

Departamento
de Diseño:



TRABAJO DE GRADO

LISETH ARIAS VALLE

Ingeniería en Diseño Industrial
Departamento de Diseño
Medellín 2024



**Diseño y desarrollo de una
máquina de compostaje para la
gestión eficiente de residuos
orgánicos para puesto de venta
de jugos en Laureles - Estadio**

Liseth Arias Valle

Asesor (es):

Juan Pablo Parra Arcila – Trabajo de
grado I

Marcela Cardona Gonzáles – Trabajo de
grado II

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Artes y humanidades
Departamento de Diseño
Medellín 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

Liseth Arias V.
C.C. 103668462



ESTUDIANTE

Cédula 103668462

Correo Lisetharias208851@correo.itm.edu.co

Liseth Arias Valle

RESUMEN

Este proyecto surge de la necesidad imperante de optimizar el proceso de compostaje en el puesto de jugos en Laureles, para gestionar de manera más eficiente los residuos orgánicos generados diariamente. Ante la creciente preocupación por la gestión sostenible de los desechos y el impacto ambiental a nivel local, se plantea la iniciativa de diseñar una máquina de compostaje innovadora que permita acelerar y mejorar el proceso de descomposición de los residuos, contribuyendo así a la promoción de prácticas más sostenibles y a la reducción de la huella ecológica en la localidad.

Palabras Claves: Compostaje, Sostenibilidad, Residuos orgánicos, Eficiencia, Innovación

ABSTRACT

This project arises from the imperative need to optimize the composting process at the juice stand in Laureles, in order to manage more efficiently the organic waste generated daily. Given the growing concern for sustainable waste management and environmental impact at the local level, the initiative to design an innovative composting machine to accelerate and improve the waste decomposition process, thus contributing to the promotion of more sustainable practices and the reduction of the ecological footprint in the locality.

Keywords: Composting, Sustainability, Organic waste, Innovation

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN.....	10
Descripción de la situación problemática.....	10
Objetivos.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Justificación.....	16
Conceptos clave.....	18
Antecedentes.....	23
Estado de la técnica.....	33
Requerimientos para la propuesta de diseño.....	44
CAPÍTULO 2. EJECUCIÓN.....	46
Ideación.....	46
Propuestas de diseño.....	53
1..... Propuesta de Diseño 1	53
2..... Propuesta de Diseño 2	55
3..... Propuesta de Diseño 3	57
Evaluación de las propuestas.....	59
Diseño de Detalle.....	61
Determinación de la Capacidad Adecuada de la Compostera.....	61
Estrategia.....	68
Representación digital de la propuesta.....	77
Planimetría.....	83
Explicación del Código:.....	114
Carta de procesos.....	115
Ficha Técnica.....	116
Presupuesto.....	117
CAPÍTULO 3. DIVULGACIÓN.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	123

CONTENIDO

Lista de Figuras y/o Tablas

Figura 1: Basurera puesto jugos de Estadio

Figura 2: Puesto de Jugos Estadio

Figura 3: Compostera Joraform

Figura 4: Compostera Earth Flow

Figura 5: Compostera HotRot Organic Solutions

Figura 6: Compostera The Worm Factory 360

Figura 7: Compostera Big Hanna

Figura 8: Compostera Aerated Static Pile (ASP) Composting by O2Compost

Figura 9: Compostera Ecodrum™ Composter

Figura 10: Compostera Enrich360

Figura 11: Compostera Rocket Composter by Tidy Planet

Figura 12: Compostera Komptech Topturn X55

Figura 13: Bokashi kitchen compost bin "sensei"

Figura 14: Tabla de Especificaciones del Diseño de Producto (PDS)

Figura 15: Plan de Compostaje

Figura 16: Manual para crear compost de frutas

Figura 17: Diseño de tiquetera

Figura 18: Promoción para Instagram

Figura 19: Cartel informativo

Figura 20: Diseño de bolsa para compostaje

Figura 21: Ubicaciones puestos de compost

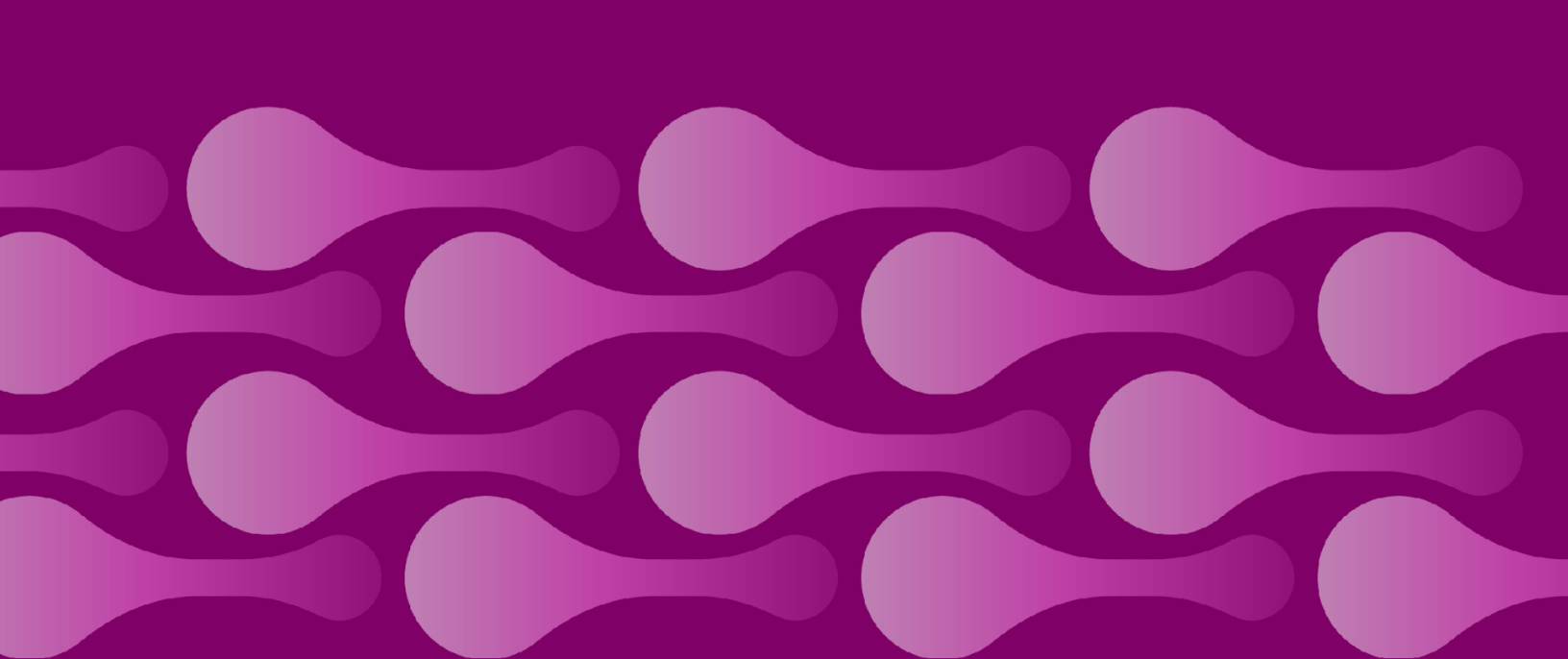
Figura 22: Código funcionamiento compostera

Figura 23: Carta de procesos máquina de compostaje

Figura 24: Ficha técnica

Figura 25: Costos y presupuestos

Figura 26: Análisis financiero



FUNDAMENTACIÓN

01

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN

Descripción de la situación problemática

Optimización de la Gestión de Residuos Orgánicos en puestos de jugos en Estadio - Laureles

El compostaje es un proceso natural de descomposición de materiales orgánicos que se ha utilizado durante siglos para producir un fertilizante rico en nutrientes para el suelo. Este proceso es esencial para la gestión sostenible de residuos, ya que transforma los desechos orgánicos en un producto valioso que puede mejorar la salud del suelo, aumentar la retención de agua y nutrientes, y reducir la necesidad de fertilizantes químicos.

Además de sus beneficios para el suelo, el compostaje también tiene importantes implicaciones ambientales. Al desviar los desechos orgánicos de los vertederos y convertirlos en compost, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se evita la contaminación del suelo y el agua. El compostaje también ayuda a cerrar el ciclo de nutrientes en los ecosistemas, promoviendo la biodiversidad y la salud general del medio ambiente (Smith & Johnson, 2021; Green Waste Solutions, 2019).

En Medellín y el Valle de Aburrá, el aprovechamiento de los residuos orgánicos sigue siendo un desafío significativo. A pesar de que el 15% de los residuos sólidos totales se reciclan en la región, gran parte de estos residuos son orgánicos, los cuales, si se gestionaran adecuadamente, podrían generar importantes beneficios para la ciudad y sus alrededores. De acuerdo con expertos en el tema, la implementación de prácticas de compostaje adecuadas podría producir hasta 260,000 toneladas de compost anuales, las cuales podrían ser utilizadas para mejorar la calidad del suelo en jardines públicos, privados y en la recuperación de tierras

degradadas en zonas rurales como Caldas o Barbosa, ubicadas en las cercanías de Medellín (Centrópolis, 2024; El Nuevo Siglo, 2020).

Además, el aprovechamiento de los residuos orgánicos a través del compostaje tiene un gran potencial para reducir la cantidad de residuos sólidos que terminan en los vertederos, lo que ayudaría a minimizar el impacto ambiental negativo de los mismos. En lugares como Medellín, donde la gestión de residuos sigue siendo insuficiente, el compostaje no solo contribuye a una mejor utilización de los recursos, sino que también puede ser un motor para el desarrollo de proyectos comunitarios y productivos, como huertas urbanas o incluso proyectos de compostaje a gran escala. Se estima que, si más comercios, restaurantes y hogares adoptaran esta práctica, la ciudad podría experimentar una mejora significativa en la sostenibilidad de su modelo de manejo de residuos (Centrópolis, 2024; El Nuevo Siglo, 2020; Carrillo et al., 2019).

Por otro lado, la falta de políticas públicas que incentiven el compostaje a nivel local y nacional limita el impacto que esta técnica podría tener. Si bien algunos comercios y pequeños empresarios ya están implementando soluciones innovadoras, como la creación de compostadores comunitarios o huertas urbanas, aún queda mucho por hacer. Es necesario fomentar el uso de tecnologías de reciclaje, así como establecer incentivos económicos para que más actores, tanto públicos como privados, se sumen a la causa de la sostenibilidad mediante la reutilización de residuos orgánicos (Centrópolis, 2024; Carrillo et al., 2019).

