME DUQUE
		Tipo de muestreo:	Puntual Suelos
		Tipo de Muestra:	ARI () ARD () ARnD () AN () AP () AM () S (X) AX ()

OBSERVACIONES ANALITICAS

NINGUNA

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)
Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)
Resultados validos únicamente para la(s) muestras analizadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de Chemilab S.A.S



CENAYDA LÓPEZ OBANDO
Coordinador de Reportes
PQ-05732

**** FIN DE ESTE REPORTE ****

Bogotá D.C., 08 de febrero de 2019

Señores:

PARQUE JAIME DUQUE

Att: Samuel Andrey Rodríguez Paez

La Ciudad.

Asunto: Entrega Informe de Resultados de Análisis R 69043

Cordial Saludo.

Atendiendo la solicitud de análisis enviada por ustedes, hago entrega del informe de resultados de análisis correspondiente a las muestras:

N° Muestra	Código Interno	Identificación Cliente
1	MS108423	COMPOSTAJE

Cualquier solicitud de aclaración del presente reporte, así como sugerencias, quejas y/o reclamaciones por favor comunicarnos a coordinación calidad comunicándose al teléfono 6702853 o al correo electrónico calidad@chemilab.com.co.

Agradezco su atención.

Atentamente.



CENAYDA LOPEZ OBANDO

Coordinador de Reportes

Anexo 6: Ficha técnica compost TenZEL®.

Acondicionador de suelos

Biológico, estabilizado y libre de patógenos



TenZel
compost

IBICOL LTDA

ACONDICIONADOR ORGANICO NO HUMICO
USO AGRICOLA

100% libre de patógenos

REGISTRO ICA No.9804



ibicol[®]

Insumos
biológicos de
colombia



Alta Tecnología

TenzEL es compost de alta calidad, producido a través de un **Sistema de Compostaje Avanzado SCA**, con tecnología **Midwest Bio Systems** que le asegura un nivel óptimo como acondicionador de suelos.

Gracias a su alto contenido de carbono, materia orgánica y microorganismos, **TenzEL** mejora las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo; lo que proporciona mejor capacidad de retención de agua y nutrientes, controla la erosión, restaura rápidamente las condiciones de fertilidad de los suelos y aumenta su capacidad de intercambio catiónico.

Proceso

El compostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica hasta lograr una estabilización biológica en condiciones aeróbicas.

El proceso se lleva a cabo en dos fases: Termófila y mesófila controladas a través de mediciones de temperatura, CO₂ y humedad para lograr la total descomposición de la materia orgánica.

El Resultado

Un compost 100% libre de patógenos y un alto contenido de materia orgánica que aporta directamente vida al suelo con microorganismos benéficos, nutrientes y estructura, dándole la posibilidad de producir más y mejores cosechas.



Aspecto Biológico

- Incrementa la población microbiana del suelo.
- Incrementa los microorganismos benéficos.
- Tanto los micro como los macro organismos atacan los residuos vegetales patógenos que quedan en el suelo después de recolectadas las cosechas, ayudando a su biodegradación y control natural.

TenzEL está inoculado con probióticos **Probio Balance Plus**, en 3 etapas del proceso para garantizar su estabilidad.





COMPOSICIÓN GARANTIZADA

CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO			SÓLIDO
PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO ANALÍTICO
Humedad	33,8	%	GRAVIMÉTRICO (NTCS167)
Cenizas	22,7	%	GRAVIMÉTRICO (NTCS167)
Pérdidas por volatilización	43,5	%	GRAVIMÉTRICO (NTCS167)
Carbono Orgánico Oxidable Total	14,5	%	WALKLEY-BLACK (NTCS167)
pH (pasta de saturación)	8,25		POTENCIOMÉTRICO
Densidad (Base Seca-20°C)	0,46	g/cc.	GRAVIMÉTRICO (NTCS167)
Conductividad Eléctrica	9,8	dS/m	CONDUCTRIMÉTRICO
Retención de Humedad	120	%	GRAVIMÉTRICO (NTCS167)
Cap. Intercambio Cationico	30,6	(me/100g)	VOLUMÉTRICO (NTCS167)
C/N	11		
Nitrógeno Orgánico (NOrg)	1,31	%	MICRO-KJELDHAL (NTCS167)
Fósforo Total (P205)	1,09	%	COLORIMÉTRICO (NTCS167)
Potasio Total (K20)	1,69	%	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Calcio Total (CaO)	4,24	%	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Magnesio Total (MgO)	0,30	%	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Azufre Total (S-S04)	0,21	%	TURBIDIMÉTRICO
Hierro total	0,63	%	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Manganeso Total	99	p.p.m	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Cobre total	44	p.p.m	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Zinc total	106	p.p.m	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Boro total	23	p.p.m	COLORIMÉTRICO (NTCS167)
Sodio total	0,11	%	EMISIÓN DE LLAMA (NTCS167)
Silice Total SiO2 (Sodio soluble en HF)	11,4	%	ABS. ATÓMICA (NTCS167)
Residuo insoluble en ácido	14,0	%	GRAVIMÉTRICO (NTCS167)

*PRUEBA POSITIVA PARA CARBONATOS

Fuentes

Compost preparado de podas de jardín, residuos orgánicos municipales separados en la fuente, viruta, poda de árboles, compost terminado

Para la venta y aplicación de este

Acondicionador de suelos es recomendable la prescripción de un Ingeniero Agrónomo, con

base en análisis de suelos y / o tejido foliar.

