

Diseño de un sistema productivo para la generación de fertilizante orgánico a base de residuos vegetales de una empresa floricultora

J. D. Cardona-Castaño* y J. P. Gaviria-Molina**

* juan.cardona8627@uco.net.co

** juan.gaviria2973@uco.net.co

Universidad Católica de Oriente, Cra. 46 No. 40B 50, Rionegro – Antioquia – Colombia.

Resumen:

El presente estudio busca dar las bases para diseñar un sistema productivo bajo criterios de sustentabilidad de fertilizantes orgánicos a base de los residuos vegetales de una empresa floricultora, pues dicho residuo es considerado como uno de los más abundantes y con unas características fisicoquímicas y biológicas ideales para la nutrición de suelos, pero también considerado como un causante potencial del daño ambiental.

El proyecto fue desarrollado en tres etapas: la primera, consistió en investigar las principales características de los residuos vegetales para determinar los diferentes usos que se le pueden brindar, para esto se realizó una revisión literaria donde se le abrió paso a diferentes autores con investigaciones previas para reforzar los beneficios del compostaje. La segunda consistió en el desarrollo del diseño de sistema productivo, donde se determinaron varios factores tales como la ubicación óptima para la instalación de la planta, el método de compostación más eficiente, el diseño de mezclas para la determinación de la cantidad de material en cada etapa del proceso, el cálculo de la mano de obra necesaria, la maquinaria requerida y el área necesaria para el funcionamiento de la planta productiva junto con un diseño 2D y 3D, con una aproximación de la distribución de la planta productiva ya instalada. La tercera y última etapa, consistió en desarrollar un análisis financiero, donde por medio de los indicadores de Flujo de Caja, Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Costo Beneficio, se concluyó la viabilidad financiera del proyecto a un lapso de tres años.

Palabras clave: Compostaje, Zarandeo, Tamiz, Residuos, Orgánico, Biocombustibles, Torrefacción, Gasificación.

Introducción

A lo largo de la historia, la industria floricultora ha tenido una importante participación en la economía colombiana aportando cerca del 17% del impuesto de renta del agro colombiano, además, representando el segundo renglón de exportaciones agrícolas del país siendo Estados Unidos el principal destino, con una participación de mercado del 79%, seguido de Japón, Reino Unido y Canadá con una participación del 3% cada uno. La producción de flores con

destino a la exportación se concentra en los departamentos de Cundinamarca (66%) y Antioquia (32%), gracias a las características topográficas que éstos comparten. El 2% restante se encuentra distribuido en pequeñas áreas en Boyacá, eje cafetero, valle del cauca y Nariño [1]. Asimismo, es el sector agrícola más intensivo en uso de mano de obra en Colombia, generando 78.000 empleos directos, (en promedio 17 personas por hectárea), y 50.000 empleos indirectos [2].

La floricultura genera grandes cantidades de residuos, entre ellos, el 90% corresponden a desechos vegetales definidos como las flores, tallos, hojas y raíces desechadas a lo largo del proceso por no cumplir con las características deseadas [3]; el 6% a plástico de invernadero, un 2% en papel y cartón y el 2% restante se distribuye entre una serie de residuos como metal, caucho, capuchón, entre otros [4]. Estos se generan en el área de postcosecha, la cual comprende los procesos de transporte del campo hasta el almacenamiento, tratamiento de la flor, enfriamiento y mantenimiento de la cadena de frío, hidratación, clasificación, control de calidad, armado de ramos, empaque, distribución y consumo [5]. .

Existen diferentes alternativas para darle una disposición o uso final a los desechos vegetales, entre las que se encuentran los biocombustibles, que consiste en la obtención de azúcares y lignina a partir de biomasa lignocelulósica proveniente de desechos de tallos de las flores, los cuales posteriormente son sometidos a un proceso que utiliza un solvente orgánico a una temperatura, presión y tiempo específicos, con o sin el uso de un catalizador para separar los componentes y crear los biocombustibles [6]. La torrefacción, que consiste en someter los residuos a temperaturas entre 200-320 °C para lograr una mejora térmica de biocombustibles sólidos a través de una carbonización controlada de biomasa [7], y la gasificación, que convierte los residuos en un gas con ayuda de reacciones químicas dentro de un reactor mediante oxidación parcial para crear elementos que sirvan en la producción de hidrógeno, metanol y amoníaco, o para darle uso industrial [7] y biofertilizantes (compostaje, humus y lombricultivo). Cada una de estas alternativas depende de las características fisicoquímicas y del desarrollo tecnológico que requiera el tratamiento de los diversos tipos de residuos; siendo los biocombustibles, la torrefacción y la gasificación los más complejos por requerir mayor inversión, investigación y avance tecnológico para su desarrollo; y, estando entre los más fáciles de implementar por la naturaleza de su proceso los biofertilizantes [8].

La fabricación de biofertilizantes, en especial el compostaje, consiste en un proceso donde los diferentes residuos y materiales orgánicos se transforman en “compost” por medio de la descomposición natural. Para ello, diversos materiales pueden ser empleados para el compostaje como cortezas de árboles, bagazo de caña de azúcar, restos de poda y jardinería, residuos alimenticios, desechos de corral, residuos de flores, etc. En el desarrollo del proceso de compostaje con los residuos de flores, antes de iniciar su etapa de descomposición, se trituran y se apilan, con el fin de reducir los volúmenes de material, facilitar su manipulación y favorecer su proceso de descomposición. Se adicionan y se mezclan diversos materiales como aserrín “chipiado”, tierra negra y cal para nivelar la relación Carbono Nitrógeno de la mezcla. Se realizan volteos periódicos de la pila para homogenizar la descomposición y regular los niveles de temperatura y humedad. Y, una vez alcanzado un grado óptimo de descomposición, se filtra el material por medio de una zaranda, garantizando una granulación

homogénea del compost final que se puede reincorporar al proceso de la producción de flores u otro tipo de cultivos.

Algunas de las floristerías reprocesan una poca cantidad de estos desechos por medio de compostaje, la cual se define como un proceso de transformación natural de los residuos orgánicos, que por medio de la descomposición de estos, se genera un abono orgánico de alta calidad y rico en nutrientes para aportar a la tierra [9]. Los residuos vegetales convertidos en compostaje orgánico brindan una cantidad considerable de beneficios tales como la mejora en la estructura y capacidad de retención de agua del suelo, las mejoras en las características químicas y biológicas, el aporte de nutrientes, la disminución de costos de producción de las empresas floricultoras, evita la dependencia de insumos externos y contribuye a preservar la vida, salud de suelos, plantas y de las persona [10]. Pero, dichas empresas, no cuentan con espacios adecuados, maquinaria especializada y recursos económicos para su tratamiento, viéndose en la obligación de desecharlos, causando impactos ambientales nocivos, destrucción de las tierras proporcionales a las cantidades de despojos que, en cultivos pequeños, se incineran o se botan en rellenos sanitarios [11].

Las floristerías que compostan lo realizan bajo métodos artesanales ineficientes debido a factores tales como la falta de control que se emplea, además de no tener estandarizados los tiempos de transformación y maduración del proceso y una distribución no adecuada del espacio para esta actividad, lo que genera altos volúmenes de residuos represados y pérdidas en los beneficios que el compostaje brinda para la empresa misma.

Además, debido a que la competitividad de la industria floricultora depende más del área productiva que del proceso, para garantizar el cumplimiento de los contratos, las empresas destinan una cantidad mínima de metros cuadrados para la ubicación de las composteras y una mínima importancia a la contratación de personal capacitado para el manejo de estos desechos.

Debido a los problemas anteriormente planteados, se busca diseñar un sistema productivo bajo criterios de sustentabilidad para la generación de fertilizante orgánico a base de residuos vegetales de una empresa floricultora, partiendo de la identificación de las principales características de los residuos vegetales de la industria y las condiciones en las que se manejan estos, además, de la realización de un diagnóstico que permita definir el proceso de aprovechamiento de residuos de flores y sus puntos críticos y, finalmente, el planteamiento de la solución de viabilidad financiera y de sustentabilidad para el proyecto.

Casos similares de producción de compost con residuos vegetales de flores, se evidencian en un proyecto realizado por J. Dueñas & P. Espinoza [12] en el 2019, mostrando que “el residuo de clavel generado en finca Arrayanes, manejado desde la opción de compostaje permite catalogarlo a partir del análisis económico, como un proyecto viable. Teniendo en cuenta las proyecciones expuestas en los análisis previamente analizados, se hace necesaria una inversión inicial de \$5.000.000, obteniendo ganancias mensuales entre \$38.796.450 y \$39.996.450, siendo la primera cifra una ganancia menor debido a los meses en los que se hace el análisis de compost, según la norma NTC 5167”. También, I. Bach & A. García [13],

en la investigación sobre la eficiencia de *saccharomyces cerevisiae* en la producción de abono orgánico a partir de residuos de flores, realizada en el 2018, determinaron “la eficiencia de los microorganismos eficaces en los parámetros físicos, tiempo de degradación de la materia orgánica y contenido de nutrientes en la producción de abono orgánico a partir de residuos de flores, como una solución posible y viable desde el punto de vista económico, social, técnico y ambiental para el tratamiento y uso alternativo de los residuos de flor generados en los cementerios”. En 2019, el estudio realizado por O. Vargas, J. Trujillo y M. Torres [14]; sobre EL compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento, se determinó que “los residuos que se generan en las centrales de abasto del municipio de Acacias-Meta tienen un uso agrícola potencial con la transformación de este material en compostaje realizando una cualificación y calificación de estos residuos para determinar su calidad. El compost generado con estos residuos de demostró tener una calidad y rendimiento aceptable lo que permite la aplicación de este producto como un abono orgánico en las diferentes actividades agrícolas y convirtiéndolo en una excelente herramienta para la gestión ambiental de este tipo de residuos.”