La aplicación del compostaje en entornos comerciales, como puestos de jugos, ofrece una oportunidad única para promover prácticas sostenibles de gestión de residuos y fomentar la conciencia ambiental entre la comunidad local. Al implementar un sistema de compostaje en un puesto de jugos ubicado en Laureles-Estadio, se puede aprovechar una fuente significativa

de residuos orgánicos, como cáscaras de frutas y restos de pulpas, que actualmente no son utilizados y terminan en los vertederos.

Este puesto de jugos, ubicado en una zona de alta afluencia de personas que practican deporte, genera aproximadamente 30 kg de residuos orgánicos al día, lo que equivale a alrededor de 1,120 kg al mes. Estos residuos incluyen principalmente cáscaras de frutas como papaya, fresa, mora, sandía, mango y banano. La mayoría de estos residuos no son aprovechados debido a la falta de un sistema adecuado de separación y compostaje, lo que representa una oportunidad perdida para convertir estos desechos en un recurso valioso.

Figura 1
Basurera puesto jugos de Estadio
Fuente: Elaboración propia.



Basurera de 110 litros, equivale a 50 kg de capacidad.

Actualmente, estos residuos son desechados diariamente por razones de salubridad, lo que significa que no se realiza un proceso de compostaje. Sin embargo, con la implementación

de un sistema de compostaje, sería posible no solo manejar estos residuos de manera más sostenible, sino también generar compost de alta calidad que podría ser utilizado para mejorar las zonas verdes cercanas o incluso ser vendido como producto comercial.

Figura 2
Puesto de jugos de Estadio
Fuente: Elaboración Propia



Espacio de puesto de jugos de estadio

El proceso de compostaje en el puesto de jugos de Laureles-Estadio enfrenta varios desafíos que limitan su efectividad. La gestión inadecuada de factores críticos como la humedad, el pH y la temperatura en el proceso actual afecta la descomposición eficiente de los

residuos orgánicos. Estos factores deben ser controlados adecuadamente para producir compost de alta calidad. La falta de control y la necesidad de retirar los residuos a diario dificultan la acumulación y el tratamiento necesario para el compostaje, lo que retrasa la producción del compost y reduce su potencial para ser un recurso útil.

Para abordar estos problemas, se recomienda implementar un sistema de compostaje específico para el puesto de jugos, que incluya infraestructuras adecuadas para la separación y el compostaje de residuos, así como la capacitación del personal en técnicas sostenibles. Esto permitiría aprovechar hasta el 50% de los residuos generados, lo que no solo reduciría el impacto ambiental, sino que también generaría un valioso recurso para el negocio y para la comunidad local. Un compostaje bien gestionado contribuiría a mejorar la calidad del suelo, equilibrando el pH y favoreciendo el crecimiento de microorganismos beneficiosos.

Implementar un sistema de compostaje también podría servir como un modelo para otros negocios en la zona, ayudando a fomentar prácticas sostenibles. Dado que el puesto de jugos se encuentra en una ubicación visible y popular, podría ser una excelente oportunidad para educar a la comunidad sobre la importancia del compostaje y la correcta gestión de residuos. Esta iniciativa podría inspirar a otros negocios en Laureles-Estadio y áreas cercanas a adoptar prácticas similares, contribuyendo a una mayor conciencia ambiental y una gestión más eficaz de los residuos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una máquina para compostaje que permita la generación de compost rápido y de buena calidad, minimizando el consumo de recursos y facilitando el monitoreo del proceso, con el fin de aprovechar al menos el 55% de los residuos orgánicos generados en el puesto de jugos de Laureles, Estadio.

Objetivos Específicos

- Definir los requerimientos técnicos y logísticos para la implementación de una máquina de compostaje en el puesto de jugos en Laureles-Estadio, considerando las limitaciones de espacio, los recursos disponibles y el volumen de residuos generados diariamente.
- Diseñar un prototipo a escala de la máquina de compostaje que permita gestionar eficientemente los residuos orgánicos, optimizando factores como ventilación, estructura modular y facilidad de uso, sin necesidad de realizar pruebas físicas de compostaje.
- Proyectar la cantidad de compost generado y el porcentaje de residuos aprovechados mensualmente, estimando tiempos de procesamiento.

Justificación

La realización del proyecto de optimización del proceso de compostaje en el puesto de jugos ubicado en Laureles-Estadio se justifica en varios aspectos fundamentales. En primer lugar, es crucial abordar la situación problemática actual en la gestión de residuos orgánicos generados en este lugar, donde se producen aproximadamente 30 kg de desechos por día. Esta acumulación de residuos, compuesta principalmente por cáscaras y restos de frutas, no solo representa un desafío logístico en términos de manejo y disposición, sino que también implica un desperdicio de recursos valiosos que podrían ser transformados en compost de alta calidad.

La relevancia social de este proyecto es evidente, ya que promueve prácticas sostenibles de gestión de residuos que benefician tanto al negocio como a la comunidad local. Al optimizar el proceso de compostaje, se reduce la cantidad de residuos orgánicos que terminan en los vertederos, lo que a su vez disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del suelo y el agua. Esto no solo contribuye a la mitigación del cambio climático, sino que también fomenta un entorno más saludable y sostenible para los residentes y visitantes de Laureles-Estadio.

Además, el proyecto tiene implicaciones prácticas significativas para el puesto de jugos, ya que, al aprovechar eficientemente los residuos orgánicos generados, el negocio puede reducir sus costos operativos asociados con la eliminación de residuos. Al mismo tiempo, se generará compost de alta calidad que podría ser utilizado en las zonas verdes cercanas o incluso comercializado como un producto sostenible, proporcionando un beneficio económico adicional y fortaleciendo la imagen del puesto como un negocio comprometido con la sostenibilidad ambiental.

Desde un punto de vista educativo y comunitario, este proyecto ofrece oportunidades de aprendizaje y concienciación para los empleados del puesto de jugos y los clientes que lo visitan. La implementación de técnicas avanzadas de compostaje no solo mejorará la gestión de residuos en el negocio, sino que también servirá como un modelo de prácticas sostenibles que podría inspirar a otros comercios y residentes en la zona a adoptar medidas similares para reducir su impacto ambiental.

En términos de viabilidad, el proyecto cuenta con condiciones favorables para su ejecución. El puesto de jugos en Laureles-Estadio ya genera una cantidad significativa de residuos orgánicos que pueden ser fácilmente aprovechados para el compostaje. Con la implementación de infraestructuras adecuadas y técnicas mejoradas de compostaje, es posible superar los desafíos actuales y transformar estos desechos en un recurso valioso para la comunidad, contribuyendo así al desarrollo de un entorno más sostenible y responsable en Laureles-Estadio.

Conceptos clave

En el proceso de selección de conceptos clave para abordar la temática del compostaje, lo primero fue una exhaustiva revisión de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Este organismo internacional, comprometido con el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria, ofrece una amplia gama de recursos y publicaciones que abordan diversos aspectos relacionados con el compostaje y su importancia en la gestión de residuos orgánicos y la agricultura sostenible. Además, el Programa de Sostenibilidad de la Universidad de Yale proporciona un enfoque integral sobre el proceso de compostaje.

A partir de esta revisión, se identificaron y seleccionaron una serie de conceptos clave que abarcan desde los fundamentos teóricos y prácticos del compostaje hasta sus aplicaciones en distintos contextos y sectores. Estos conceptos proporcionan una base sólida y rigurosa para comprender los principios y procesos involucrados en el compostaje.

- **Compostaje:** Proceso biológico aeróbico controlado de descomposición de materiales orgánicos como residuos agrícolas, estiércol y residuos de alimentos. Implica la actividad de microorganismos aeróbicos (bacterias, hongos y actinomicetos) que, bajo condiciones adecuadas de temperatura, aireación y humedad, descomponen los materiales en compost, un producto estable y útil como enmienda del suelo.
- **Compost:** Material orgánico descompuesto que se ha estabilizado a través del proceso de compostaje. Contiene nutrientes esenciales para las plantas (como nitrógeno, fósforo y potasio), mejorando la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua. El compost es un fertilizante de liberación lenta que contribuye a la salud del suelo a largo plazo.

- **Co-compostaje:** Proceso de compostaje que mezcla diferentes tipos de residuos orgánicos para optimizar la relación carbono/nitrógeno y la descomposición. Se utiliza para mejorar la eficiencia del compostaje y obtener compost de alta calidad.
- **Factores que Influyen en el Compostaje:** Variables ambientales y biológicas que afectan la eficiencia y la calidad del proceso de compostaje, como la temperatura, la humedad, la aireación, la relación carbono:nitrógeno (C/N), el tamaño de partícula y la actividad microbiana. Estos factores interactúan de manera compleja y pueden variar durante el proceso de compostaje, requiriendo un monitoreo y ajuste continuo para garantizar condiciones óptimas.
- **Gestión de Residuos Orgánicos:** Estrategias y políticas destinadas a recolectar, tratar y aprovechar de manera sostenible los residuos orgánicos, como parte de una gestión integral de residuos y una transición hacia una economía circular. La gestión de residuos orgánicos incluye la recolección selectiva, el compostaje comunitario, la producción de biogás y la valorización de subproductos orgánicos para la agricultura y la industria.
- **Calidad del Compost:** Parámetros físicos, químicos y biológicos utilizados para evaluar la calidad y la madurez del compost, incluyendo el contenido de nutrientes, la estabilidad, la presencia de patógenos y la actividad microbiológica. Los estándares de calidad del compost varían según su uso previsto, pero suelen incluir pruebas de pH, materia orgánica, contenido de humedad, densidad aparente, presencia de metales pesados y viabilidad de semillas.
- **Monitoreo del Compostaje:** Proceso sistemático de seguimiento y evaluación de las variables clave del compostaje, como la temperatura, la humedad, la aireación, la actividad microbiana y la calidad del compost producido, con el fin de garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y la eficiencia del proceso. El monitoreo del compostaje permite detectar y corregir desviaciones en las condiciones del proceso,

optimizando así la descomposición de los materiales orgánicos y asegurando la producción de compost de alta calidad de manera consistente y confiable.