PESO NETO (kg o gr) : 50 kg

IBICOL LTDA.
INSUMOS BIOLÓGICOS DE COLOMBIA LTDA
CALLE 78 No. 9-57 ofic 804

Tel 530 3406
Bogotá D.C.
www.ibicol.com.co
ibicol@hotmail.com

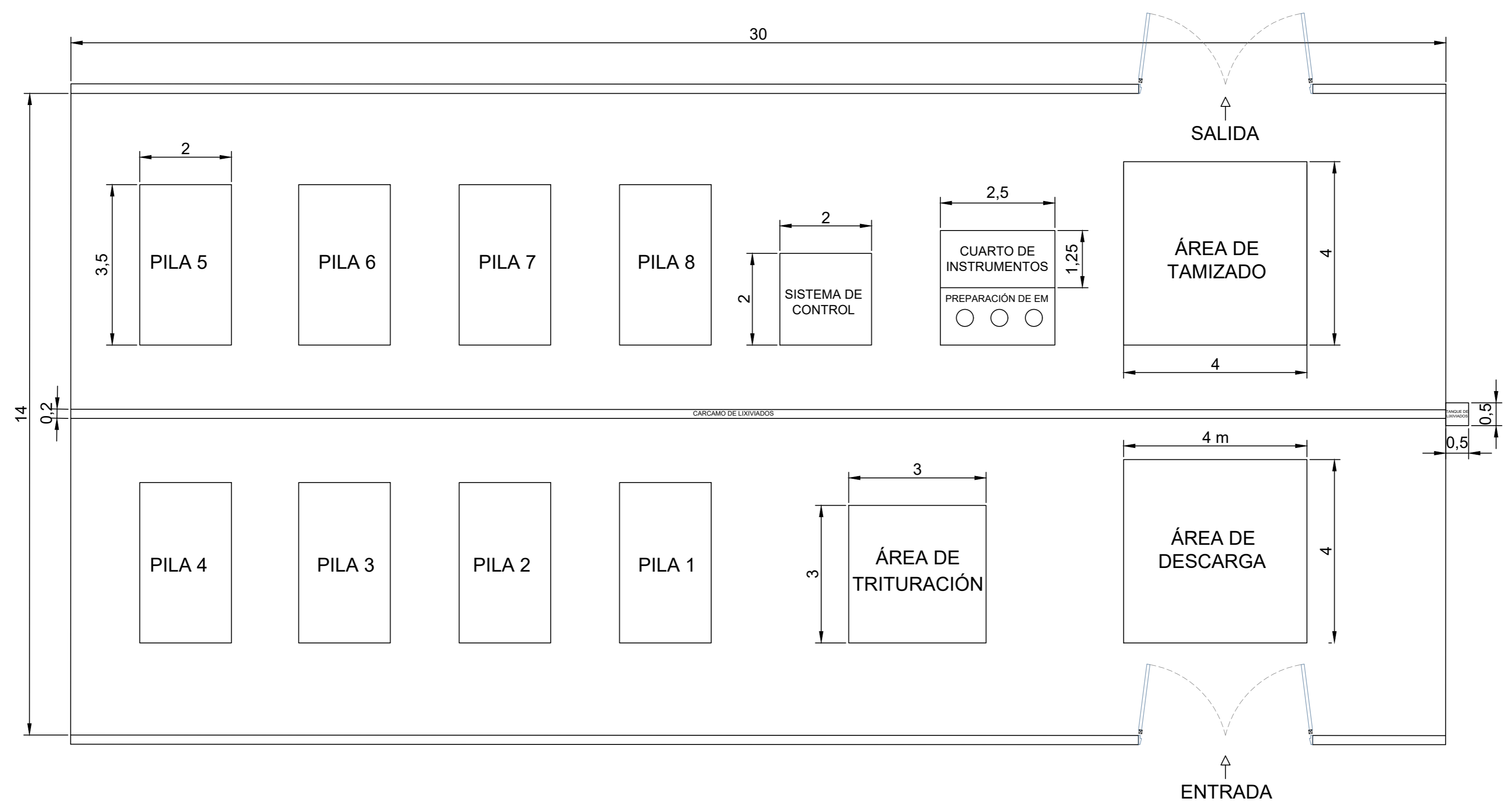
Etiqueta
LOTE _____




ibicol[®]
Insumos
biológicos de
colombia

Calle 78 No. 9 – 57 Oficina 804
Teléfonos (+571) 5303406 – 2353511
Fax (+571) 3451842
Bogotá D.C., Colombia
www.ibicol.com.co

Anexo 7: Plano planta de compostaje.



	Presentado por : Andres Felipe Monroy Rivera Laura Liliana Prada Vargas	Contiene: Plano general de la planta de compostaje	Optimización del proceso de compostaje para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en el Parque Jaime Duque ubicado en el municipio de Tocancipa, Cundinamarca	Plano N° 1 de 1	Unidades en metros (m)
	Revisado por: Ing Javier Mauricio Gonzalez Director de tesis	Fecha: Julio de 2019		Escala de ploter: 1:75	

Anexo 8: Manual de operación planta de compostaje.