Método de investigación

La investigación se desarrolló en el Departamento de Cundinamarca, más específicamente en los municipios de Madrid, Chía, El Rosal y Tocancipá, a 2.586 msnm. La zona tiene una precipitación y temperatura promedio de 2.695 mm y 16,1°C, respectivamente. Las coordenadas del sitio son: 4°36'00" N 74°05'00" O.

Se ubica en el corredor industrial sobre la autopista Medellín Bogotá a una distancia de 42 km de la ciudad capital. Esta área es propicia para la agricultura y para los cultivos de flores por ser zonas de bajas pendientes [15].

El proyecto se realiza en una primera instancia encontrando las principales características de los residuos vegetales de la industria floricultora y las condiciones en la que las floristerías los manejan. Se indagaron diversas fuentes literarias, bajo revisión sistemática de información secundaria. Los resultados se sistematizaron teniendo como base diversas fuentes entre tesis, artículos y revistas, entre los cuales se identificaron el nombre del artículo, luego su autor o autores y finalmente se destacó el aporte que el documento realiza al proyecto de investigación.

Bajo el método de ponderación de factores, se seleccionaron 4 factores considerados como críticos de éxito, que afectan directamente al sector y que presentan una variabilidad significativa dependiendo la ubicación, bajo la premisa de que el país cuenta con unas condiciones y características específicas que determinan la diferencia entre cada uno de dichos factores. Para cada uno de los departamentos que cuenten con características ideales para la ubicación de la planta seleccionados previamente, se realizó una valoración uno a uno con cada factor crítico donde se le asigna un peso de importancia con niveles de 1 a 10 y se realiza una calificación departamento-factor en una escala de 1 a 10 de acuerdo con su nivel

de influencia, para con esto multiplicar cada ponderación de factores por departamento con el peso de cada factor y hallar la ubicación general con características ideales para la ubicación de la planta [16].

Con ayuda del análisis de centro de gravedad, se permitió conocer la ubicación óptima de la planta dentro del departamento, realizando un estudio a partir de condiciones que pueden influir de manera considerable. Para ello, fue necesario obtener las coordenadas correspondientes a cada una de las principales áreas floricultoras que se convierten en fuentes de materia prima, así mismo se asimiló una cantidad posible que se puede generar en estos sectores. En este punto se destacó el sector de Tocancipá y en él se encuentra la finca productora que brindaría la cantidad de residuos estudiados en el presente análisis.

Posteriormente, la implementación de un método de compostación eficiente, requirió realizar una comparación entre el compostaje por volteo y el compostaje por aireación forzada, donde se destacaron las características, las ventajas y desventajas de cada método. Una vez definido el método más favorable, el cual fue la compostación por aireación forzada, que consistente en la conformación de una pila estática de material a la cual se le proporciona oxígeno por medio de ventilación o succión de aire con el fin de regular los niveles de temperatura hasta que la pila cumpla su ciclo [17], se le diseñó un diagrama de flujo en el cual es posible observar cada una de las etapas del proceso, para modelar las etapas y su comportamiento mediante la implantación de símbolos que permiten identificar las acciones generales que hacen parte de las actividades que lo conforman [16]. Seguidamente se realizó una segmentación de las actividades, sus determinados tiempos estándar, el cálculo del volumen de producción diaria y el espacio requerido para su desarrollo.

Para la determinación del volumen de material que circulará por la planta, se definió la cantidad de residuos vegetales que brindará la finca floricultora, con el cual se hizo un diseño de mezclas donde se busca mantener una relación Carbono/Nitrógeno óptima y balanceada para garantizar que haya una adecuada descomposición del material en el proceso mediante la adición de materiales tales como Aserrín y Cal [18]. Una vez hallada la cantidad total, se determinó la disminución másica del material a lo largo del proceso debido a la pérdida de humedad, descomposición de los residuos y liberación natural de Metano. Teniendo presente la cantidad de material en cada etapa y con ayuda de valores de dimensión ya estandarizados, se determinó el espacio necesario para cada área de trabajo y, así mismo, la planta en general. Posteriormente, apoyados en los estándares de rendimiento del personal en cada área de trabajo y el volumen procesado, se estableció la cantidad de colaboradores necesarios para el cumplimiento de las labores de la planta, donde se realizó un diagrama de Gantt para la distribución de las actividades diarias en un turno de 8 horas con consideración de descansos para alimentación y pausas activas [19]. Finalmente, con ayuda del software SketchUp, se modeló un Layout y distribución de planta para un proceso lineal, respetando la escala de cada una de las celdas de trabajo y del área general de la planta [20].

Finalmente, se realiza un análisis de costos, comenzando con la selección de maquinaria a partir de la búsqueda de las diversas tecnologías que cumplen con las características para la

realización de las actividades correspondientes al proceso productivo tales como el triturado, el zarandeo y el ensacado del producto final. Esta selección se fundamenta en el cubrimiento de las necesidades de la planta, la capacidad de labor y el consumo en Kw/h [16]. Con esta información y la obtenida en la distribución de planta, se realiza un análisis financiero y de sustentabilidad evaluando el sistema productivo con indicadores como presupuesto, flujo de caja, VAN, TIR y relación B/C, para determinar su factibilidad y viabilidad[21]. Para dicho análisis se realizó una búsqueda de información de costos del sector aledaño a la planta de producción, donde se indagó por el alquiler de un lote que cumple con las características necesarias, el costo del consumo de Kw/h a nivel industrial, el costo de consumo básico de agua, el costo de la maquinaria con sus respectivos mantenimientos, la herramienta básica para el operario, el costo de la mano de obra y el transporte de la materia prima. Se realizó la comparación en viabilidad financiera si hubiera uno o dos trabajadores dentro de la planta, con el fin de alivianar el sobrecargo laboral y pensar en el crecimiento futuro del proceso.

Resultados

Identificación de las principales características de los residuos vegetales de la industria y las condiciones en las que se manejan

Los residuos orgánicos de la industria floricultora son aquellos generados en las actividades culturales, podas, arranques de las plantas y clasificación de la flor en postcosecha [22]. Entre ellos, se destacan los trozos de tallo, las hojas que no le brindan características físicas ideales a la planta y, finalmente, las flores y pétalos con algún tipo de imperfección, como se ve en la figura 1. Según información analizada en revisión literaria sobre la cantidad generada de estos residuos, se encontró que, por cada 100 tallos de flor cosechada, se generan alrededor de 1.7 kg. de residuos entre ramas, hojas, pétalos y flores no utilizadas, ya sea porque se rompieron, venían lastimadas, o por el proceso de maquillaje de la flor [23].



Fig. 1. Residuos vegetales de la floricultura [23].

En Colombia existen entidades que promueven las buenas prácticas de disposición de residuos tales como FLORVERDE y ASOCOLFLORES, para mitigar en pequeña medida los impactos en diferentes componentes ambientales, porque el tratamiento deficiente y la quema de estos desechos genera gases de efecto invernadero, destrucción de las tierras e incendios forestales [11]. Sin embargo, aún se evidencia irregularidades en el control de esta práctica con respecto a la inspección de lixiviados, pH, temperatura, olores y liberación de gases a la atmosfera [24], lo que crea la necesidad de encontrar otras prácticas donde se le dé un uso adicional con el fin de mitigar la acumulación de material y crear un producto que sea beneficioso y que tenga las propiedades necesarias para contrarrestar el daño ambiental.

En la búsqueda de información se encontró que, cada una de las partes de estos residuos cuenta con propiedades químicas, como el alto contenido de carbono y nitrógeno, ideales para la generación de compostaje y abono de suelos cuando se encuentra una relación adecuada de estos dos componentes [10]. Dicha relación debería cumplir con un estricto control a lo largo del proceso de compostaje como se ve en la figura 2, para garantizar el funcionamiento sin generar afectaciones.