- **Inoculantes Microbianos para Compostaje:** Microorganismos seleccionados y cultivados específicamente para acelerar y mejorar el proceso de compostaje, aumentando la actividad biológica y la descomposición de los materiales orgánicos, así como la producción de compost de alta calidad y estabilidad. Los inoculantes microbianos pueden incluir bacterias, hongos y actinomicetos beneficiosos, que colonizan rápidamente el sustrato de compostaje y compiten con microorganismos patógenos, promoviendo así la descomposición aeróbica y la mineralización de los nutrientes.

- **Lixiviado:** Líquido que se filtra a través del material en compostaje y que puede contener nutrientes disueltos y contaminantes. El manejo adecuado de los lixiviados es crucial para evitar la contaminación de suelos y cuerpos de agua. En sistemas de compostaje, se recomienda recoger y tratar estos líquidos mediante sistemas de aireación o recipientes cerrados.

- **Pérdida de Agua:** Durante el compostaje, se pierde una cantidad significativa de agua a través de la evaporación. Esta pérdida contribuye a la reducción del volumen y peso del compost, que puede ser de hasta un 50% o más, dependiendo de la composición inicial del material (residuos de frutas, por ejemplo, contienen un alto porcentaje de agua) .

- **Control de Olores:** Los olores desagradables durante el compostaje suelen ser resultado de condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno), lo que lleva a la producción de compuestos como el ácido sulfhídrico. Mantener la aireación adecuada y evitar el exceso de humedad previene estos olores y asegura un compostaje eficaz.

- **Madurez del Compost:** Estado final del compost cuando ha completado todas las fases de descomposición, estabilizándose y perdiendo su capacidad de generar calor. Un

compost maduro no emite olores fuertes y es seguro para su uso en agricultura, sin riesgo de toxicidad o presencia de patógenos.

- **Relación Carbono/Nitrógeno (C):** La relación entre el contenido de carbono y nitrógeno en los materiales compostables. Una proporción ideal es de 25:1 a 35:1 al inicio del proceso. Ajustar la relación C, es fundamental para asegurar una descomposición eficiente y evitar el bloqueo biológico del nitrógeno.
- **Volteo:** Técnica utilizada para mejorar la aireación del compost durante el proceso de descomposición. El volteo manual o mecánico permite oxigenar los materiales, facilitando el crecimiento de microorganismos aeróbicos y evitando la generación de olores debido a condiciones anaeróbicas.
- **Compactación del Material:** A medida que el compost avanza en su proceso, el volumen del material disminuye debido a la pérdida de agua y carbono, lo que provoca una compactación natural. Esto es importante porque una compactación excesiva puede impedir la aireación adecuada y frenar el proceso.
- **Fase Mesófila:** Esta es la etapa inicial del compostaje, donde la descomposición ocurre a temperaturas moderadas (hasta 45°C). Durante esta fase, los microorganismos mesófilos descomponen compuestos simples como azúcares y almidones. La temperatura aumenta rápidamente, y esta fase generalmente dura unos pocos días.
- **Fase Termófila:** En esta fase, las temperaturas suben entre 45°C y 70°C, y los microorganismos termófilos toman el control. Descomponen materiales más complejos, como la celulosa y la lignina. Esta etapa es crucial para la higienización del compost, ya que elimina patógenos y semillas indeseadas. La fase termófila puede durar desde unos pocos días hasta semanas.
- **Fase de Maduración:** La fase final implica una disminución de la temperatura, y los microorganismos mesófilos regresan. El compost se estabiliza y se forman sustancias

húmicas, como los ácidos húmicos y fúlvicos. Esta fase puede durar varios meses, y durante este tiempo el compost alcanza su madurez y estabilidad

- **Aditivos de Carbono:** Materiales ricos en carbono, como virutas de madera, hojas secas, aserrín y restos de poda, que se añaden al compost para equilibrar la relación Carbono-Nitrógeno (C). Una proporción adecuada entre carbono y nitrógeno es esencial para un compostaje eficiente. La adición de estos materiales ayuda a reducir el exceso de nitrógeno y evita problemas como malos olores o un compost demasiado húmedo.
- **Materiales Compostables:** Incluyen restos de poda, hojas secas, pasto cortado, cáscaras de frutas y estiércol, que se pueden mezclar en diversas proporciones para obtener un compost equilibrado. Se sugiere utilizar una combinación adecuada para maximizar la eficiencia del compostaje

Antecedentes

En este trabajo, se presentará una revisión de varios artículos académicos que abordan la gestión de residuos orgánicos mediante compostaje. Estos estudios ofrecen perspectivas diversas y estrategias innovadoras para optimizar el proceso de compostaje, especialmente en contextos de países en desarrollo. A través del análisis de estos artículos, se busca identificar prácticas efectivas y mejorar la calidad del compost producido.

El estudio "Implementation of strategies to optimize the co-composting of green waste and food waste in developing countries. A case study: Colombia" ofrece una visión detallada sobre cómo mejorar el proceso de compostaje de residuos verdes y residuos de alimentos en contextos de países en desarrollo, con un enfoque específico en Colombia. Estas estrategias son especialmente relevantes en entornos donde la gestión de residuos orgánicos es un desafío debido a la falta de infraestructura y recursos adecuados.

La adición de alimentos no procesados (UF) y procesados (PF) como co-sustratos para los residuos verdes es una estrategia innovadora que busca aprovechar al máximo los recursos disponibles y optimizar la descomposición de los materiales orgánicos. Al incorporar roca fosfórica (PR) al proceso, se pretende mejorar la calidad del compost final al aumentar su contenido de fósforo, un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Además, el uso de compostaje de dos etapas (TSC) tiene como objetivo acelerar la degradación de los residuos y producir compost de alta calidad en un período de tiempo más corto.

El estudio realizado implementó estos enfoques en tres tratamientos diferentes y evaluó su impacto en parámetros clave como temperatura, pH, humedad y contenido de materia orgánica durante un período de 90 días. Los resultados obtenidos son fundamentales para

comprender cómo estas estrategias pueden influir en el proceso y la calidad del compost en condiciones específicas, como las encontradas en Colombia.

La conclusión de que el compostaje tradicional (TC) produjo el compost con la más alta calidad según la legislación colombiana para enmiendas del suelo destaca la importancia de considerar tanto los aspectos técnicos como los legales al implementar estrategias de gestión de residuos orgánicos. Este hallazgo podría ser fundamental para informar políticas y prácticas de gestión de residuos en Colombia y otros países en desarrollo, así como para guiar proyectos similares que buscan mejorar la sostenibilidad y la eficiencia en la gestión de residuos orgánicos a nivel local y regional.

En otro estudio "Quality control and assessment of compost obtained from open and In-Vessel composting methods", el objetivo principal fue evaluar y comparar la calidad del compost obtenido mediante dos métodos de compostaje distintos: el método abierto y el método de recipiente. El enfoque se centró en analizar las diferencias en la calidad del producto final generado por cada método, lo que permitiría comprender mejor los efectos del proceso de compostaje en la composición y características del compost.

Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo un proceso de recolección de muestras de compost producido tanto mediante el método abierto como el de recipiente. Estas muestras fueron sometidas a un riguroso análisis de laboratorio para evaluar diversos parámetros de calidad, como la concentración de nutrientes, la presencia de microorganismos beneficiosos, la estabilidad y la madurez del compost.

Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas en la calidad del compost generado por cada método de compostaje. Se observaron variaciones en la concentración de nutrientes, la actividad microbiológica y la estabilidad del compost, lo que sugiere que el

método de compostaje utilizado influye de manera significativa en las características finales del producto.

Este hallazgo destaca la importancia de seleccionar cuidadosamente el método de compostaje más adecuado en función de los objetivos específicos y las condiciones locales. Además, proporciona información valiosa para mejorar los procesos de control de calidad y asegurar la producción de compost de alta calidad, que pueda ser utilizado de manera efectiva en aplicaciones agrícolas y de jardinería.

El objetivo principal del estudio "Alternating ventilation accelerates the mineralization and humification of food waste by optimizing the temperature-oxygen-moisture distribution in the static composting reactor" fue investigar el efecto de la ventilación alternativa en la distribución de temperatura, oxígeno y humedad dentro de los reactores de compostaje estático. Se buscaba determinar si esta estrategia podría mejorar la eficiencia del proceso de compostaje al acelerar la mineralización y humificación de los residuos de alimentos.

Para lograr este objetivo, se diseñó un experimento en el que se implementó la ventilación alternativa en los reactores de compostaje estático. Se monitorearon cuidadosamente las condiciones ambientales, incluida la temperatura, la concentración de oxígeno y la humedad, tanto en los reactores con ventilación alternativa como en los de control. Además, se realizaron análisis periódicos de muestras de compost para evaluar la tasa de mineralización y humificación de los residuos de alimentos.

Los resultados obtenidos indicaron que la ventilación alternativa mejoró significativamente la distribución de temperatura, oxígeno y humedad dentro de los reactores de compostaje estático. Esta optimización de las condiciones ambientales condujo a una aceleración tanto en la mineralización como en la humificación de los residuos de alimentos

presentes en el compost. Como resultado, se observó una mejora en la eficiencia del proceso de compostaje, con una reducción en los tiempos de procesamiento necesarios para obtener compost de calidad.

Este descubrimiento indica que la implementación de la ventilación alternativa puede ser una estrategia efectiva para optimizar el proceso de compostaje de residuos de alimentos. Al mejorar la distribución de temperatura, oxígeno y humedad, esta técnica puede aumentar la velocidad de descomposición de la materia orgánica y, por lo tanto, acelerar la producción de compost. Estos resultados son prometedores para la mejora de los sistemas de compostaje y la gestión sostenible de los residuos orgánicos.

El estudio "Inoculation of *Pichia kudriavzevii* RB1 degrades the organic acids present in raw compost material and accelerates composting" examinó el impacto de la inoculación con la levadura *Pichia kudriavzevii* RB1 en el proceso de compostaje. Se investigó si la presencia de esta levadura podría acelerar la descomposición de los ácidos orgánicos en el material de compost crudo, lo que resultaría en un compostaje más rápido y eficiente.