**MANUAL DE OPERACIÓN PLANTA DE COMPOSTAJE
PARQUE JAIME DUQUE**

Elaborado por:

**Andrés Felipe Monroy Rivera
Laura Liliana Prada Vargas**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
BOGOTÁ D.C
2019**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
Objetivos del compostaje.	6
2. GENERALIDADES.....	7
2.1. Ubicación.....	7
2.2. Capacidad de producción.....	7
2.3. Recursos físicos	8
Trituradora	8
Termómetro	8
Medidor de humedad y pH.....	9
Báscula	10
Zaranda	10
Pala y azadón	10
Carretilla.....	10
Canecas de 55 galones.....	11
Microorganismos eficientes.....	11
Tanque de lixiviados.....	11
Plástico negro	11
2.4. Recursos humanos	11

3.	RECOLECCIÓN DE RESIDUOS	13
4.	RECEPCIÓN DE RESIDUOS	14
4.1.	Descargue.....	14
4.2.	Trituración	14
5.	PROCESO DE COMPOSTAJE	15
5.1.	Conformación de la pila de compostaje.....	15
5.2.	Preparación de microorganismos eficientes.	15
6.	MONITOREO Y CONTROL	17
6.1.	Temperatura	17
6.2.	Humedad	17
6.3.	pH.....	18
6.4.	Aireación.....	19
6.5.	Control de olores.....	20
6.6.	Lixiviados	20
7.	FINALIZACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	21
8.	SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.....	22
8.1.	Elementos de protección personal	22
8.2.	Jornada laboral.....	22
	BIBLIOGRAFIA	23

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Área 1 y 2 del Parque Jaime Duque	7
Ilustración 2: Trituradora INDUTORNOMETAL JR-6.....	8
Ilustración 3: Termómetro Brixco	9
Ilustración 4: Medidor de pH y humedad Brixco.	9
Ilustración 5: Zaranda.	10
Ilustración 6: Configuración del equipo Brixco para medir humedad.	18
Ilustración 7: Configuración del equipo Brixco para medir pH	19

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Composición Microorganismos eficientes. 15

1. INTRODUCCIÓN

El compostaje es un proceso biológico que transforma la materia orgánica en humus (abono orgánico) debido a la actividad de los microorganismos que se desarrollan espontáneamente.

Los principales organismos implicados en la transformación biológica anaerobia de los residuos orgánicos son bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos.

Este proceso permite obtener un producto rico en materiales humificables, sales minerales y microorganismos beneficiosos para mejorar la estructura de los suelos y la vida de los vegetales. (Pineda, 1998)

Objetivos del compostaje.

Transformar materiales orgánicos biodegradables en materiales biológicamente estables y reducir el volumen original de los residuos sólidos.

Destruir gérmenes, patógenos, huevos de insectos y otros organismos no requeridos para que puedan estar presentes en los residuos sólidos

Retener el máximo contenido nutricional, sobre todo de nitrógeno, fósforo y potasio.

Elaborar un producto que se pueda utilizar para soportar el crecimiento de plantas y como enmienda en el suelo.

2. GENERALIDADES

2.1. Ubicación

La planta de compostaje se encuentra ubicada en el interior de las instalaciones del Parque Jaime Duque, el cual se encuentra ubicado el municipio de Tocancipá, Cundinamarca en el kilómetro 34 de la Autopista Norte, en la latitud $4^{\circ}56'52''N$ y longitud $73^{\circ}57'47''O$, con una altitud media de 2605 msnm.



Ilustración 1: Área Parque Jaime Duque
Fuente: Google Earth

2.2. Capacidad de producción

La planta de compostaje tiene la capacidad de recibir y procesar 7 toneladas mensuales de residuos orgánicos provenientes de todas las áreas del parque, dentro de los que se destacan poda de césped, residuos de alimentos sin preparar y hojas secas. La llegada de los residuos

orgánicos depende de las actividades de mantenimiento de las zonas verdes y cuerpos de agua programadas por el Parque.

2.3. Recursos físicos

Trituradora

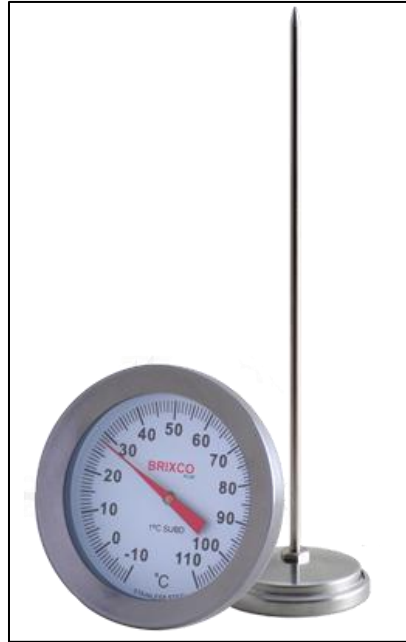
La planta de compostaje cuenta con una trituradora de desechos orgánicos, marca INDUTORNOMETAL JR[®] REF. JR-6 con capacidad de corte de 2.5 ton/hora, tiene 6 cuchillas y 6 aletas de desgarrar, la cual será utilizada para reducir el tamaño de partícula de los residuos generados en el Parque Jaime Duque, asegurando un tamaño de corte entre 8 a 40 mm.