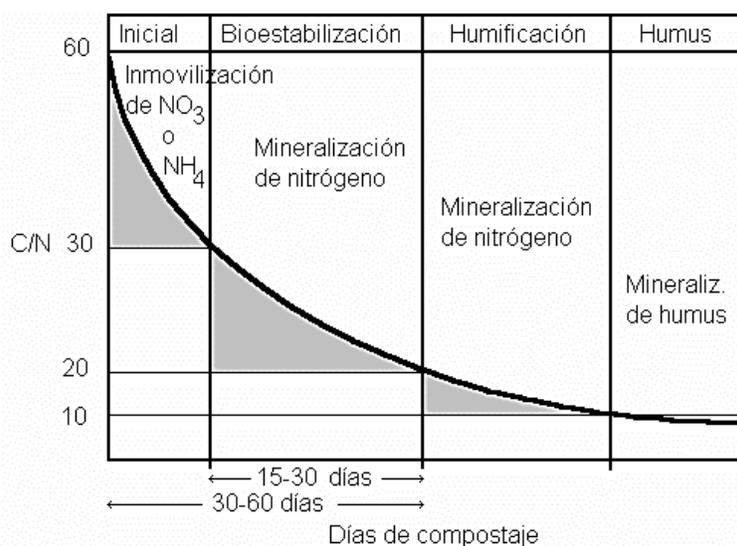


Fig. 2. Evolución característica de la relación C/N durante el proceso de compostaje. [25]

La relación C/N ideal para una compostación madura es cercana a 10, la misma que para un suelo arcilloso. De hecho, el compost generalmente se considera lo suficientemente estable o lo suficientemente maduro cuando la C/N es menor a 20, aunque esta es una condición necesaria pero no suficiente. Si los residuos que se compostan tienen una relación baja (inferior a 18-19), la descomposición es más rápida, pero se libera amoníaco debido al exceso de N, lo que genera una relación C/N autocorrectora. Estas pérdidas, aunque no afectan negativamente al proceso de compostaje, son un desperdicio, porque el nitrógeno es un nutriente básico para las plantas, y un problema ambiental porque el amoníaco es un importante gas de efecto invernadero. La relación C/N depende en gran medida de la riqueza

inicial del nitrógeno, no refleja el estado de madurez del compost, por lo que es más adecuada para monitorear la progresión de C/N del proceso o calcular la diferencia entre el valor inicial y el final [25]. Para el desarrollo de este estudio se tomó como base una relación C/N de 20:1, la cual se considera como el estándar con respuesta de mayor eficiencia en el compostaje [10].

En la búsqueda de investigaciones previas realizadas por otros autores sobre la aplicación de compostaje orgánico con residuos de flores, se demostró que su uso tiene un gran potencial en el manejo de suelos ácidos al mejorar sus condiciones químicas. La combinación del compost junto a otros fertilizantes mejoró significativamente las propiedades del suelo al inicio de su aplicación, así como las concentraciones de elementos nutritivos en plantas de maíz a las diez semanas después de la siembra. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo, las condiciones genéticas iniciales del suelo vuelven a aparecer, lo que podría indicar la necesidad de aplicaciones periódicas del compost orgánico para mantener por más tiempo esta mejora y sostener la productividad [26]. Además, se demostró que un compostaje con residuos de flores y buenas prácticas, auditorías y controles, es una alternativa para la reducción de residuos reincorporándolos al proceso productivo de la industria floricultora sin resultados negativos sobre la producción y calidad [27], además de brindar una cantidad considerable de beneficios tales como la mejora en la estructura y capacidad de retención de agua del suelo, las mejoras en las características químicas y biológicas, el aporte de nutrientes, la disminución de costos de producción de las empresas, evita la dependencia de insumos externos y contribuye a preservar la vida, salud de suelos, plantas y de las persona [10].

Factores de localización.

La producción de flores con destino a la exportación se concentra en los departamentos de Cundinamarca (66%) y Antioquia (32%), gracias a las características topográficas que éstos comparten. El 2% restante se encuentra distribuido en pequeñas áreas en Boyacá, Eje cafetero, Valle del Cauca y Nariño [1]. Debido a que Antioquia y Cundinamarca cuentan con una mayor participación en extensión territorial dedicada al cultivo y comercialización de flor, la calificación de los factores se basó en estos dos departamentos con el fin de determinar una ubicación macro dentro del territorio colombiano.

Cercanía a proveedores.

Es importante garantizar un fácil acceso a los materiales e insumos para desarrollar la actividad productiva, así como también estar cerca al nicho de mercado, por lo que poder contar con una ubicación estratégica donde se garantice el abastecimiento diario y disminución de recorridos permitirá generar una disminución en los costos de la empresa. Además, mantener una corta distancia entre proveedores, clientes y empresa traerá consigo beneficios en la comunicación y garantía de la oportunidad de entrega. Para tener a consideración, Cundinamarca cuenta con un mayor número de empresas floricultoras y, por

ende, mayor número de hectáreas sembradas, además de tener una participación de 64 empresas dedicadas a los bio insumos para fertilizantes [28].

Cercanía al mercado.

Si bien es sabido, el producto terminado será un fertilizante orgánico que beneficiará tanto a la misma industria floricultora, como a terceros que se dedican a labores de agricultura, así que para hallarle una ubicación ideal a la productora de compostaje es importante considerar cual será el público objetivo. Por tanto, se debe tener a consideración un fácil acceso a ellos para disminuir los costos de transporte y mantener una comunicación directa con las empresas para garantizar el cumplimiento de la demanda de forma oportuna.

De acuerdo a estadísticas del ICA, en Antioquia existen aproximadamente 300 empresas dedicadas a la fabricación de fertilizantes y Cundinamarca cuenta con 236 registradas hasta el 2019 [29], lo cual muestra una formidable disminución en temas de competencia a Cundinamarca. También, los registros exponen que Antioquia cuenta con aproximadamente 1.786 comercializadores de insumos agropecuarios y en Cundinamarca 3.377 almacenes de ésta misma idiosincrasia[30]. Al haber menos cantidad de empresas productoras de fertilizantes y mayor número de almacenes agropecuarios y floristerías, Cundinamarca resulta ser una opción más favorable para el sistema productivo que se desea implementar.

Costo de transporte

Por el alto flujo de materia prima y a la periodicidad del abastecimiento que se requiere, el costo de los transportes se convierte en un factor crítico de éxito debido al impacto que éste le puede dar a la viabilidad económica del proyecto; un menor costo de transporte puede verse reflejado en mayores utilidades para la empresa.

En Colombia, el sistema de transporte por carretera es el más utilizado en las modalidades de carga y emisión de boletos. El Ministerio de Transporte es el órgano rector del cumplimiento de las medidas y disposiciones para el desarrollo el transporte y el movimiento económico del país. Los sindicatos del transporte tienen una gran influencia en esta área. Datos del Ministerio de Transporte, enseñan que gran parte de empresas de transportes en Colombia se concentran en la ciudad de Bogotá, seguido por Medellín y Cali, teniendo en cuenta que éstas ciudades reúnen la mayor parte de compañías sustanciales para el desarrollo económico del país [31]. Según registros del Ministerio de transporte colombiano, Cundinamarca cuenta con un indicador de costo de transporte terrestre a mercado interno de 23,39 expresando la relación existente entre la prestación de servicio y el costo del transporte, mientras que Antioquia con un 25,48[31], lo que representa una posición ventajosa para Cundinamarca al tener costos de transporte menores que Antioquia.

Disponibilidad de mano de obra

Por ser un proceso productivo realizado en gran medida de forma artesanal, es necesario disponer de capital humano para las labores de la planta, transporte de materia prima y distribución de producto terminado.

En base al índice global de desempleo en Colombia brindada por el DANE, que se muestra en la figura 3, se encontró que Antioquia posee una mayor tasa de desempleo con una calificación de 11,2% frente a Cundinamarca con una calificación de 11,0% [32].

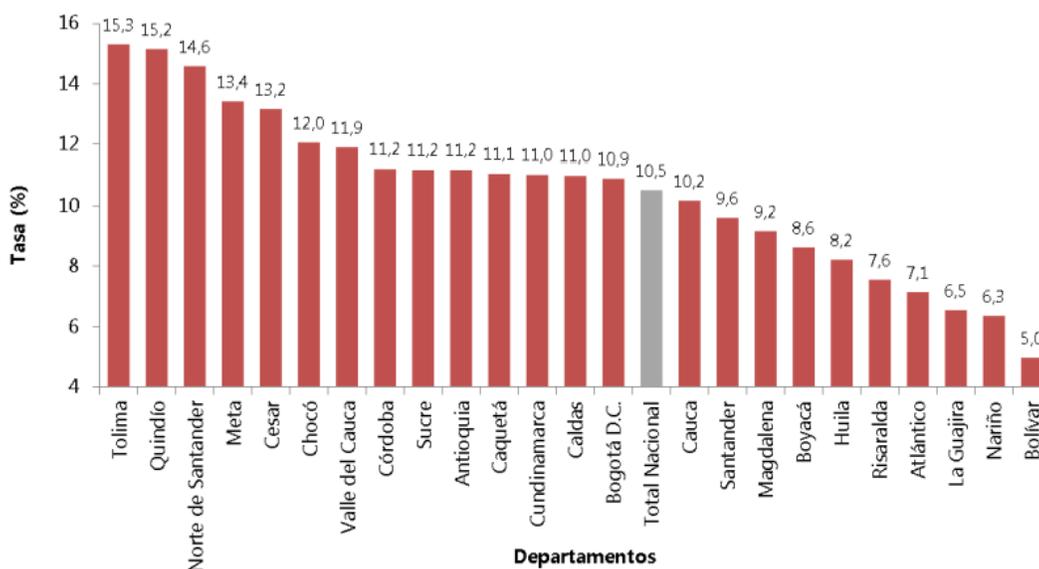


Fig. 3. Tasa de desempleo por departamentos de Colombia [32].