Para llevar a cabo el estudio, se inoculó el material de compost crudo con *Pichia kudriavzevii* RB1 y se monitoreó cuidadosamente el proceso de compostaje en comparación con los grupos de control. Los análisis realizados revelaron una degradación significativamente más rápida de los ácidos orgánicos en los grupos inoculados, lo que condujo a una aceleración general en el proceso de compostaje.

Estos hallazgos sugieren que la inoculación con *Pichia kudriavzevii* RB1 puede ser una estrategia prometedora para mejorar la eficiencia del compostaje. Al facilitar la degradación de los ácidos orgánicos, esta levadura podría contribuir a tiempos de procesamiento más cortos y a una producción más rápida de compost de calidad. Este resultado tiene implicaciones

importantes para la gestión de residuos orgánicos y para el desarrollo de prácticas de compostaje más sostenibles.

En el estudio "Control of odorants in swine manure and food waste co-composting via zero-valent iron /H₂O₂ system", se evaluó la efectividad del sistema de hierro cero valente / H₂O₂ en el control de las emisiones de compuestos odoríferos durante el proceso de co-compostaje de estiércol de cerdo y residuos de alimentos. El objetivo principal fue determinar si este sistema podría reducir de manera significativa las emisiones de olores desagradables, mejorando así la calidad del aire y reduciendo las molestias para las comunidades circundantes.

Para llevar a cabo el estudio, se implementó el sistema de hierro cero valente / H₂O₂ en el proceso de co-compostaje de estiércol de cerdo y residuos de alimentos. Se monitorearon cuidadosamente las emisiones de compuestos odoríferos durante todo el proceso, utilizando técnicas analíticas especializadas para cuantificar y caracterizar los olores presentes en el aire.

Los resultados obtenidos demostraron una reducción significativa en las emisiones de compuestos odoríferos cuando se aplicó el sistema de hierro cero valente / H₂O₂ durante el co-compostaje. Este hallazgo sugiere que dicho sistema tiene un potencial prometedor para mitigar los olores desagradables asociados con el compostaje de estiércol de cerdo y residuos de alimentos, lo que puede contribuir a mejorar la calidad del aire en las áreas circundantes y reducir las molestias para las comunidades locales.

Según el artículo "Economic analysis of an industrial composting facility producing high-quality compost from municipal solid waste: A case study in the context of circular economy" de Saccani et al., el objetivo principal es realizar un análisis económico de una instalación de compostaje industrial que produce compost de alta calidad a partir de residuos sólidos urbanos,

en el contexto de la economía circular. El estudio busca evaluar los beneficios económicos y sociales de la automatización del proceso de bio-oxidación en comparación con el proceso estándar utilizado actualmente.

El método utilizado por los autores incluye una revisión legislativa sobre la producción de compost en Italia y Europa, seguida de un análisis detallado del caso de una planta industrial de compostaje. Utilizan herramientas de modelado y análisis económico, incluyendo el formalismo de Hybrid Dynamic Fault Tree para simular el ciclo de vida de la planta. Se analizan costos y beneficios económicos utilizando datos del plan de negocio de la empresa y supuestos sobre costos operativos, mantenimiento, y vida útil del proyecto.

Los resultados del estudio muestran que la automatización del proceso de bio-oxidación puede ofrecer mejoras económicas y sociales significativas. La adición de tecnología inteligente dentro del bio-contenedor para controlar la fase de bio-oxidación permite un proceso más eficiente y rentable. El análisis económico revela que la automatización puede incrementar los ingresos mediante la producción y venta de compost de alta calidad, y reducir los costos operativos a lo largo de la vida útil de la planta.

Continuando con el análisis, otro artículo titulado "Anaerobic digestion of fruit and vegetable waste: A review" aborda la digestión anaeróbica de residuos de frutas y verduras. Según los autores, el objetivo del estudio fue revisar los avances y desafíos en la digestión anaeróbica de estos residuos para la producción de biogás y biofertilizantes.

El método consistió en una revisión exhaustiva de la literatura existente, analizando diversos estudios de caso y datos experimentales sobre la eficiencia del proceso, la composición de los residuos, y las condiciones óptimas para la digestión anaeróbica.

Los resultados indicaron que, aunque la digestión anaeróbica de residuos de frutas y verduras presenta un gran potencial para la producción de biogás, existen varios desafíos que deben abordarse. Entre ellos se encuentran la alta variabilidad en la composición de los residuos, la necesidad de pre-tratamientos específicos para mejorar la degradación y la gestión de los subproductos generados. El estudio concluye que, con las mejoras tecnológicas adecuadas, la digestión anaeróbica puede ser una solución viable y sostenible para la gestión de residuos orgánicos y la producción de energía renovable.

El presente estudio, titulado "Photoacoustic-based sensor for real-time monitoring of methane and nitrous oxide in composting", se enfoca en la calibración de la señal fotoacústica para metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), así como en la monitorización de las emisiones de gases durante el proceso de compostaje. La integración de la espectroscopía fotoacústica y la respirometría permitió abordar estos objetivos de manera integral.

Para lograr estos objetivos, se llevó a cabo un experimento de compostaje a escala de banco. Se calibró la señal fotoacústica para CH_4 y N_2O , y se empleó respirometría para medir parámetros como la temperatura y las concentraciones de oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2). La detección de gases se realizó mediante espectroscopía fotoacústica, lo que permitió un monitoreo continuo y sensible de las concentraciones de CH_4 y N_2O a lo largo del proceso de compostaje.

Los resultados de este estudio revelaron que se lograron temperaturas termofílicas durante el compostaje, indicativas de una descomposición orgánica exitosa. Se observó una relación entre la disminución de O_2 y la producción de N_2O , sugiriendo que la desnitrificación fue una fuente importante de emisiones de N_2O . Además, se detectó la presencia de CH_4 en varias etapas del proceso de compostaje, lo que sugiere la coexistencia de condiciones aeróbicas y anaeróbicas en el sistema. Estos hallazgos subrayan la utilidad de la

espectroscopía fotoacústica como una herramienta eficaz para la monitorización de gases durante el compostaje.

En el artículo "Biowaste home composting: Experimental process monitoring and quality control" se planteó como objetivo comparar el proceso de compostaje en diferentes composteras domésticas y evaluar la calidad del compost producido en función de las condiciones ambientales y de manejo de residuos.

Para lograr este objetivo, se llevó a cabo un estudio experimental que involucró la monitorización de cuatro composteras ubicadas en distintos entornos: urbano, rural y residencial. Se realizaron mediciones periódicas de parámetros clave, como la humedad, el contenido de carbono orgánico, la conductividad eléctrica y la presencia de metales pesados en el compost final.

Los resultados mostraron que la compostera ubicada en un entorno residencial presentó las condiciones más favorables para la producción de compost de alta calidad. Esta compostera mostró una disminución más pronunciada en la humedad y el contenido de carbono orgánico, así como un aumento más marcado en la conductividad eléctrica y el contenido de nitrógeno total en comparación con las otras composteras. Además, se observó una menor presencia de metales pesados en el compost final de esta compostera.

El objetivo de este estudio, titulado "Selecting Monitoring Variables in the Manual Composting of Municipal Solid Waste Based on Principal Component Analysis", fue identificar las variables más relevantes en el proceso de compostaje de residuos sólidos municipales utilizando el análisis de componentes principales (PCA).

Para lograr esto, se recopiló un conjunto de datos que comprendía múltiples variables relacionadas con el compostaje de residuos sólidos municipales, como Densidad, Humedad,

WRC, Ceniza, Conductividad eléctrica, pH, Nitrógeno total, TOC, CEC, Fósforo, Relación C/N y Respiración.

Luego, se aplicó el análisis de componentes principales (PCA) para reducir la dimensionalidad del conjunto de datos y encontrar las variables que contribuían significativamente a la variabilidad observada en el proceso de compostaje. El resultado reveló un conjunto de variables clave que mejor representaban el proceso de compostaje de residuos sólidos municipales. Estas variables identificadas pueden ser utilizadas para un monitoreo más eficiente y efectivo del compostaje, lo que contribuye a optimizar este proceso de tratamiento de residuos.

El artículo "Composting leachate: characterization, treatment, and future perspectives" analiza en profundidad los lixiviados que se generan en el compostaje, enfocándose en los contaminantes clave y en las diversas tecnologías disponibles para tratarlos. Se aborda la preocupación por el impacto ambiental de estos lixiviados, que contienen una mezcla de compuestos orgánicos, nutrientes y metales pesados, los cuales, sin un tratamiento adecuado, pueden dañar los ecosistemas.

A lo largo del texto, se revisan varias tecnologías, como los biorreactores de membrana y la ósmosis inversa, que han demostrado ser bastante eficaces en la eliminación de ciertos contaminantes. Sin embargo, los autores señalan que, a pesar de los avances, el tratamiento de los lixiviados sigue siendo un reto, ya que el efluente final aún presenta riesgos ambientales. Esto refuerza la necesidad de combinar diferentes procesos biológicos y químicos para obtener un tratamiento más efectivo. En conclusión, aunque las tecnologías actuales han logrado importantes avances en la remoción de compuestos como el amoníaco y la demanda química de oxígeno, es necesario seguir investigando para desarrollar soluciones más sostenibles que aseguren la inocuidad del efluente final y minimicen su impacto en el medio ambiente

El artículo titulado "Sustainable treatment of landfill leachate: a review on methods" explora las soluciones más eficientes y sostenibles para tratar los lixiviados generados en vertederos, destacando la creciente preocupación por los contaminantes orgánicos y metales pesados presentes en estos líquidos. Se hace especial hincapié en las dificultades que presentan los tratamientos convencionales, los cuales, aunque efectivos, suelen ser costosos y generan subproductos que requieren más tratamiento.

La investigación profundiza en el uso de materiales de filtración innovadores y de bajo costo, como plásticos reciclados y carbón de cáscara de coco, los cuales han demostrado una notable capacidad para eliminar contaminantes. Estos materiales ofrecen no solo una alta eficiencia en la remoción de compuestos orgánicos y amoníaco, sino también la ventaja de ser soluciones accesibles y sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico.