*Ilustración 2: Trituradora INDUTORNOMETAL JR-6
Fuente: (INAGRO, 2019)*

Termómetro

Para el control de temperatura al interior de las pilas, se cuenta con un termómetro de punzón marca Brixco[®] modelo 4182, con un rango de medición entre -10°C y 110°C.



*Ilustración 3: Termómetro Brixco
Fuente: (Labexco, 2019)*

Medidor de humedad y pH

Para el seguimiento y monitoreo de los parámetros de humedad y pH, se cuenta un medidor de humedad y pH para suelo marca Brixco® modelo 4355, con una escala de medición entre 0% y 100%, y el pH entre 3 y 10.



*Ilustración 4: Medidor de pH y humedad Brixco.
Fuente: (Labexco, 2019)*

Báscula

En la zona de descargue de los residuos se cuenta con una báscula para la cuantificación de los residuos que ingresan a la planta.

Zaranda

A través de esta herramienta se realiza el proceso de cribado al finalizar el proceso de compostaje. Cuenta con una malla de 8x8 huecos por pulgada cuadrada, para garantizar la presentación del compostaje en una textura bastante fina.



*Ilustración 5: Zaranda.
Fuente: (Mercadolibre, 2019)*

Pala y azadón

Con estas herramientas, el operario encargado de la planta realiza las labores de volteo de las pilas en los tiempos establecidos.

Carretilla

La planta cuenta con una carretilla para transportar los residuos generados en el Parque, desde el área de descargue hasta la trituradora, de la trituradora a la pila de compostaje que se está conformando, y de la pila que ya ha terminado el proceso de compostaje a el área de tamizado.

Canecas de 55 galones

Recipiente necesario para la preparación y reproducción de microorganismos eficientes que serán aplicados en las pilas de compostaje.

Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes son un insumo fundamental, debido a que aceleran el proceso de compostaje y así reducen el tiempo requerido de descomposición del material,

La elevada presencia de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos, etc.) y la de macroorganismos (insectos, lombrices) resulta vital e indispensable en todo el proceso de degradación, descomposición o fermentación de la materia orgánica, hasta transformarse en humus. (Palmero, 2010)

Tanque de lixiviados

La planta cuenta con un tanque subterráneo para la recolección de lixiviados que se puedan generar en el proceso de compostaje.

Plástico negro

Al interior de la planta se utiliza plástico negro, calibre 18, tipo invernadero, para cubrir las pilas de compostaje, de tal forma que se conserve la temperatura al interior de cada pila.

Dicho plástico debe reemplazarse cuando se encuentre deteriorado.

2.4. Recursos humanos

Para el correcto funcionamiento de la planta, es necesario contar con un operario que se encuentre capacitado en todos los procedimientos que este manual describe, además de comprender en qué consiste el proceso de compostaje.

Dicho operario, estará acompañado por el Departamento de Gestión Ambiental, quienes se encargarán de capacitarlo, y hacerle seguimiento constantemente.

3. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

Antes de realizar la recolección de los residuos, es fundamental capacitar a todas las personas que se encuentran en el Parque (funcionarios, visitantes, contratistas, etc.) acerca de la importancia de realizar una correcta separación de residuos en la fuente, e implementar acciones que incentiven dicha labor, que es fundamental para garantizar la calidad del compostaje.

De acuerdo al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Parque Jaime Duque, se cuenta con tres rutas de recolección selectiva para residuos orgánicos que cubren la totalidad de las instalaciones del Parque, para dicha tarea se cuenta con dos operadores, los cuales transportan los residuos orgánicos hasta el área de descargue en la planta de compostaje.

Adicional a los residuos orgánicos recogidos en la ruta de recolección, en las actividades de mantenimiento programadas para las zonas verdes y cuerpos de agua, se generan residuos como poda de césped, hojas secas y buchón de agua. Los operarios que realicen dichas actividades serán los encargados de coordinar la recolección y transporte de los residuos hasta la planta de compostaje.

Finalmente, los residuos orgánicos generados en el Bioparque Wakatá, son almacenados en centros de acopio dispuestos para tal fin, y una vez a la semana son llevados hasta la planta de compostaje para su posterior aprovechamiento.

4. RECEPCIÓN DE RESIDUOS

4.1. Descargue

Normalmente los residuos orgánicos provenientes de las rutas de recolección selectivas, se presentan en bolsas plásticas, el operario encargado de la planta de compostaje debe pesar las bolsas y registrar los datos en el respectivo formato, posteriormente, en la zona de descargue debe abrir las bolsas y esparcir los residuos, realizando una inspección visual en búsqueda de materiales que no sean orgánicos y puedan entorpecer el proceso de compostaje.

Los residuos provenientes de las actividades de mantenimiento como poda de césped y hojas secas, generalmente se presentan en lonas y costales, para los cuales debe repetirse el proceso anteriormente descrito, prestando atención especial a retirar las piedras de gran tamaño que puedan afectar el funcionamiento de la trituradora.

4.2. Trituración

Antes de iniciar el proceso de trituración, el Departamento de Salud y Seguridad en el Trabajo, en conjunto con el fabricante de la trituradora, capacitarán al operario en el adecuado manejo de la máquina, para evitar sufrir accidentes.