Se asume que Antioquia al contar con una tasa de desempleo más alta, existe una mayor probabilidad de encontrar personal calificado y no calificado para las labores de la empresa, facilitando actividades de contratación y desde el ámbito social contribuyen en la generación de empleo en la región.

Calificación de factores

En una escala del 1 al 10, se ponderaron los dos departamentos que tienen mayor beneficio en relación con todos los factores previamente elegidos para la instalación de la compañía, teniendo en cuenta todos los estudios previos en cada sector. Se le asignó a cada factor un número que, entre mayor sea, revela un mayor grado de importancia, siendo la cercanía a proveedores el factor más significativo para el proyecto. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Matriz de factores ponderados.

Factor crítico de éxito	Peso	Calificación		Calificación ponderada	
		Cundinamarca	Antioquia	Cundinamarca	Antioquia
Cercanía a proveedores	0,30	8,30	7,10	2,49	2,13
Costo de transporte	0,25	8,00	7,00	2,00	1,75
Cercanía al mercado	0,25	6,30	6,10	1,58	1,53
Disponibilidad de mano de obra	0,20	8,70	9,10	1,74	1,82
Total	1,00			7,81	7,23
Escala de valoración de 1 a 10					

Mediante este análisis se pudo determinar que, con un puntaje igual a 7,81, el departamento de Cundinamarca se muestra favorecido para la instalación de una empresa productora de compostaje orgánico, logrando una ventaja con Antioquia igual a 0,58, gracias a los beneficios que esta presenta en cuanto a la cercanía que se tendrá con los proveedores, la disminución en los costos de transporte tanto de la materia prima como del producto terminado y la cercanía al nicho de mercado el cual será la razón principal de la empresa. Esto da paso a formular un análisis de micro localización con la metodología de centro de gravedad para encontrar una ubicación más precisa para la planta.

Centro de gravedad

Teniendo en cuenta el departamento ideal para la ubicación de la planta, se llevó a cabo esta metodología para conocer una ubicación óptima dentro del sector. Para aplicar la metodología del centro de gravedad, se deben tener en cuenta aquellos municipios que pueden brindar una cantidad considerable de residuos vegetales para el proceso productivo.

A continuación, se muestran los municipios de Cundinamarca que cuentan con una mayor área sembrada dedicada a la producción de flor.

Tabla 2. Área sembrada en flores en 28 municipios de Cundinamarca [33].

Municipio	Area (ha)	%
Bogotá	249	4,6
Bojacá	128	2,4
Cajicá	162	3,0
Chía	217	4,0
Chocontá	3	0,1
Cogua	63	1,2
Cota	139	2,6
El Rosal	651	12,0
Facatativá	490	9,1
Funza	349	6,5
Gachancipá	118	2,2
Guasca	112	2,1
La Calera	10	0,2
Madrid	1.037	19,2
Mosquera	96	1,8
Nemocón	172	3,2
Sesquilé	59	1,1
Sibaté	54	1,0
Simijaca	13	0,2
Soacha	106	2,0
Sopó	171	3,2
Subachoque	34	0,6
Suesca	194	3,6
Tabio	67	1,2
Tenjo	208	3,9
Tocancipá	404	7,5
Villa de san diego de		
Ubaté	21	0,4
Zipaquirá	76	1,4
Total	5.407	100

Como se puede ver en la tabla 2, los municipios que tienen mayor cantidad de hectareas sembradas y una mayor probabilidad de brindar mas cantidad de residuos vegetales son Madrid, El Rosal, Tocancipá y Chía, lo que abre paso a realizar un análisis de centro de gravedad para determinar las coordenadas de la ubicación óptima para la planta. En este apartado se investigó primeramente las coordenadas de dichos municipios, seguido de la cantidad de materia prima que cada uno de estos puede brindar, respetando un valor estimado de residuos multiplicado por el porcentaje de hectáreas sembradas que tiene cada uno como se puede ver en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de centro de gravedad.

Ciudad / Municipio	Coordenadas		Cantidad de materia prima (Kg)
	X	Y	
Madrid	4,734129	-74,261326	238.400
Tocancipá	4,965013	-73,9152008	215.000
El Rosal	4,851949	-74,264334	224.000
Chía	4,863813	-74,050852	208.000
Centro de Gravedad			Municipio seleccionado
	X	Y	Tenjo (Cundinamarca)
	4,850467	-74,128593	

En la tabla 3, bajo la implementación del método de centro de gravedad [16], se obtuvieron como resultados las siguientes coordenadas $4^{\circ}51'01.7''N$ $74^{\circ}07'42.9''W$ [34] , correspondientes al municipio de Tenjo, Cundinamarca, ver figura 4.

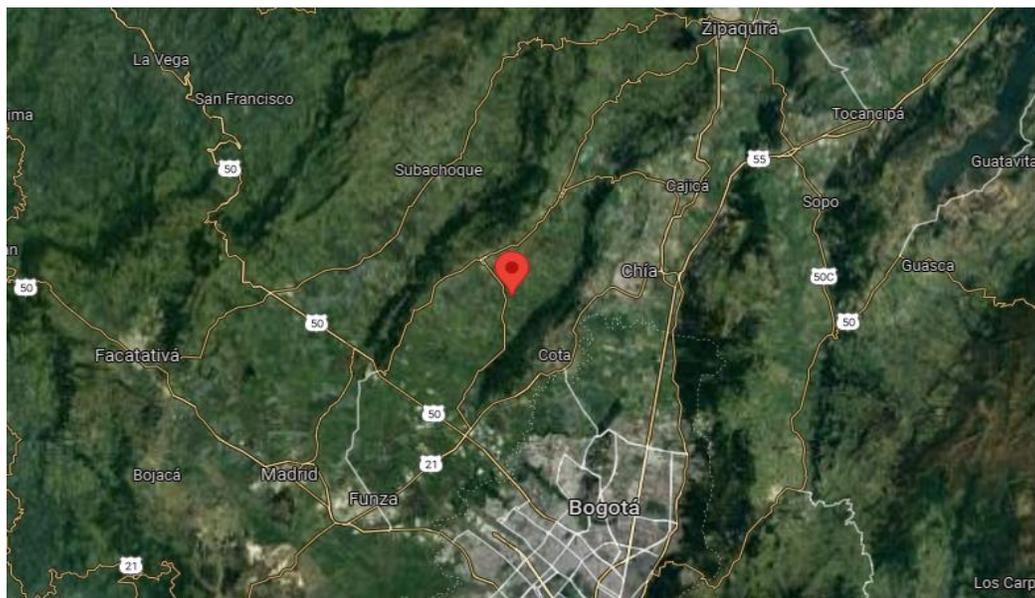


Fig. 4. Resultado de localización del centro de gravedad [34].

Si bien no se incluyó al municipio de Tenjo, Cundinamarca, en el análisis anterior, es considerado como uno de los sectores con más participación del sector floricultor con un 3,9% de área cultivada [33]. Por ello, se considera como una ubicación válida para la localización de la planta productora de compostaje.

Proceso de aprovechamiento de residuos de flores.

Determinación del método de compostaje

Para la determinación del método, se compararon el compostaje por volteo, el cual es el que utilizan la mayoría de las floristerías para el tratamiento de los desechos, y el compostaje por aireación forzada, la cual es otra alternativa de compostaje más tecnificada. Se evaluaron diversas variables y factores para cada uno de los métodos de compostación con el fin de determinar la técnica más adecuada para el proceso productivo, las cuales se pueden ver reflejados en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación de los métodos de compostaje.

Criterios	Compostaje por Volteo	Compostaje por Aireación Forzada
Costo de inversión (material sin contar la superficie)	Bajo	Bajo a pequeña escala
Costo de funcionamiento	Bajo	Medio
Superficie requerida	Importante	Media
Control de la Aireación	Inexistente	Total
Factores que pueden ser controlados	Frecuencia de volteo, reciclaje y aporte de material estructurante	Aireación y aporte de agente estructurante
Sensibilidad a una mayor o menor deshidratación del material	Muy sensible	Menos sensible
Necesidad de maduración complementaria	Depende del clima	Necesaria
Sensibilidad al clima	Sensible	Poco sensible
Posibilidad de reciclaje	A considerar en cada caso	Bueno
Control de olores	Difícil, los olores pueden llegar lejos en determinados casos	Difícil, sobre todo con materiales con humedad alta
Dificultades constatadas	Olor, disminución de la temperatura con mal tiempo	Malas mezclas, zonas frías anaeróbicas
Adaptaciones a las variaciones de producción y la sequedad de los materiales	Buena adaptabilidad	Buena adaptabilidad
Capacidad de tratamiento	0,5 - 5 (t/día)	0,5 - 100 (t/día)
Tiempo de compostaje	Alto	Medio
Control de variables	Casi nulas	Temperatura, aireación, humedad

Según la tabla 4, el espacio requerido para el desarrollo del proceso de compost y el tiempo necesario para su transformación, son dos de las variables más importantes a analizar, esto debido a que la gran mayoría de las floristerías no cuentan con ellos y diariamente se genera un volumen considerable, lo que implica que se convierta en un problema su tratamiento y disposición final; por lo que contar con un método de compostaje eficiente, económico, rápido y fácil de implementar lograría dar solución a esta problemática.