Con ello, el estudio resalta que las tecnologías de filtración anaeróbica y el empleo de biofiltros con materiales reutilizables pueden mejorar significativamente los resultados del tratamiento de lixiviados, logrando tasas de remoción de hasta un 90% en términos de demanda química de oxígeno y reduciendo la carga de contaminantes peligrosos. Esto refuerza la viabilidad de estas soluciones para optimizar los tratamientos de lixiviados en vertederos, con un enfoque más ecológico y rentable

Estos estudios destacan la importancia de desarrollar métodos efectivos para controlar las emisiones de olores, optimizar las condiciones ambientales y adaptar las estrategias de compostaje a los contextos locales para mejorar la eficiencia del proceso. La sinergia entre la investigación científica y la aplicación práctica puede impulsar la innovación en el campo del compostaje y promover soluciones integrales para la gestión de residuos orgánicos, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental de los residuos orgánicos.

Estado de la técnica

Diversos productos y tecnologías han sido desarrollados para optimizar este proceso, garantizando una descomposición más eficiente, rápida y respetuosa con el medio ambiente. Esta sección presenta una revisión de los principales productos disponibles en el mercado, así como sus características técnicas y aplicaciones.

Joraform Compost Tumbler (Suecia)

Estas compostadoras utilizan un tambor rotativo para mezclar los residuos orgánicos, lo que acelera el proceso de descomposición. Son ideales para climas fríos y permiten un compostaje eficiente durante todo el año. Ideal para hogares, comunidades y pequeños negocios. Varía desde 25 kg hasta 400 kg de residuos orgánicos por semana.

Figura 3
Compostera Joraform



Compostera de joraform

Figura tomada de: <https://joraform.se/home/>

Earth Flow (Estados Unidos)

Este sistema de compostaje utiliza contenedores cerrados con control automatizado de aireación y temperatura. Es ideal para grandes volúmenes de residuos y se utiliza en instalaciones comerciales y municipales. cuenta con un sistema que regula automáticamente la temperatura, humedad y aireación para mantener condiciones óptimas de compostaje. Puede procesar entre 500 y 10,000 libras de residuos orgánicos por día. Permite la expansión del sistema según las necesidades crecientes de la instalación.

Figura 4
Compostera Earth Flow



Compostera de Earth Flow

Figura tomada de: <https://www.compost-systems.com/es/products/container-technology/earth-flow>

HotRot Organic Solutions (Nueva Zelanda)

Las compostadoras HotRot son sistemas cerrados y aislados que mantienen una temperatura óptima para el compostaje rápido. Son utilizados en entornos comerciales y

municipales para gestionar grandes cantidades de residuos orgánicos. Cuenta con Consumo de energía optimizado para reducir costos operativos.

Figura 5
Compostera HotRot Organic Solutions



Compostera de HotRot Organic Solutions

Figura tomada de: <https://www.globalcomposting.solutions/hotrot-1206>

The Worm Factory 360 (Estados Unidos)

Estas compostadoras utilizan lombrices para descomponer los residuos orgánicos y producir vermicompost. Los sistemas automatizados incluyen bandejas apilables y flujo continuo de aire para optimizar el proceso.



Figura 6
Compostera The Worm Factory 360



Compostera de The Worm Factory 360

Figura tomada de: <https://eartheasy.com/worm-factory-360-composter/>

Big Hanna (Suecia)

Es un compostador continuo que convierte residuos orgánicos en compost de alta calidad. Facilita el compostaje en cualquier condición climática, producción continua de compost de alta calidad, y reducción significativa de residuos orgánicos enviados a vertederos. Minimiza la emisión de olores y evita la atracción de plagas y regula la temperatura y mezcla para asegurar un proceso eficiente. Permite el compostaje durante todo el año, incluso en climas fríos.



Figura 7
Compostera Big Hanna



Compostera de Big Hanna

Figura tomada de: <https://wastechcr.com/2017/06/30/big-hanna/>

Aerated Static Pile (ASP) Composting by O2Compost (Estados Unidos)

El sistema ASP utiliza aireación forzada para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos sin necesidad de voltearlos. Proceso de compostaje eficiente y de bajo mantenimiento, producción de compost de alta calidad, Sistema de aireación automatizado que optimiza las condiciones internas de compostaje.

Figura 8
Compostera Aerated Static Pile (ASP) Composting by O2Compost



Compostera de Big Hanna

Figura tomada de: <https://www.o2compost.com/o2-compost-systems.aspx>

Ecodrum™ Composter (Canadá)

Es un sistema de compostaje rotativo diseñado para granjas, instalaciones de procesamiento de alimentos y comunidades. Eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de residuos, producción rápida de compost, y reducción de problemas de manejo de residuos y Puede manejar materiales difíciles de compostar.

Figura 9
Compostera Ecodrum™ Composter



Compostera de Big Hanna

Figura tomada de: <https://ecodrumcomposters.com/>

Enrich360 (Australia)

Enrich360 es un sistema de compostaje in-vessel diseñado para entornos comerciales e industriales, convirtiendo residuos orgánicos en compost. Capaz de procesar grandes volúmenes de residuos diariamente. Regula temperatura, humedad y aireación para optimizar el compostaje. Adecuado para una amplia gama de residuos orgánicos, incluyendo restos de alimentos y desechos verdes.

Figura 10
Compostera Enrich360



Compostera de Enrich360

Figura tomada de: <https://www.enrich360.com.au/commercial-dehydrators>

Rocket Composter by Tidy Planet (Reino Unido)

Rocket Composter es un compostador in-vessel compacto diseñado para comunidades, colegios y empresas que manejan residuos de alimentos y desechos verdes. Ideal para espacios reducidos y fácil de operar. Varía entre 50 y 250 kg de residuos orgánicos por semana.

Figura 11
Compostera Rocket Composter by Tidy Planet



Compostera de Rocket Composter by Tidy Planet

Figura tomada de: <https://tidyplanetwaste.com/product/a900-rocket-food-waste-composter/>

Komptech Topturn X55 (Austria)

Es un volteador de compost de alto rendimiento diseñado para grandes instalaciones de compostaje, mejorando la aireación y mezcla de los materiales. Adecuado para condiciones de trabajo exigentes, garantizando durabilidad y eficiencia.

Figura 12
Compostera Komptech Topturn X55



Compostera de Komptech Topturn X55

Figura tomada de: <https://www.komptech.com/en/products/topturn-x/#/>

Juwel - bokashi sensei kitchen compost bin (Alemania)

La compostera Bokashi "Sensei" es una solución avanzada para la fermentación de residuos orgánicos en la cocina, desarrollada conjuntamente por JUWEL y la Universidad de Microbiología. Su diseño sofisticado permite una fermentación limpia, sin olores y sin complicaciones, convirtiendo los residuos en fertilizante para plantas de manera eficiente.

La compostera puede manejar los residuos orgánicos de una familia de hasta 4 personas durante un período de hasta 4 semanas sin necesidad de vaciarla. El proceso de fermentación produce un bio-líquido conocido como "té de compost" que se puede retirar cómodamente a través del grifo de drenaje. Este líquido es ideal para fertilizar plantas, trabaja sin liberar malos olores, gracias al filtro de carbón activado, y evita que las manos entren en contacto directo con los residuos. El té de compost generado es un fertilizante líquido efectivo para plantas, mejorando la salud del suelo. Ideal para espacios de cocina donde se generan residuos orgánicos y se busca una solución eficiente, limpia y sin olores para el compostaje.

Figura 13
Bokashi kitchen compost bin "sensei"



Bokashi kitchen compost bin "sensei"

Figura tomada de: <https://www.juwel.com/en/compost-bins/translate-to-english-bokashi-sensei-kuechenkomposter>

Requerimientos para la propuesta de diseño

Estos requerimientos se derivan de las necesidades identificadas en el proceso de investigación y análisis de la problemática existente en la gestión de residuos orgánicos en la universidad. Se centran en aspectos como la innovación tecnológica, la calidad del producto, la competencia en el mercado, el mantenimiento, la adaptabilidad a las políticas y regulaciones vigentes, entre otros (véase Anexo A: Especificaciones de diseño de producto - PDS).

Figura 14
Tabla de Especificaciones del Diseño de Producto (PDS)
Fuente: Elaboración propia.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO						Departamento de Diseño.
PROYECTO:						
Nro	Aspecto	Requerimiento	Métrica	Valor - Rango	Importancia	Observaciones
1	Patente	Incluir aspectos novedosos	Número de patentes registradas	1-feb	5	La tecnología de sensores de monitoreo de compostaje tiene varias patentes recientes (por ejemplo, la patente US9876543B1 registrada en 2022). La investigación puede realizarse en bases de datos como Google Patents y la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO).
		Innovación en método, proceso, dispositivos, componentes	Diferencias con el estado del arte	Descripción detallada	5	
		Investigación de novedad	Fuentes de información revisadas	Patentes existentes, literatura técnica	5	
2	Calidad	Producto plenamente funcional	Tasas de fallos	< 5%	5	En proyectos similares, la tasa de fallos documentada es menor al 2%.
		Durabilidad	Vida útil	5-10 años	5	La durabilidad estimada para máquinas de compostaje industriales es de aproximadamente 8 años, con un mantenimiento regular.
		Confiable para el usuario	Encuestas de satisfacción	> 85% satisfecho	5	
		Seguridad y usabilidad intuitiva	Certificaciones de seguridad	>90%	5	
3	Competencia	Identificar productos similares	Análisis de mercado	Productos comparables identificados	4	Productos similares incluyen las máquinas de compostaje de empresas como HotRot (Nueva Zelanda) y Tidy Planet (Reino Unido).
		Diferenciación del producto	Características únicas	Innovaciones específicas	4	Los consumidores incluyen universidades, grandes complejos residenciales y empresas de gestión de residuos.

EJECUCIÓN

02

CAPÍTULO 2. EJECUCIÓN

Ideación

El proceso de ideación para el diseño de la compostera comenzó con la identificación de tres características clave, fundamentales para abordar las necesidades del entorno y el tipo de residuos generados en el puesto de jugos. Estas características, que incluyen el control de olores y plagas, la compacidad y adaptabilidad al espacio, y la facilidad de uso y mantenimiento, guiaron las decisiones tomadas durante el desarrollo del diseño. La fase de ideación se dividió en tres etapas: lluvia de ideas, investigación de tecnologías y componentes, y exploración visual. Cada una de estas fases permitió generar soluciones que no solo respondieran a los requisitos funcionales, sino también a los desafíos específicos del espacio y las condiciones del puesto.