Una vez descargados e inspeccionados los residuos orgánicos, el operario procederá a triturarlos, para esto, encenderá la máquina trituradora, e irá depositando los residuos por la parte superior de la tolva. Se debe garantizar un tamaño de partícula entre 8 y 12 mm, de esta operación dependerá que el tiempo de descomposición de los residuos sea el esperado.

5. PROCESO DE COMPOSTAJE

5.1. Conformación de la pila de compostaje

Una vez se tienen los residuos triturados se procede a conformar la pila de compostaje. Para esta actividad el operario transportará los residuos triturados hasta el espacio destinado para la conformación de la pila. (Ver Anexo 1 – Plano planta de compostaje).

La pila de compostaje tendrá 3.5 metros de largo, 2.0 metros de ancho y 1.0 metro de altura, al alcanzar estas dimensiones, se procede a crear una pila nueva. Los residuos se distribuirán en capas uniformemente por toda el área de la pila, asegurando que se mezclen entre sí.

Una vez se han alcanzado las dimensiones estipuladas para cada pila, se cubre con plástico negro, calibre 18, tipo invernadero, con el propósito de mantener la temperatura al interior de la pila.

5.2. Preparación de microorganismos eficientes.

Los microorganismos eficientes ayudan a acelerar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, por tal motivo, es necesario garantizar su correcta preparación para su posterior aplicación en las pilas de compostaje.

En las canecas de 55 galones dispuestas para tal fin, se debe realizar la siguiente mezcla:

Tabla 1: *Composición Microorganismos eficientes.*

Producto	Cantidad
Probio Balance: Bacterias ácido lácticas (<i>Lactubacillus spp</i>), actinomicetos, levaduras (<i>Saccharomyces spp</i>)	40 litros
Melaza: Derivado de la caña de azúcar	60 kilos, disueltos en 16 litros de agua.
Agua	200 litros

Fuente: (Parque Jaime Duque, 2017)

Después de agregar todos los productos, se debe revolver vigorosamente utilizando un remo, hasta obtener una mezcla homogénea.

Cuando se terminan de conformar las pilas de compostaje, se comienzan a aplicar 14 litros de microorganismos eficientes, utilizando una regadera de jardín, y haciéndolo de forma continua por toda el área de la pila. La frecuencia de aplicación será de día de por medio.

6. MONITOREO Y CONTROL

6.1. Temperatura

El control de temperatura es fundamental en el proceso de compostaje, pues indicará la fase en la que se encuentra. Los primeros días en donde la actividad microbiológica está iniciando debería mantenerse entre 50°C y 55°C, después de 10 días de conformada la pila y hasta el final del proceso, la temperatura debe mantenerse entre 55°C y 60°C para favorecer la actividad microbiológica al interior de la pila.

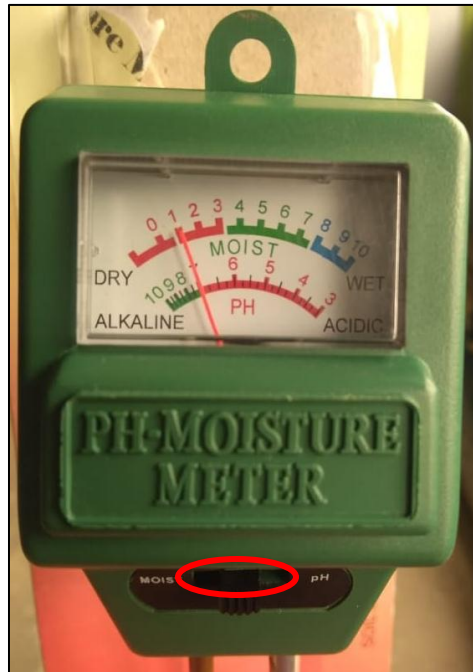
Para la medición de la temperatura se utilizará el termómetro de punzón marca Brixco modelo 4182. El termómetro debe ser introducido en su totalidad, en la mitad de la pila y esperar 5 minutos para realizar la lectura del mismo. Se debe registrar en el formato asignado, el día, la hora y la lectura correspondiente.

Una vez hecha la medición de temperatura, se retira el termómetro, se lava con agua y se guarda en el cuarto de instrumentos.

Dicho control de temperatura se realizará una vez a la semana.

6.2. Humedad

El control de humedad se realiza con el medidor de pH y humedad marca Brixco modelo 4355. Introduciendo las sondas del equipo en su totalidad, en la mitad de la pila, se procede a mover la palanca del equipo hacia el lado izquierdo en donde indica la palabra *Moist*, se espera 5 minutos y se procede a hacer la lectura, posteriormente se registra la fecha, hora y medición en el formato asignado. Una vez hecha la lectura, se retira el equipo, y se lava con abundante agua hasta retirar todos los residuos.



*Ilustración 6: Configuración del equipo Brixco para medir humedad.
Fuente: Autores, 2019*

La humedad de las pilas de compostaje debe mantenerse entre 50 y 60% para favorecer el proceso de descomposición. Si la humedad se encuentra por debajo de este rango, se procede a aplicar microorganismos eficientes hasta humedecer el compostaje, en caso contrario, si la pila tiene un exceso de humedad es necesario realizar el proceso de volteo de forma más seguida.