También, y según la comparación de la tabla 4, además de evidenciar que el método de compostaje por aireación forzada requiere menos espacio para su implementación, permite tener un mejor control de la aireación, la temperatura, la humedad, el PH y otras variables críticas del proceso, resulta ser más eficiente y rápido a pesar de requerir un tiempo largo de maduración (igual al de transformación). La inversión inicial que se requiere y su costo de funcionamiento son bajos en una escala pequeña y moderada. Todo esto convierte al compostaje por aireación forzada en una mejor alternativa para el desarrollo del proyecto y la actividad productiva.

Una vez definido el método a utilizar en el proceso productivo, se realizó el respectivo diagrama de flujo como se aprecia en la figura 5, indicando todas las actividades que se involucran en el proceso, desde el ingreso de los insumos hasta la distribución del producto terminado.

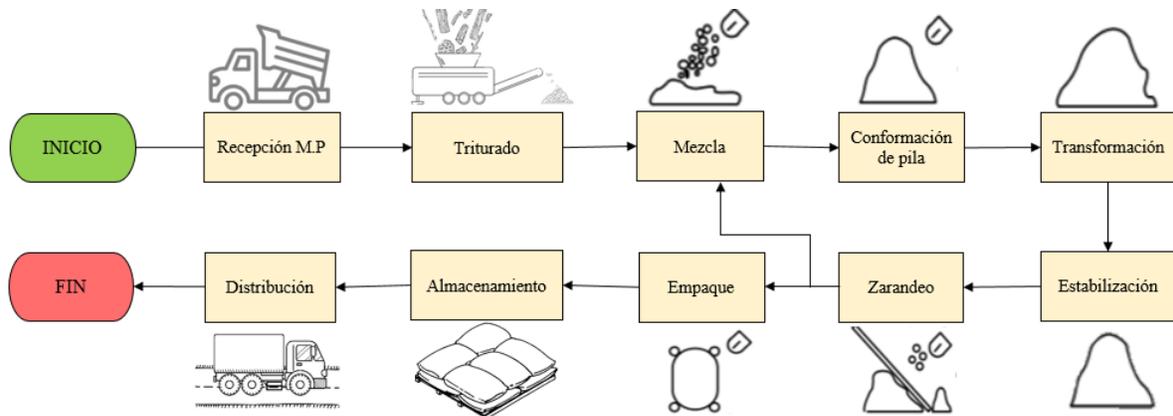


Fig. 5. Diagrama de flujo.

De acuerdo con la figura 5, los diferentes pasos a seguir en un proceso de compostación por aireación forzada son:

- Recepción materia prima: Con ayuda de volquetas, se recibe el material vegetal, además del aserrín necesario para el proceso de mezcla.
- Triturado: Se tritura el material vegetal con el fin de reducir su volumen y agilizar el proceso de descomposición.
- Mezcla: Se unifica el material triturado, el aserrín, el sobrante de zarandeo y otros materiales con el fin de balancear la relación C/N ideal.
- Conformación de pila: Se apila el material mezclado con el fin de distribuir uniformemente en los siguientes procesos.
- Transformación: Se conforman 7 celdas de 1,5 metros de altura donde el material comienza su proceso de descomposición. En esta etapa se cuentan con ventiladores en cada una de las celdas con el fin de regular los niveles de temperatura.
- Estabilización: En esta parte del proceso, se conforman 7 pilas de 30 centímetros de altura donde el material realiza su proceso de secado.
- Zarandeo: El material estabilizado, se pasa por un proceso de tamizado con el fin de separar las partículas de mayor tamaño llamados sobrante de Zarandeo, que no alcanzaron el proceso de descomposición, el cual se reincorporará nuevamente en el proceso de mezcla para aportar carbono extra para la estabilización de la relación, y las partículas de menor tamaño para posteriormente ser empacadas.
- Empaque: Con ayuda de una ensacadora se empaca el compost que cumplió con los criterios de calidad en sacos de 20 Kg.
- Almacenamiento: Se acopian los sacos de material terminado listos para la comercialización.
- Distribución: Se comercializa el compost terminado, ya sea a empresas del sector floricultor, otro tipo de cultivos, tiendas agrarias y/o público en general.

Determinación de las cantidades de residuos vegetales promedio a aprovechar

Con un total de 22.598,4 kg de residuos vegetales, equivalentes a 742,961 Kg/Día provenientes de la empresa Singha S.A.S (empresa seleccionada dentro de los factores ponderados y centro de gravedad) [22], se hizo el análisis para aprovechar el máximo porcentaje posible en la producción de compost. Teniendo en cuenta que para un proceso de compostación es necesario un equilibrio de material que brinde una relación C/N aproximada a 20:1, se llevó a cabo el cálculo de éstos con el fin de obtener una mezcla que garantice un compostaje efectivo como se puede ver en la tabla 5.

Tabla 5. Cálculo de las cantidades de residuos promedio a aprovechar.

Relación C/N								
Material	Composición Aproximada		Peso	Nitrogeno	Carbono			
	%N	%C						
Aserrín Fresco (seco)	0,100	50,000		0,000	0,000			
Tierra negra (Valor típico)	1,050	20,050		0,000	0,000			
Sobrante de Zarandeo (Base seca)	2,130	37,680		0,000	0,000			
Residuos de Jardín (título F RAS 2000)	3,400	47,800	742,961	25,261	355,135			
			742,961	25,261	355,135			
			%C	47,8				
			%N	3,4				
			C/N	14,059				
Adición de Aserrín Fresco (seco)	(C/N) op	W1Kg	%C1	%N1	%C2	%N2	W2	Numerador
	20,000	742,961	47,800	3,400	50,000	0,100	312,663	-15007,814
								Denominador
								-48,000
		Peso total:	1055,624					

Trabajando bajo las condiciones y las cantidades estandar según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS [35], en la tabla 5 se presenta la cantidad de residuos brindados por la empresa. Para la fase de transformación se observa una falencia de carbono, y la necesidad de adicionar 312.663 Kg de aserrín fresco como fuente rica en este elemento, la cual se obtendría en una alianza con las empresas de servicios públicos de la región con el aserrín sobrante de las podas públicas, para así obtener la relación C/N adecuada. Finalmente, se obtiene como primera mezcla, un total de 1.055,624 Kg/Día de material con un 75% de humedad para comenzar el proceso productivo.

Durante el proceso, cuando el compostaje esté estable, y con el fin de estar garantizando el equilibrio en la relación C/N, además de evitar la proliferación de moscas, mejorar el pH e incrementar los contenidos de calcio y magnesio, se establece unas adiciones de materiales extra como cal y sobrante de zarandeo (equivalente a las partículas de desechos de mayor tamaño que se descartan durante el proceso de zarandeo), expresando sus cantidades en porcentajes de la cantidad de mezcla inicial como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6. Cálculo de adiciones para nutrir el compost.

Mezcla (Kg)			
Residuo orgánico (Kg)	Sobranate de Zarandeo (Kg)	Cal 1%	Total Dia(Kg)
1055,624	263,906	13,195	1332,725

En la tabla 6 se aprecia que la cantidad de mezcla que estará circulando durante el proceso de transformación, teniendo en cuenta las adiciones del 25% de sobranate de zarandeo y el 1% de cal será de 1.332,725 Kg aproximadamente.

Así mismo, teniendo en cuenta que el compostaje se realiza bajo el proceso de descomposición del material como se vé en la tabla 7, durante el flujo del proceso habrá una disminución de materia prima considerable.

Tabla 7. Cálculo de perdida de material.

Compostaje			
	Humedad inicial	Humedad intermedia	Humedad final
	70%-80%	40-50%	20-10%
Peso inicial kg	1332,725	1332,725	1332,725
Peso final Kg	333,181	732,999	1132,816
		Peso final Kg:	693,017

El estimado, bajo porcentajes estandar de perdida de humedad de los residuos y la generación natural de Metano CH₄ en un valor típico de 33% del peso inicial de residuos [35], se obtiene un peso final de 693,017 Kg de compost aprovechables para la venta al público los cuales serán los que se trasladarán a la zona de empaque para realizar el proceso de ensacado, además con los que se desarrollará el calculo de ingresos para el análisis financiero.

Calculo de mano de obra y maquinaria

Despues de determinar la cantidad de material con la que se trabajará en cada paso del proceso se procedió a definir la cantidad de personal requerido para la planta de producción. Teniendo en cuenta que los rendimientos en la mezcla y traslado de residuos en el compostaje es similar a los que se trabajan en un relleno sanitario, se asumieron los rendimientos estandar del proceso investigados en el articulo que tiene por nombre “Diseño de un relleno sanitario manual” [19], evidenciados en la tabla 8.

Tabla 8. Rendimientos estandar de mezcla y traslado de materiales [19].

Rendimientos	
Rendimiento en Mezcla (Ton/h/h)	Rendimiento en traslado de material(Ton/h/h)
0,950	0,700

Con base a los rendimientos mostrados en la tabla 8, se procedió a realizar un diagrama de Gantt donde primero, se incluyeron la totalidad de las actividades realizadas por el capital humano y las respectivas cantidades de material en cada actividad, además, definiendo un turno de 8 horas a los cuales se les restaron espacios de alimentación y pausas activas, con el fin de determinar la cantidad de personal necesario y cronogramar las actividades a lo largo de la jornada, como se aprecia en la tabla 9.