1. Selección de Características Clave

Durante la fase inicial del proceso de diseño, se identificaron tres características esenciales para la compostera, basadas en la necesidad específica del entorno y el tipo de residuos manejados, a partir de ellas se consolidó el proceso de ideación: que se compone de tres fases, proceso de lluvia de ideas, investigación de tecnologías y exploración visual.

1. Control de Olores y Plagas:

Importancia: Los residuos orgánicos del puesto de jugos, como cáscaras de frutas, se descomponen rápidamente, generando malos olores y atrayendo plagas. Esto afecta no solo la comodidad de clientes y

empleados, sino también la percepción del lugar y puede ser un problema de salud.

Consideraciones de Diseño: Importante priorizar la implementación de filtros de carbón activado para neutralizar olores, un sistema de ventilación controlada para mantener aire fresco, y tapas herméticas que eviten la entrada de insectos. El diseño debe también minimizar la acumulación de líquidos, que suelen ser focos de mal olor y plagas.

2. **Compacidad y Adaptabilidad al Espacio:**

Importancia: El espacio limitado del puesto de jugos implica que la compostera debe ser compacta y ajustarse a un entorno reducido sin obstruir el flujo de trabajo ni la circulación de personas.

Consideraciones de Diseño: Se puede optar un diseño vertical o apilable, permitiendo maximizar el uso del espacio en áreas pequeñas. Se pensó en una estructura modular que puede colocarse bajo mesones o en esquinas, permitiendo su fácil integración al entorno sin comprometer la operación diaria del puesto.

3. **Facilidad de Uso y Mantenimiento:**

Importancia: Los empleados del puesto están ocupados con sus actividades principales, por lo que la compostera debe ser intuitiva y requerir el mínimo esfuerzo de mantenimiento.

Consideraciones de Diseño: Debe contar con mecanismos sencillos como tapas fáciles de operar, sistemas de compresión manual para reducir el volumen de residuos, y una estructura con acceso directo para la extracción del compost. Se priorizaron piezas desmontables para facilitar la limpieza y reducir el tiempo de mantenimiento.

2. Proceso de Lluvia de Ideas (Brainstorming)

El brainstorming se realizó para generar soluciones creativas y funcionales, abordando las tres características clave. Las ideas se centraron en áreas específicas:

1. Diseño y Estructura:

Materiales Resilientes: Se consideraron metales galvanizados y acero inoxidable y plásticos que resistan las condiciones climáticas y el uso continuo, asegurando durabilidad y bajo mantenimiento.

Diseño Modular: Es importante un diseño modular que permite ajustar la compostera según las necesidades de capacidad y espacio, facilitando también la limpieza al poder desmontar y reconfigurar partes.

Protección Climática: Posibilidad de incluir cubiertas que protegen de la lluvia y el sol, y sistemas de drenaje para evitar la acumulación de agua y mejorar la gestión de los líquidos residuales.

2. Tecnología y Monitoreo:

Sensores Inteligentes: Para el control de olores, se proponen la incorporación de sensores de temperatura y humedad que permitan monitorear las condiciones internas y ajustar los parámetros de aireación.

Automatización: Sistema de mezcla automatizado para mejorar la aireación del compost y evitar la compactación de residuos, lo que podría generar malos olores.

3. Capacidad y Eficiencia:

Sistema de Compostaje en Capas: Este método favorece una descomposición eficiente y reduce la acumulación de residuos líquidos, que son una fuente principal de olores desagradables.

Optimización del Proceso: Se proponen el uso de aceleradores de compostaje, como activadores biológicos, que aceleran la descomposición y minimizan la generación de gases malolientes, pero lo ideal es no usar para evitar sobrecostos.

4. Mantenimiento y Operación:

Facilidad de Mantenimiento: Diseñar puertas y compartimentos de acceso rápido que permitan una limpieza sencilla y sin complicaciones. Esto incluye piezas desmontables que facilitan el vaciado y la recolección del compost.

5. Aspectos Comunitarios y Sociales:

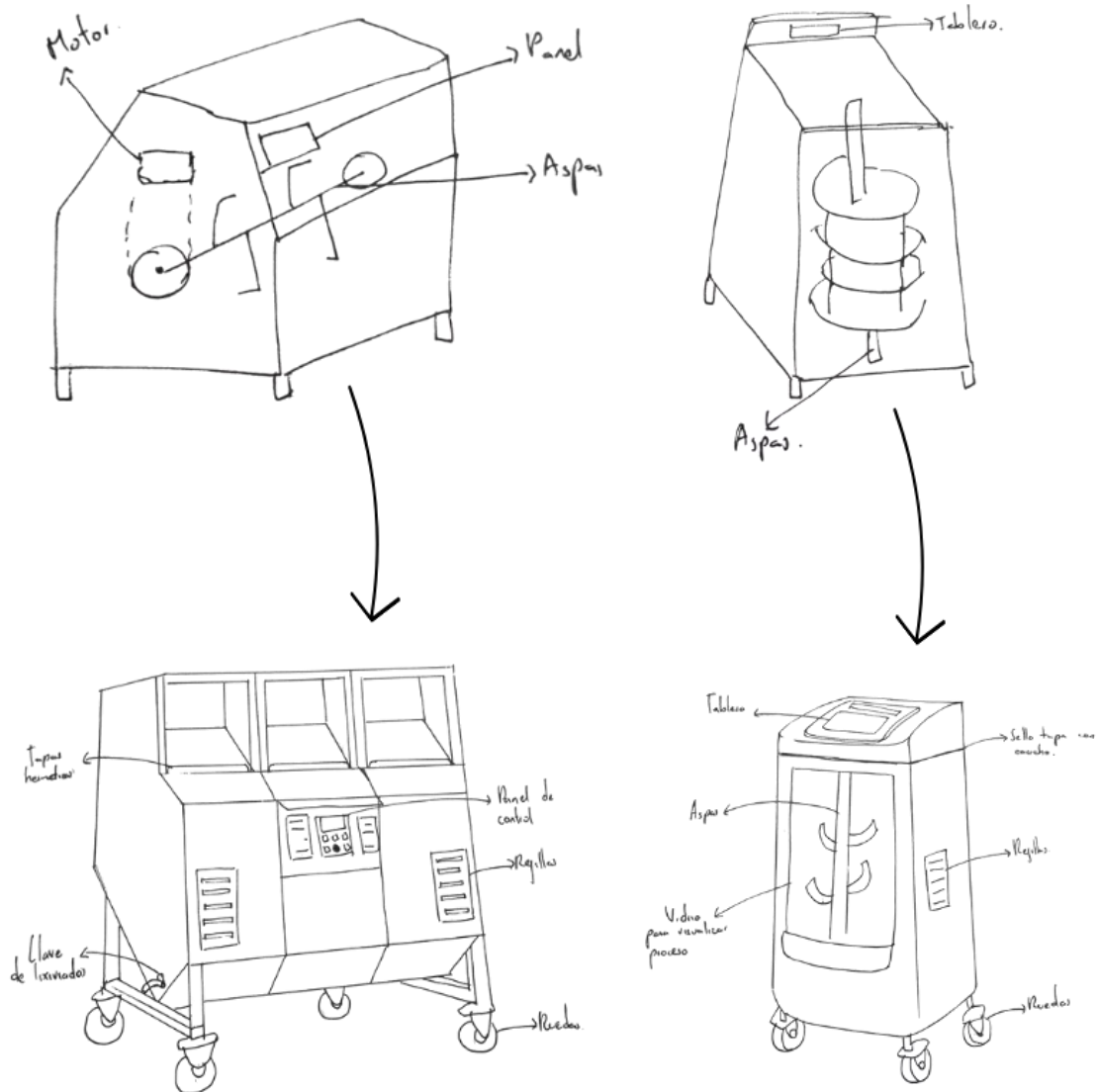
Diseño Atractivo: Se considera la importancia de un diseño amigable que no solo sirva funcionalmente, sino que también se integre estéticamente al entorno urbano, haciéndolo atractivo para el público.

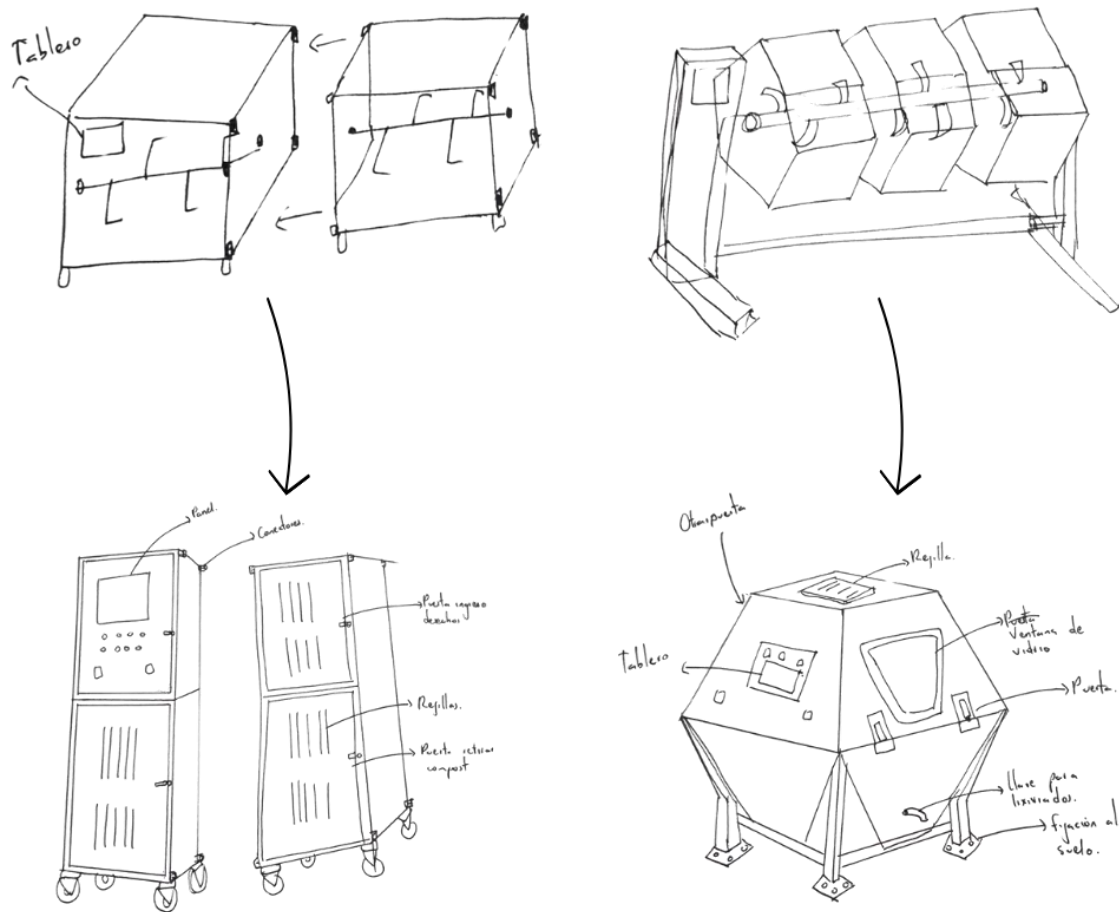
3. Investigación de Tecnologías y Componentes