El control de humedad se realizará una vez por semana.

6.3.pH

El control de pH se realiza con el medidor de pH y humedad marca Brixco modelo 4355. Introduciendo las sondas del equipo en su totalidad, en la mitad de la pila, se procede a mover la palanca del equipo hacia el lado derecho en donde indica la palabra *pH*, se espera 5 minutos y se procede a hacer la lectura, posteriormente se registra la fecha, hora y medición en el formato asignado. Una vez hecha la lectura, se retira el equipo, y se lava con abundante agua

hasta retirar todos los residuos. El pH debe mantenerse en un rango de 7 a 7.5 y se realizará el control una vez por semana.



Ilustración 7: Configuración del equipo Brixco para medir pH
Fuente: Autores, 2019

6.4. Aireación

Para favorecer el proceso de aireación al interior de la pila de compostaje, es necesario realizar un proceso de volteo, el cual consiste en desarmar la pila de compostaje, utilizando la pala y el azadón, con el propósito de mezclar todos los residuos, teniendo en cuenta que los residuos que estaban en la parte superficial de la pila, ahora pasarán a estar en el interior, y los residuos que estaban en el interior de la pila, pasaran hacia la parte superficial de la pila. De esta forma se garantiza que los residuos entren en contacto con el oxígeno del ambiente, y no se den condiciones de descomposición anaerobias.

Este proceso de volteo se realizará cada 20 días, a partir del momento en que la pila alcanza las dimensiones establecidas.

6.5. Control de olores

El control de olores se realiza de forma organoléptica de forma permanente. El proceso de compostaje no debe generar malos olores, en caso de presentarse es un indicador de que la descomposición de los residuos no se está llevando a cabo de la forma adecuada, se están presentando condiciones anaeróbicas, es decir, no hay presencia de oxígeno y se están liberando gases en forma de gas amonio. En caso de presentarse malos olores, debe aplicarse el procedimiento para realizar el volteo de la pila.

6.6. Lixiviados

En condiciones ideales el proceso de compostaje no debe generar lixiviados, sin embargo, como medida de seguridad, la planta cuenta con un canal para el transporte de los lixiviados hasta un tanque, todo esto en caso de presentarse. Diariamente debe revisarse el estado del tanque, en caso de encontrarse lixiviado este podría ser utilizado para regar las pilas y de esta forma es reincorporado al proceso.

7. FINALIZACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Transcurridos 90 días desde que la pila de compostaje se conformó en su totalidad y realizados todos los procesos de monitoreo y control, el compostaje está listo para su salida de la planta, únicamente hace falta el proceso de tamizado, el cual consiste en hacer pasar el compostaje a través de una zaranda, para obtener una textura fina en el producto final, y proceder a empacarlo de acuerdo a las necesidades de revegetalización que se tengan en el interior del parque. El Departamento de Gestión Ambiental será el encargado de darle un correcto uso al compostaje producido.

El producto final debe tener apariencia de tierra, con una textura fina y sin grumos, no se deben percibir malos olores.

8. SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

8.1. Elementos de protección personal

El operario encargado de la planta deberá tener su uniforme de dotación en perfecto estado, sin rotos ni apliques que puedan alterar su protección, el uso de botas de seguridad con punta de acero es obligatorio en toda la jornada laboral.

Cuando el operario se encuentre en el área de descargue debe tener siempre puestas gafas de protección, protector nasobucal (tapabocas), y guantes de carnaza o antideslizantes.

En el área de trituración, es el área de mayor riesgo dentro de la planta, para esto, el operario deberá estar en perfecto estado de salud, y contar con los siguientes elementos de seguridad: careta protectora, guantes de carnaza y protector auditivo. Deberá tener las mangas del uniforme recogidas, esto con el propósito de evitar atrapamientos en las cuchillas de la trituradora.

Para la conformación de las pilas de compostaje, y su posterior monitoreo, el operario deberá contar con gafas de protección y protector nasobucal.

Para la preparación de los microorganismos eficientes, es necesario contar con guantes de caucho.

8.2. Jornada laboral

El Parque Jaime Duque establecerá la jornada laboral del operario de la planta de compostaje, sin embargo, es de vital importancia tener en cuenta los tiempos necesarios para realizar las pausas activas. Las actividades a realizar al interior de la planta requieren de esfuerzo físico, por tal motivo es importante realizar estiramientos musculares antes, durante y después de la jornada, para evitar lesiones físicas.

BIBLIOGRAFIA

INAGRO. (2019). *Ficha técnica picadora de desechos orgánicos JR - 6*. Funza, Cundinamarca: Industrias Tornomrtal JR SAS.

Labexco. (2019). *Medidor de suelos*. Obtenido de <http://labexco.com/site/producto/274>

Labexco. (2019). *Termómetro Bimetálico*. Obtenido de <http://labexco.com/site/producto/244>

Mercadolibre. (2019). *Zaranda Albañil*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-709565283-zaranda-albanil-35x49x6-construccion-reforzada-_JM

Palmero, R. P. (2010). *Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones*. Tenerife, España: Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Ruarl del Cabildo Insular de Tenerife.

Parque Jaime Duque. (2017). *Hoja de Seguridad - Microorganismos eficientes*. Tocancipa.