Tabla 9. Diagrama de Gantt.

ACTIVIDAD	CANTIDAD (Ton)	N. Personas	T. Disponible (h)	Desayuno 20min		Pausas Activas 10min		Almuerzo 30 min		Pausas Activas 15min		6,750
				1,000	0,667	1,000	0,833	1,000	0,500	1,000	0,750	
			T. Requerido (h)	7am-8am	8am-9am	9am-10am	10am-11am	11am-12pm	12pm-1pm	1pm-2pm	2pm-3pm	
Mezcla	1,333	1,000	1,403									
Traslado a Transformacion	1,333	1,000	1,904									
Traslado a Estabilizacion	0,733	1,000	1,047									
Traslado a Zarandeo	0,693	1,000	0,990									
Traslado a Empaque	0,520	1,000	0,743									
			T. Total (h)									

En la tabla 9, se puede evidenciar que, el tiempo requerido para el desarrollo de las actividades y sus respectivos volúmenes con una sola persona es de 6,086 horas y teniendo en cuenta que el tiempo real disponible a lo largo del turno es de 6,750 horas, no se crea la necesidad de mano de obra extra pues, de acuerdo al cálculo una sola persona sería capaz de responder a la necesidad de producción diaria de la planta. Además, el tiempo que no se emplea en la actividad productiva, se emplea en actividades de limpieza y mantenimiento.

Para las actividades que requieren de tecnología especializada para su realización como lo son el triturado, el zarandeo y el empaque del material, se realizó una selección de maquinaria, expuesta en la tabla 10, donde se destaca la potencia del motor, el rendimiento de trabajo, el precio de la máquina, y el costo y la periodicidad del mantenimiento, con el fin de tecnificar el proceso productivo y tener mayor control sobre algunas actividades críticas [36].

Tabla 10. Características de la maquinaria del proceso.

	Máquina	Características
Trituradora		Potencia: 15Kw
		Rendimiento: 1450 kg/h
		Precio: \$17.798.655
		Costo de mantenimiento: \$2.669.799
		Periodicidad de mantenimiento: 6 meses
Tamiz		Potencia: 1,5Kw
		Rendimiento: 1,5 t/h
		Precio: \$ 6.979.500
		Costo de mantenimiento: \$1,046,925
		Periodicidad de mantenimiento: 6 meses
Enscadora		Potencia: 1.1 kw
		Capacidad tolva: 1,5 m3
		Rendimiento: 70-120 sacos/h
		Precio: \$ 16,160,000
		Costo de mantenimiento: \$2.424.000
		Periodicidad de mantenimiento: 6 meses

En la tabla 10, se consideró maquinaria con mayor rendimiento al volumen de producción definido inicialmente con el fin de expandir la capacidad del proceso productivo en un mediano o largo plazo. Con los kilogramos diarios a producir, se estima que dicha maquinaria estará en funcionamiento en un tiempo menor a una hora diaria, con lo cual se calculó el consumo en kw/h para el análisis de costos.

Determinación del espacio

El cálculo del espacio necesario para el funcionamiento de la planta, se trabajó con los metros cúbicos correspondientes a la cantidad de residuos teniendo en cuenta que, para la conversión de Kg a m^3 , se multiplicaron los valores en Kg de los residuos para cada etapa del proceso por una constante de 359 [37] (equivalente al valor típico aproximado de la densidad de los residuos vegetales), y se calcularon las áreas de cada una de las celdas para el tratamiento del compost como se ve en la tabla 11.

Tabla 11. Cálculo de volumen y áreas de las celdas.

	Volumen dia (m3)	Area celda (m2)	Area de proceso semanal (m2)
Transformación	3,712	2,475	17,324
Estabilización	1,930	1,287	9,009

Para el cálculo de las áreas, en la tabla 11 se tomó como base la altura máxima permitida por cada celda. Para el proceso de transformación la altura del material no debe superar los 1,5 metros por normas ergonómicas. Para el área de estabilización, la altura se mantiene en una constante de 30 cm para agilizar el proceso de secado del material, además, por normas de movilidad alrededor de las celdas, el ancho debe ser constante también en 1,5 metros. Con estos datos se calculó el largo de las celdas para cada proceso [18], Ver Tabla 12.

Tabla 12. Cálculo de las celdas para ambos procesos.

Área de transformación total (m2)		
121,269		
Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)
1,500	1,500	1,650

Área de Estabilización (m2)		
45,043		
Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)
1,500	0,300	30,029

Como se puede apreciar, en la tabla 12 el largo en las celdas de estabilización es mucho mayor, esto se debe a que aunque haya menor material por la pérdida de humedad, la altura de las pilas va a reducirse en un 60% aproximadamente.

Con base al tamaño de las celdas y a los espacios estándar que requiere el personal para la movilización alrededor de estas, se calculó el área total de la planta sin tener en cuenta espacios administrativos, como se aprecia en la tabla 13; esto debido a que no se considera necesario al inicio del proyecto contar con dichos espacios.

Tabla 13. Cálculo del área general de la planta.

Area de transformación mas estabilización total (sumar 30%) (m2)	Area de recepción de materia prima y mezcla (m2) 25%	Area total compostera (sin bodega y sin espacios administrativos) (m2)
216,206	54,051	270,257

En la tabla 13, como área total, siendo esta la suma del área de transformación y las de estabilización, sin espacios administrativos ni bodega de material terminado, se obtuvieron $270,257 m^2$ aproximadamente.

Para la elaboración del diseño y los planos de la planta productora de compostaje orgánico, siguiendo el flujo del proceso, se llevó a cabo un modelado 2D y 3D utilizando el software SketchUp, en el cual se realizó una aproximación de la escala de cada una de las áreas y de las medidas que ocuparían realmente las máquinas y las pilas de compostaje.

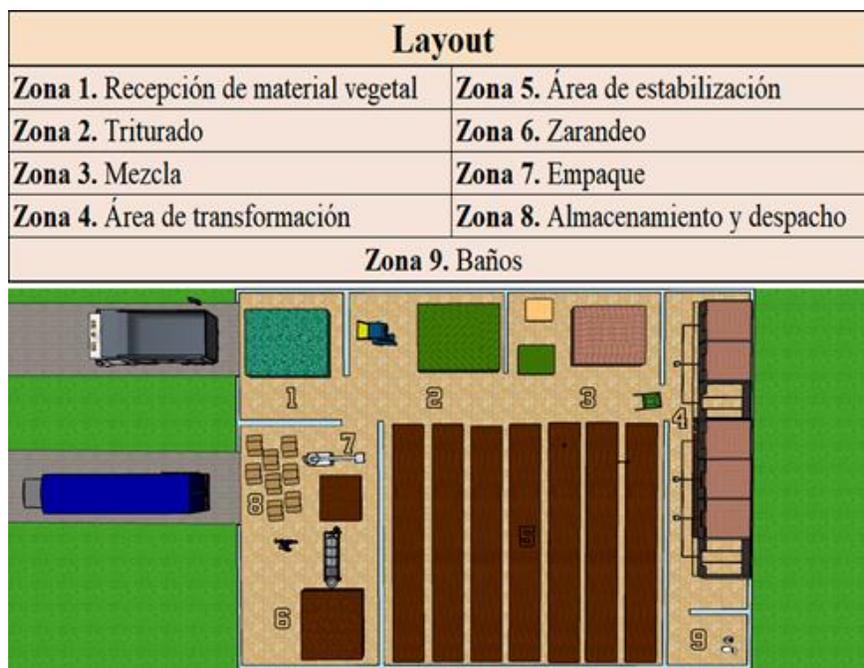


Fig. 6. Vista superior 2D de la planta.

En primera medida en la figura 6, se diseña una aproximación en 2D con el fin de determinar medidas y ubicación de cada una de las etapas productivas, incluyendo maquinaria, pilas de material, herramientas, baño, y áreas de recepción y almacenamiento.



Fig. 7. Vista isométrica 3D de la planta.

En la figura 7 y 8 y debido a que el espacio (en alquiler) cuenta con aproximadamente 40 m² más de lo requerido, se tomó a consideración destinar esos lugares a la bodega de producto terminado y a una distribución más flexible de cada una de las áreas de trabajo, con lo cual se obtiene un diseño a escala de la planta de producción de compostaje orgánico a base de residuos vegetales de la industria floricultora de la finca Singha S.A.S ubicada en el departamento de Cundinamarca, Colombia, más exactamente en el municipio de Tocancipá.

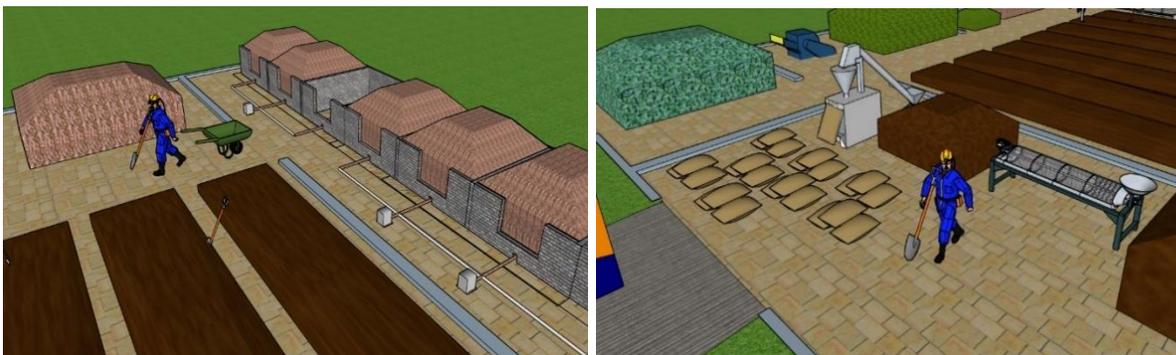


Fig. 8. Vista enfocada de la planta.