Para el diseño, se investigaron tecnologías y componentes específicos que ayudarían a cumplir con los objetivos establecidos:

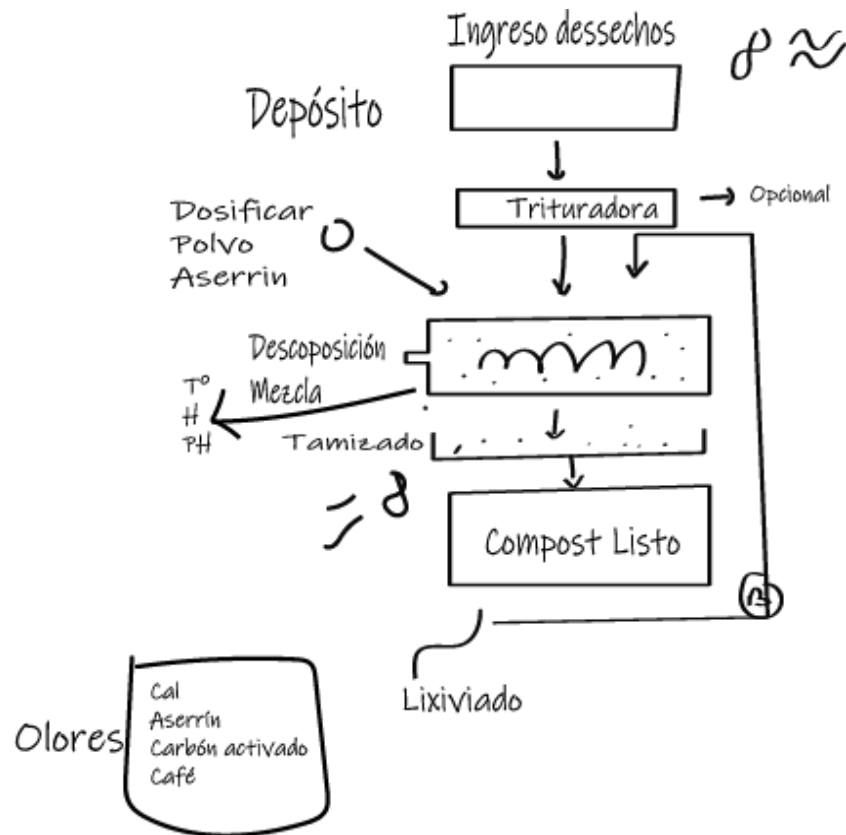
- **Filtros de Carbón Activado:** Estos filtros son esenciales para controlar los olores, absorbiendo compuestos orgánicos volátiles que se liberan durante la descomposición de residuos.
- **Aspas de Mezcla:** Mejoran la aireación del compost, acelerando la descomposición y reduciendo olores. Se consideraron aspas con rotación controlada que evitarían la compactación del material.
- **Materiales Duraderos:** Se investigaron plásticos resistentes al UV y metales con revestimientos anticorrosión para asegurar la longevidad de la compostera en un entorno exterior.

Una vez establecidas las características esenciales para la compostera a partir de las necesidades del entorno y el tipo de residuos manejados, procedí a la fase de exploración visual. Realicé tres bocetos iniciales que representaban diferentes enfoques en la forma y estructura de la compostera, teniendo en cuenta aspectos como el control de olores, la capacidad y la facilidad de uso y mantenimiento.





Con los bocetos en mano, colaboré con expertos en compostaje y diseño industrial para discutir la funcionalidad y viabilidad de las ideas propuestas. Esta colaboración fue fundamental para entender mejor las dinámicas del proceso de compostaje y cómo integrar las características técnicas en el diseño. Juntos, se llegó a la conclusión de crear un flujo de proceso del compost, que detallaba las etapas clave desde la entrada de residuos hasta la obtención de compost maduro.



Después de realizar el proceso de ideación y llevar a cabo la lluvia de ideas, identifiqué las características clave que debía incorporar en el diseño de la compostera. A partir de este análisis, procedí a desarrollar tres propuestas más detalladas que abordaran las necesidades específicas del puesto de jugos en Laureles-Estadio, centrándome en el control de olores, la optimización del espacio disponible y la facilidad de uso y mantenimiento. Para visualizar estas propuestas, utilicé herramientas de inteligencia artificial, proporcionando dibujos preliminares y solicitando que generaran modelos con materiales adecuados, lo que me permitió obtener renders realistas y detallados que facilitaron la toma de decisiones y la evaluación de cada diseño.



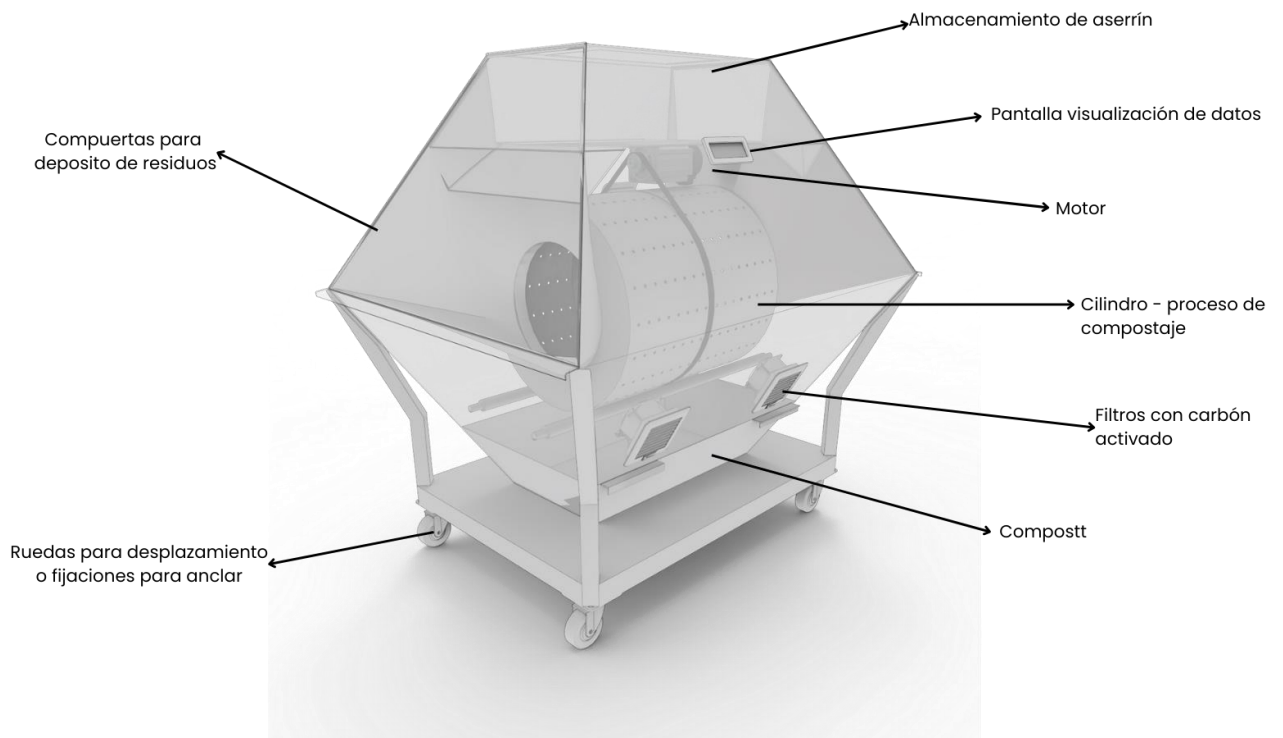
Propuestas de diseño

1. Propuesta de Diseño 1

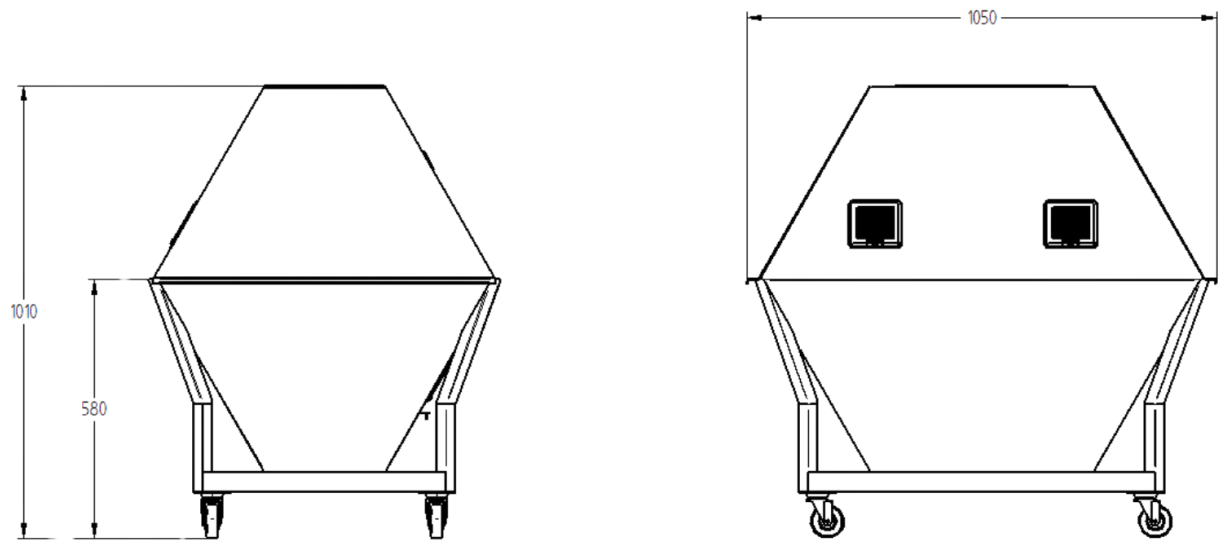
Render de propuesta



Componentes



Planimetría



Descripción corta

Esta propuesta destaca por su diseño llamativo y robusto, con una estructura en forma de pentágono que busca captar la atención en el espacio público. Cuenta con dos compartimentos para el compostaje, lo que permite gestionar dos lotes de residuos orgánicos simultáneamente.