Anexo 9: Cotizaciones.



FIRA INGENIERÍA S.A.S.

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES.

Mosquera, 26 de julio de 2019.

Señores
Felipe Monroy y Laura Prada
Universidad De La Salle
Bogotá D.C.

La presente cotización se hace con base en la información suministrada y con base en datos que corresponde a un prediseño sin datos reales, para lo cual se requiere realizar un estudio de suelos para poder hacer los diseños estructurales. Por consiguiente, ára hacer realidad este proyecto, se hace necesario realizar estos estudios previos a cualquier cotización oficial y actividad de obra.

Por lo anterior se asume una excavación de 80 cms de profundidad, un relleno en subbase granular tipo B-400 para mejoramiento de piso, fundición de una placa en concreto de 3000 psi de 15 cms de espesor, reforzada en malla electrosoldada de 7 mm de espesor y formando un hueco de 15 cms * 15 cms. Para la estructura de la caseta se asume la construcción de una zapata en concreto 3000 PSI reforzada con un parilla conformada con 5 varillas de 5/8" de cada sentido, unas columnas metálicas que irán ancladas al concreto por medio de platinas metálicas y tornillos anclados o soldadura, las cuales reciben la estructura metálica y tornillos anclados o soldadura, las cuales reciben la estructura metálicas de la cubierta. La cubierta que se solicita en teja plástica traslucida, se plantea tipo ajover.

Validez de la oferta: treinta días.
Tiempo de ejecución: sesenta días.
Valor de la propuesta: \$252'364.378

La propuesta económica se presenta en el cuadro adjunto.



PROYECTO: TRATAMIENTO MATERIAL ORGANICO JAIME DUQUE

ITEM	ACTIVIDAD	UND	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
1	Estudio de suelos y diseño estructural cimentación y estructura metálica	UN	1	15,500,000	15,500,000
2	Localización y replanteo	M2	420	3,600	1,512,000
3	Excavación mecánica h=0.80 m, cargue y trasporte de escombros	M3	440	63,400	27,896,000
4	Relleno compactado en subbase granular tipo B-400	M3	336	84,200	28,291,200
5	Placa en concreto 3000 psi, espesor 0.15 m, corte para dilataciones y sello con sika roll y sikaflex	M2	420	99,500	41,790,000
6	Acero de refuerzo en malla electrosoldada, hueco 15*15 cms y espesor 7 mm	M2	420		-
7	Concreto 3000 psi para zapatas de columnas	M3	20	745,000	14,900,000
8	Acero de refuerzo en varillas pdr - 60, para zapatas	KG	200	3,700	740,000
9	Columnas metálicas y estructura metálica para cubierta, incluye correas, platinas, anclajes, contravientos, base y montaje	KG	4350	9,950	43,282,500
10	Cárcamo en concreto para recepción y conducción de lexiviados, incluye tapa rejilla en ángulo metálico	ML	30	130,900	3,927,000
11	Cubierta en teja plástica traslúcida tipo ajover o similar	M2	420	29,600	12,432,000
12	Muro en tabla madera inmunizada e=1.8 cms, tipo pino o similar. h=1.50 m	M2	132	76,500	10,098,000
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				200,368,700
	Administración 18%				36,066,366
	Imprevistos 2%				4,007,374
	Utilidad 5%				10,018,435
	Iva 19% sobre utilidad				1,903,503
	TOTAL PRESUPUESTO				252,364,378

Francisco Ignacio Rodríguez Alfonso

Representante legal



QUIMI-BERMUL

Implementos de laboratorio
NIT. 41897842-3

Bogotá, jueves 25 julio de 2017

Señor
Andrés Felipe Monroy

Por medio de la presente, me permito informar acerca de la solicitud de cotización de los siguientes productos para laboratorio:

NOMBRE	PRECIO (unitario)
Medidor de pH y humedad para suelo: Marca Brixco, modelo 4355.	\$51.000
Termómetro de punzón rango -10°C hasta 110°C: Marca Brixco, modelo 4182.	\$37.000

PRECIOS CON IVA INCLUIDO

FORMA DE PAGO: contado

FORMA DE ENTREGA: inmediata, SALVO VENTA PREVIA

Cordialmente.

Stella Bermúdez

Dirección: Carrera 13A # 12-27 local 03.
Teléfono: 2840778
Correo electrónico: quimibermul@hotmail.com

NIT 900.459.876-0
INDUSTRIAS TORNOMETAL JR SAS

Funza, miércoles, 24 de julio de 2019


Señores: **ANDRES MONROY**
 Cel: 312 371 5478
 e-mail: anfemonroy@gmail.com

COTNAL -1361- 24-07-19

Apreciado señor,
 Reciba un cordial saludo de **INDUSTRIAS TORNOMETAL JR S.A.S**, a continuación le presentamos nuestra oferta económica, conforme a las condiciones solicitadas:

1.OFERTA ECONÓMICA		
CANT	DESCRIPCIÓN	VR UNITARIO
1	Picadora de desechos orgánicos (compostaje, desechos de flora, vástagos y estiércoles), de capacidad de corte de 2.5 ton/hora marca INDUTORNOMETAL JR REF. JR-6 de cargue superior en Acero, de 6 cuchillas y 6 aletas de desgarre en base fija, Con motor eléctrico bifásico de 5 hp a 3600 rpm	\$10.500.000
1	Picadora de desechos orgánicos (compostaje, desechos de flora, vástagos y estiércoles), de capacidad de corte de 2.5 ton/hora marca INDUTORNOMETAL JR REF. JR-6 de cargue superior en Acero, de 6 cuchillas y 6 aletas de desgarre en base fija, Con motor eléctrico trifásico de 5 hp a 3600 rpm	\$9.950.000

MAQUINARIA EXENTA DE IVA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
JR-6	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	
	Capacidad de corte	1500 - 2500 Kg/h	
	Diámetro de cámara de corte	420 x 170 x 320 mm	
	Dimensiones de Tolva de entrada	180 x 250 mm	
	Tamaño de corte (Graduable)	8 a 40 mm	
	Número de cuchillas		Móviles 6
			Fijas 1
	Fuerza motriz requerida		Eléctrico de 10 hp
			Diésel 15- 24 Hp
	Soporte		Base Fija
			Base Móvil

Fabrica: Carrera 6 N°16-55 Funza-C/marca Colombia
 Teléfonos de contacto: +57 312 582 3896 – (031) 8262632
 e-mail: indutornometaljr@gmail.com
www.industriastornometaljr.com



NIT 900.459.876-0
INDUSTRIAS TORNOMETAL JR SAS

CONDICIONES COMERCIALES	
Forma de pago:	60% Orden de Compra 40% Contra Entrega.
Lugar de entrega:	Funza Cundinamarca , Fabrica
Fecha de entrega:	15 días hábiles a partir de orden de pedido generada.
Fletes	No incluidos .Son por cuenta del comprador.
Garantía:	Doce (12) meses. Por defecto de fabricación y/o ensamble.
Validez de la oferta:	<u>20 Días calendario</u>
Consignar a:	INDUSTRIAS TORNOMETAL JR SAS CUENTA BANCOLOMBIA CORRIENTE N° 159 186 519 58
IVA	MAQUINARIA EXENTA DE IVA

Cordialmente,

OSCAR CASTELLANOS G.
Gerente comercial

COTIZACIÓN DE MERCANCIA N° 230490-99

Almacén: Venta A Distancia Bogota

Fecha: 2019/07/23 08:08

Cliente: Andrés Felipe Monroy

Cédula/Nit: 1026295688

Documento NO válido para entrega de mercancía

Productos de la Cotización

Código	Producto	P. Unitario	Cant	Precio Total	Dcto Total	Total Neto
273672	PALA CUADRADA PLANA CON MANGO	\$ 39,900	1	\$ 39,900	\$ 0	\$ 39,900
319123	REGADERA 8 LTS VERDE	\$ 21,900	2	\$ 43,800	\$ 0	\$ 43,800
280928	RASTRILLO CON ASTA Y MANGO	\$ 49,900	1	\$ 49,900	\$ 0	\$ 49,900
214202	MALLA ZARANDA 8x8 pg 0.90x5m	\$ 41,900	1	\$ 41,900	\$ 0	\$ 41,900
336351	CARRETILLA NEGRA CACHACA ANTIPINCHAZO IM	\$ 159,900	1	\$ 159,900	\$ 0	\$ 159,900
287622	ROLLO PLASTICO NEGRO 150mx3m ANCHO CAL.3	\$ 519,900	1	\$ 519,900	\$ 0	\$ 519,900

Detalle de IVA incluido en la Cotización

Descripción	Base IVA	Valor IVA
IVA 5%	\$ 47,524	\$ 2,376
IVA 19%	\$ 676,804	\$ 128,592

Totales de la Cotización

Iva Total:

\$ 130,969

**Los productos con Descuento NO están sujetos a congelar su valor de Descuento ni a garantizar su disponibilidad. En el momento del pago, actualizarán los precios con base en los descuentos vigentes y el medio de pago utilizado. Las promociones no son acumulables

Total:

\$ 855,300

OBSERVACIONES GENERALES DE LA COTIZACIÓN

Los precios incluidos en esta cotización pueden variar dependiendo de las cantidades cotizadas al momento de la compra. Esta cotización estará vigente por 15 días calendario a partir de la fecha, vencido este tiempo los precios serán los vigentes al día de la compra. Dando aplicación a las normas Tributarias colombianas, EL CLIENTE pagará el valor del producto con la aplicación de los impuestos que se encuentren vigentes para la fecha de facturación. Por ende, si llegare a variar el valor del producto, a consecuencia de la aplicación de dichos impuestos, esta circunstancia

Esta cotización es válida en la ciudad donde fue realizada, los precios pueden variar por ciudad. Los precios incluyen IVA. Si el producto tiene algún beneficio, este se hará efectivo al momento del pago. Los precios del cemento, hierro, cobre, alambres THHN y desnudos tienen vigencia solamente el día en que se emite la cotización y están sujetos a cambio el mismo día sin previo aviso. Somos grandes contribuyentes DIAN, Resolución No. 0041 del 30 de enero de 2014. Somos Autorretenedores en la fuente Resolución DIAN 00931 del 29 de enero de 2009. IVA Régimen Común actividad económica CIU 4774. Los productos a Pedido no tienen devolución porque han sido fabricados