Viabilidad financiera del proyecto.

Estimación de costos

Para obtener una aproximación real a los costos de la planta de producción, se llevó a cabo una revisión literaria donde se tuvieron en cuenta los costos de la compra de la maquinaria con su respectivo mantenimiento preventivo. Además, se consultó el costo del consumo

energético en Kw/h del sector aledaño a la planta para estimar los gastos que traerían consigo la utilización de las maquinas mientras estuvieran encendidas.

Se analizó el rendimiento de cada maquina junto con la cantidad de material a procesar para determinar las horas al día que éstas deben estar en funcionamiento y, así mismo, se estimó por el costo de Kw/h equivalente en este sector a \$598,98 pesos colombianos [38]. También, se tuvo en cuenta el gasto de energía por cargo básico para la utilización de lamparas, bombillos, entre otros. Se halla también los costos del servicio de agua, se tuvieron en cuenta las limpiezas semanales de la planta donde se estimó un gasto de 40 litros de agua por cada m² del área. Además del consumo por cargo básico para lavado de baños y lavamanos.

Para el costo de la mano de obra, se tuvieron en cuenta el salario mínimo legal mensual vigente para el año 2021. También, se cotizaron tres herramientas básicas para facilitar el trabajo del operario (pala, pica y carreta), además de dos sensores para medir la temperatura y la humedad del compostaje a lo largo del proceso, todos estos con una periodicidad de cambio de una vez al año.

Finalmente, se estimó el costo de un lote disponible para el alquiler que cumple con el tamaño adecuado para la instalación de la planta y se presupuestó el costo del transporte de la materia prima en una volqueta que satisface el volumen de residuos para el abastecimiento.

Presupuesto

Para determinar la inversión a realizar, se consideraron en la tabla 14, cada uno de los gastos para implementar la planta, donde se dividieron en dos tipos; por un lado están los gastos fijos, los cuales son aquellos que constantemente circulan para su sostenimiento; y los gastos únicos, que solo son una vez. Cada uno de los gastos se calcularon anualmente.

Tabla 14. Presupuesto.

Presupuesto		
Ítem	Gastos fijos	Gastos únicos
Trituradora		\$ 17.798.655,00
Cribadora		\$ 6.979.500,00
Ensacadora		\$ 16.160.000,00
Mantenimiento	\$ 12.281.446,50	
Lote	\$ 74.400.000,00	
Pala	\$ 49.000,00	
Pica	\$ 71.900,00	
Carreta	\$ 198.900,00	
Termocupla	\$ 212.000,00	
Higrometro	\$ 40.000,00	
Kwh	\$ 3.092.384,72	
Agua	\$ 1.479.816,00	
Transporte	\$ 268.800,00	
Mano de obra	\$ 18.377.724,00	
Total año	\$ 110.471.971,22	\$ 40.938.155,00
Total general	\$	151.410.126,22

Como se puede apreciar en la tabla 14, solo hay tres gastos únicos correspondientes a la compra de maquinaria. El resto de ítems son considerados como gastos fijos. Finalmente, se obtuvo un presupuesto o saldo inicial de caja de \$151.410.126,22, necesarios para la inversión en la instalación y puesta en marcha de la planta de compostaje a base de residuos vegetales en esta zona.

Flujo de caja

Se define como la terminación de la totalidad de ingresos y gastos netos de dinero de una organización, el cual crea un indicador que permite estimar la liquidez de una empresa. Esto ayuda a evaluar la capacidad de una compañía para generar capital y ayuda a los tomadores de decisiones estratégicas con respecto a la función comercial, el modelo de financiación y las posibles inversiones [39]. Como se muestra en la tabla 15, se realizó un flujo de caja a tres años, para determinar la evolución del proyecto con la circulación de ingresos y gastos.

Tabla 15. Flujo de caja.

	Ingresos	Egresos
Año 1	\$ 83.701.800,00	\$ 60.401.775,54
Año 2	\$ 116.959.315,20	\$ 50.711.137,22
Año 3	\$ 122.573.362,33	\$ 53.183.865,02

Como saldo inicial, se contempla el valor total del presupuesto. En los egresos se tuvieron en cuenta cada uno de los gastos ya mencionados y, en los ingresos, se estimó un total de producción anual de 9.490 bultos de 20 Kg, a un precio de \$28.000 cada uno y con una expectativa de de ventas del 42% de la producción.

Van, TIR y relación B/C

El Valor Actual Neto (VAN) es la tasa de interés con la que se resta el flujo neto proyectado. También, es la tasa de rendimiento, oportunidad o rentabilidad mínima, que se espera ganar, en donde, un valor negativo aún no ha satisfecho dicha tasa, si es igual a cero es porque se cumplió con la tasa y si es mayor a cero es porque se cumplió y, además, generó un beneficio adicional [40].

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es interpretada como la capacidad del proyecto para devolver el capital invertido. Si la TIR es negativa, no se está retornando el dinero invertido, si da igual a cero, se recuperó el capital invertido y si es mayor que cero, se recuperó y, además, se generó un beneficio adicional [40].

La relación Costo Beneficio (B/C) es una herramienta que ayuda a analizar la viabilidad financiera de un proyecto. Si el valor resultante es mayor a uno, se considera que el proyecto es viable económicamente, pero si el valor es igual o menor que uno, el proyecto no será rentable. Para el presente estudio, se realizó un análisis de cada indicador con el fin de evaluar la viabilidad financiera del proyecto, como se puede ver en la tabla 16.

Tabla 16. Análisis de la VAN, TIR y Relación B/C.

Saldo Inicial negativo	Saldo Año 1	Saldo Año 2	Saldo Año 3
-\$ 151.410.126,22	\$ 23.300.024,46	66.248.177,98	69.389.497,31
TIR		2%	
Tasa de interes		5%	
Saldo inicial		\$ 151.410.126,22	
VAN		-\$ 9.189.319,68	
Sumatoria Ingresos		\$ 323.234.477,53	
Sumatoria costos		\$ 164.296.777,77	
Sumatoria costos + inversión		\$ 315.706.903,99	
B/C		1,02	

Se tuvo como proyección el flujo de caja a 3 años en donde se obtuvieron como resultados una VAN negativa de -\$9.189.319,68, indicando así que para el año tres, no se ha satisfecho con la tasa de interés equivalente al 5%. Una tasa interna de retorno del 2% que define al proyecto como capaz de retornar el capital invertido para el último año, además de generar un porcentaje adicional de beneficios monetarios. Y, por último, una relación B/C de 1,02 el cual concluye que el proyecto de la instalación de una planta productora de compostaje orgánico a base de los residuos vegetales de la finca SINGHA S.A.S, es viable económicamente pues los beneficios serán mayores que los costos de la inversión o costos totales.

Conclusiones

Colombia es una potencia mundial en el cultivo de flores gracias a sus condiciones climatológicas y topográficas, pero debido a la poca innovación en los procesos se están desaprovechando grandes oportunidades de negocio al no darle valor agregado a los desechos orgánicos con características beneficiosas para el tratamiento de los suelos. Además, el impacto ambiental negativo es considerable y no se presta la debida importancia. Por esto, se generan oportunidades con los residuos vegetales de la industria floricultora con su aprovechamiento.

Gracias a la aplicación de las diferentes metodologías para el presente estudio, se logró determinar que el compostaje orgánico por medio de la aireación forzada, como una técnica que cumple con facilidad para el aprovechamiento de este tipo de residuos. Además, se pudo identificar que, en el municipio de Tenjo, Cundinamarca se cumple con la ubicación idónea para la instalación de una planta de producción bajo esta técnica, gracias a que cuenta con características de cercanía a proveedores y clientes, reducción de costos y disponibilidad de mano de obra.

De igual manera, gracias a la aplicación de metodologías ligadas a diseños productivos, fue posible solucionar elementos puntuales para la instalación de la planta, tales como diseño de mezclas con cantidades aproximadas, donde se pronostica una producción anual de 9.490 bultos de abono orgánico de 20kg. La determinación del área necesaria en cada etapa del proceso, siendo para la planta un área total de 270,25 metros cuadrados aproximadamente. También la determinación de mano de obra por medio de rendimientos estandarizados, con

su respectivo cronograma de actividades para garantizar escasos tiempos improductivos por exceso de personal, encontrando que con un solo colaborador es suficiente para el cumplimiento de la capacidad. La búsqueda de maquinaria ideal con su respectiva optimización para no recurrir a gastos innecesarios de uso de energía. Y, por último, un layout en 2D y 3D donde se muestra gráficamente el acercamiento de la planta productiva real instalada.

Gracias al análisis de viabilidad financiera destinada al cálculo de los indicadores de flujo de caja, valor actual neto VAN, Tasa Interna de Retorno TIR y relación BC, se concluye que el proyecto de la instalación de una planta productora de compostaje orgánico a base de los residuos vegetales de la finca SINGHA S.A.S, en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, es viable económicamente con un pronóstico de ventas del 42% de la producción, ya que los beneficios serán mayores que los costos de la inversión o costos totales. Además, se brinda la oportunidad de crear alianzas con nuevos clientes para aumentar esa estimación de ventas y recibir mayor cantidad de beneficios.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Agricultura, “Cadena de Flores,” *Minist. Agric. y Desarro. Rural.*, p. 22, 2020, [Online]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Flores/Documentos/2019-02-30 Cifras Sectoriales.pdf>.
- [2] Asocolflores, “Guía Ambiental para la Floricultura,” pp. 1–61, 2002.
- [3] E. Florián, “Protocolo Para El Manejo Integral De Residuos Biodegradables Versión: 0.0,” 2015, [Online]. Available: <http://oga.bogota.unal.edu.co/wp-content/uploads/2016/08/Protocolo-biodegradables.pdf>.
- [4] F. Edwin and L. Suarez, “APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE LA FLORICULTURA PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL Y FURFURAL,” pp. 1–42, 2021.
- [5] A. Solano, G. Andrea, R. Lee, and X. Franco, “Manual de buenas prácticas de poscosecha para flor de corte y follajes asociados,” *Asocolflores*, p. 31, 2010, [Online]. Available: https://rutadelasostenibilidad.org/wp-content/uploads/2020/02/Manual_poscosecha_2010-V-2-0.pdf.
- [6] R. Profesional, “INVESTIGAN EL POTENCIAL DE LOS TALLOS DE ROSAS PARA PRODUCIR BIOCOMBUSTIBLES,” 2021. <https://www.residuosprofesional.com/tallos-rosas-producir-biocombustibles/>.
- [7] M. R. Muñoz, “Gasificación Y Torrefacción De Residuos Agrícolas De La Cosecha De Caña, Tecnologías Para Diversificar Los Biocombustibles De La Agroindustria Azucarera,” no. November, 2019, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/337445412>.
- [8] Y. Gallego Florez, K. D. Pitalua, E. Gomezcaseres Sierra, and L. M. Barrera Tapia,

- “La Comercialización De Frutas Y Hortalizas En El Mercado De Oriente En,” pp. 233–239, 2011.
- [9] J. M. Báez Rodríguez, “Manual de compostaje casero,” *Minist. Medio Ambient. y Medio Rural y Mar. Secr. Gen. Técnica*, pp. 1–24, 2010, [Online]. Available: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_de_compostaje_2011_paginas_1-24_tcm7-181450.pdf%0Apapers3://publication/uuid/B3A2C71D-750D-488A-952C-C3C22FBB9173.
- [10] A. Pérez *et al.*, “Cartilla Practica Para La Elaboracion De Abono Organico,” *BMC Public Health*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>.
- [11] UN Periódico, “Bioenergía con Residuos Vegetales.” [Online]. Available: <https://www.rds.org.co/es/novedades/bioenergia-con-residuos-vegetales>.
- [12] J. Dueñas and P. Espinoza, “EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE Y LA GENERACIÓN DE BIOGÁS COMO ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA EL RESIDUO VEGETAL DE CLAVEL GENERADO EN LA FINCA ARRAYANES DE COLIBRÍ FLOWERS S.A., UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ,” vol. 8, no. 5, p. 55, 2019.
- [13] G. Vasquez, ““EFICIENCIA DEL *Saccharomyces cerevisiae* EN LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORES DEL CEMENTERIO JARDÍN DE LA ESPERANZA, EN EL DISTRITO DE AMARILIS – HUÁNUCO ABRIL – JUNIO 2018,”” *Univ. Huánuco*, pp. 1–119, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1066>.
- [14] Vargas, O., Trujillo, J., and M. Torres, “El compostaje , una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento Composting , an alternative for the use of organic residues In the supply centers Compostagem , uma alternativa para o uso de resíduos orgânicos,” *Orinoquia*, vol. 23, no. 2, pp. 123–129, 2019, [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092019000200123.
- [15] Orarbo, “El Observatorio y los municipios,” 2020. <http://orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/informacion-general-municipio>.
- [16] J. Heizer and R. Barry, *Principios de Administración De Operaciones*. 2004.
- [17] Andalucía Luz, “3. Sistemas Y Técnicas Para El Compostaje,” *Junta de andalucia*, vol. 1, p. 7, 2000, [Online]. Available: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000 Compost CIEMAT.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf).
- [18] P. Román, Pilar, Martínez, Maria, *Manual de compostaje del agricultor*. 2015.
- [19] “5. Diseño De Un Relleno Sanitario Manual.”

- [20] A. Anya and H. Díaz, “MODELADO MEDIANTE EL PROGRAMA GRÁFICO SKETCHUP DE UNA PLANTA INDUSTRIAL,” 2019, [Online]. Available: [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/14740/Modelado mediante el programa grafico Sketchup de una planta industrial.pdf?sequence=1](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/14740/Modelado%20mediante%20el%20programa%20grafico%20Sketchup%20de%20una%20planta%20industrial.pdf?sequence=1).
- [21] J. F. Rodríguez Rocha, “Flujo de caja,” *Panorama*, vol. 2, no. 4, p. 8, 2013, [Online]. Available: dialnet.unirioja.es.
- [22] B. Cuervo, “Diseño de proyectos para la certificación florverde en manejo de residuos para la empresa singha s.a.s,” p. 66, 2017.
- [23] FLOR DE BARRIO, “COMPOSTA FLORAL,” *FLOR DE BARRIO*, 2020. <https://www.flordebarrio.com/noticias/2020/6/26/composta-floral>.
- [24] S. Harryman, “El Compostaje Como Solución De La Problemática De Residuos Sólidos En Las Floricultoras De La Sabana De Bogotá,” *Boletín Semillas Ambient.*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [25] H. Tang, Y. Zheng, and Y. Chen, “Materials Chemistry of Nanoultrasonic Biomedicine,” *Adv. Mater.*, vol. 29, no. 10, 2017, doi: 10.1002/adma.201604105.
- [26] M. S. Martha, C. Daza, U. Valle, E. De Ingeniería, D. R. Naturales, and Á. D. I. Agrícola, “Aplicación de compost de residuos de flores en suelos ácidos cultivados con maíz (*Zea mays*),” *Rev. Ciencias Técnicas Agropecu.*, vol. 23, no. 3, pp. 22–29, 2014.
- [27] C. Agrarias, “Efecto de la adición de compost de flores sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo,” 2020.
- [28] ICA, “Empresas registradas de bioinsumos,” p. 38, 2019.
- [29] C. E. Soacha, “Empresas registradas fertilizantes - diciembre 15 de 2010,” no. 5, pp. 1–90, 2010.
- [30] B. D. E. Datos *et al.*, *BASE DE DATOS ALMACENES COMERCIALIZADORES DE INSUMOS A NIVEL NACIONAL CON CORTE A DICIEMBRE DE 2019*. 2019.
- [31] R. E. Silvera Escudero and P. D. Mendoza Valencia, *Costos logísticos del transporte terrestre de carga en Colombia*. 2017.
- [32] DANE, “Boletín Técnico: Mercado laboral por departamentos, Gran Encuesta Integrada de Hogares,” pp. 1–33, 2018.
- [33] J. R. Bustamante, “Departamento Administrativo Nacional de Estadística Dirección de Regulación , Planeación , Estandarización y Normalización – DIRPEN – Junio 2010,” *Dep. Adm. Nac. Estad. DANE*, vol. informe de, no. 2009, p. 63, 2010.
- [34] Google, “Google Maps.” <https://www.google.com/maps/place/4°51'01.7%22N+74°07'42.9%22W/@4.8504723,-74.1307817,781m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0xe581b9f75660316b!8m2!3d4.850467!4d-74.128593>.
- [35] S. B. Ras, J. M. Mendez, M. Rivera, and A. Vargas, *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Sistemas de Aseo Urbano. TITULO F*. 2000.

- [36] J. A. Jakubiec, M. Machado, and Junta de Andalucía, “Equipos Y Maquinaria Para El Compostaje De Alpeorujos,” *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2015, [Online]. Available: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/equipos_y_maquinaria.pdf<https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf><https://hdl.handle.net/20.500.12380/245180><http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003>
- [37] Miteco, “Biorresiduos.” <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/biorresiduos/Biorresiduos-Que-caracteristicas-tienen.aspx#:~:text=Tiene una densidad bastante elevada,en general una baja compactabilidad.>
- [38] E. Codensa, “Tarifas de Energia Electrica regulados por la comision de regulacion de energia y gas (CREG).” p. 1, 2020, [Online]. Available: <https://www.creg.gov.co/>.
- [39] E. Guzmán, A. Máter, H. Mendoza, and E. Maribel, “Flujo de caja : Inversión , operativo y financiamiento . Caso empresa Flujo de caja : Inversión , operativo y financiamiento . Caso empresa,” 2021.
- [40] Economía3, “Van y TIR: Concepto, diferencias y cómo calcularlos,” *Economía*, 2021. <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>.