Uno de los aspectos más innovadores de este diseño es que, al revolver el contenido, toda la estructura se mueve debido a su diseño, facilitando la aireación de los residuos. Sin embargo, es una compostera de gran tamaño, lo que la hace ideal para lugares con mayor espacio disponible. Aunque su tamaño es considerable, está diseñada para ser funcional y visualmente atractiva en un entorno urbano.

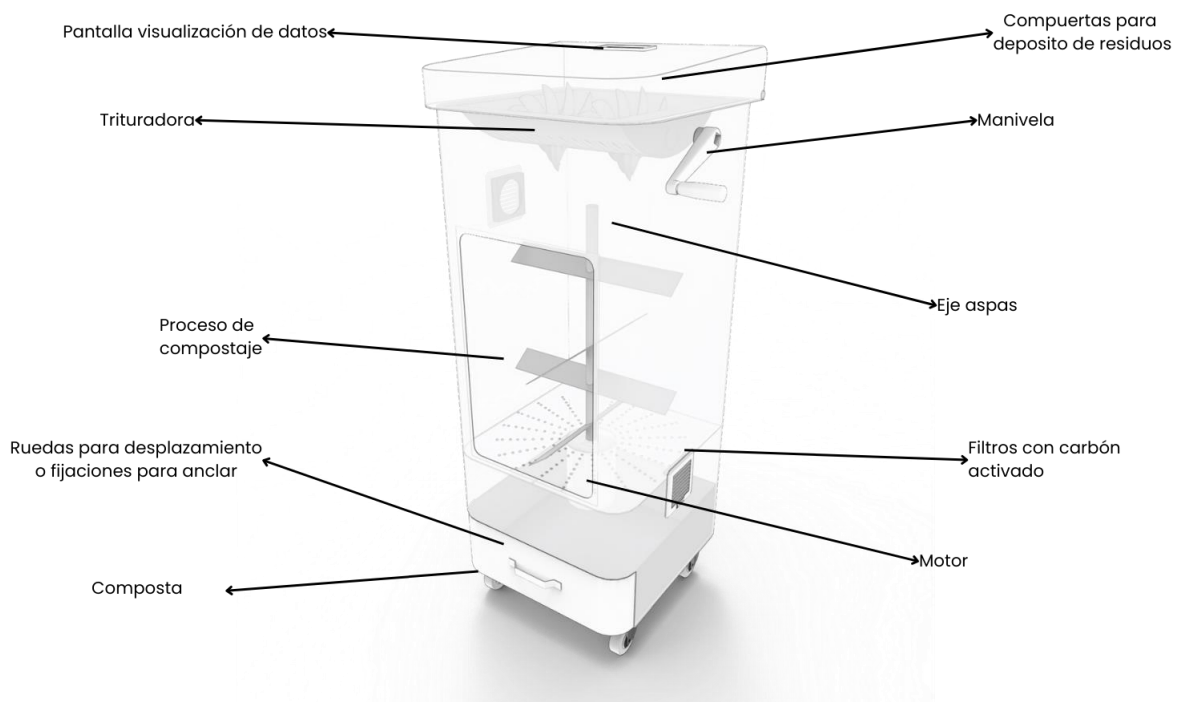


2. Propuesta de Diseño 2

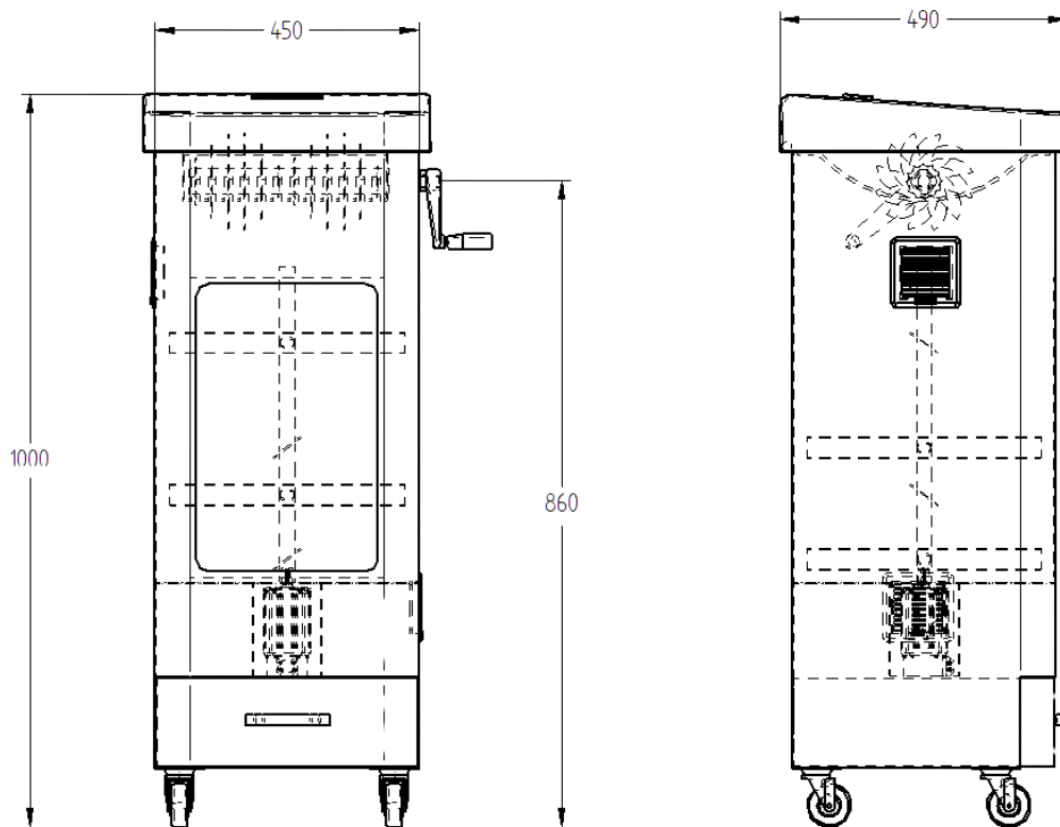
Render de propuesta



Componentes



Planimetría



Descripción Corta

La segunda propuesta es una compostera más pequeña, de forma rectangular, con un solo compartimento, diseñada para optimizar el espacio en entornos más reducidos. Este diseño integra aspas internas que permiten mezclar los residuos orgánicos de manera eficiente, acelerando el proceso de compostaje y evitando la compactación del material.

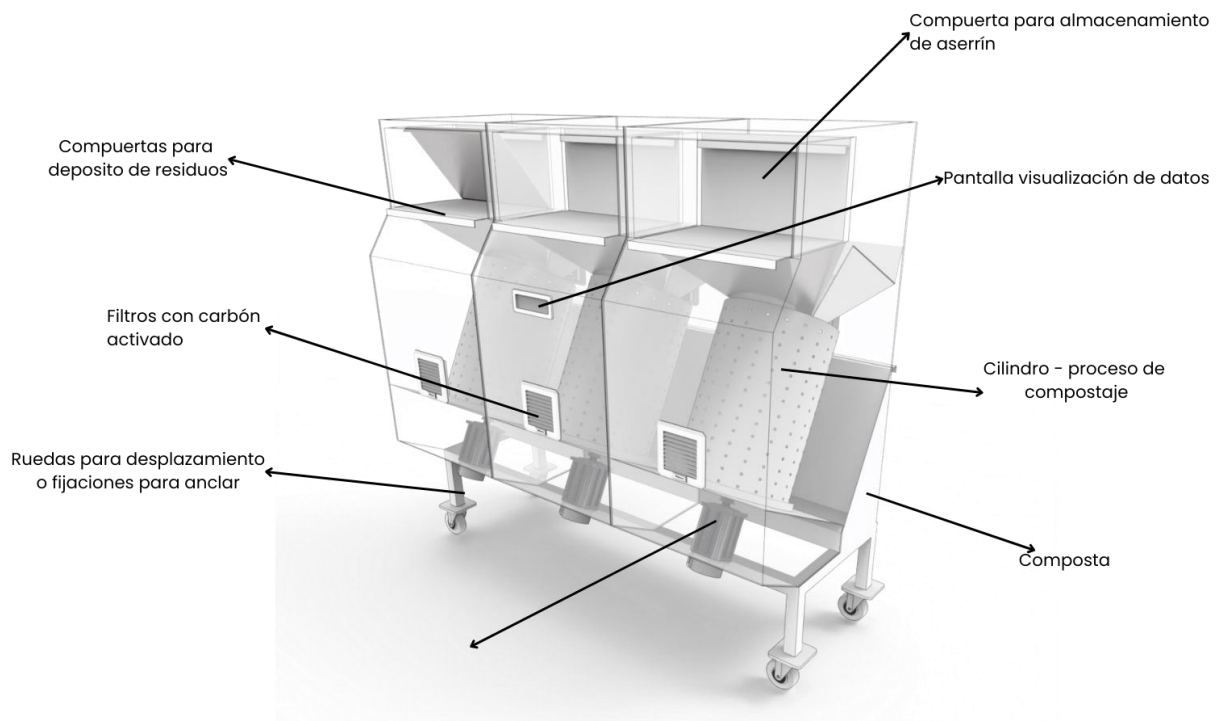
Su tamaño compacto y su diseño sencillo la hacen perfecta para ubicarse en el puesto de jugos sin obstruir el flujo de trabajo. Además, está equipada con tapas herméticas y ventilación controlada para minimizar la liberación de olores, lo que asegura una operación limpia y eficiente sin atraer plagas. Este diseño prioriza la facilidad de uso y mantenimiento, con piezas desmontables que facilitan la limpieza.

3. Propuesta de Diseño 3

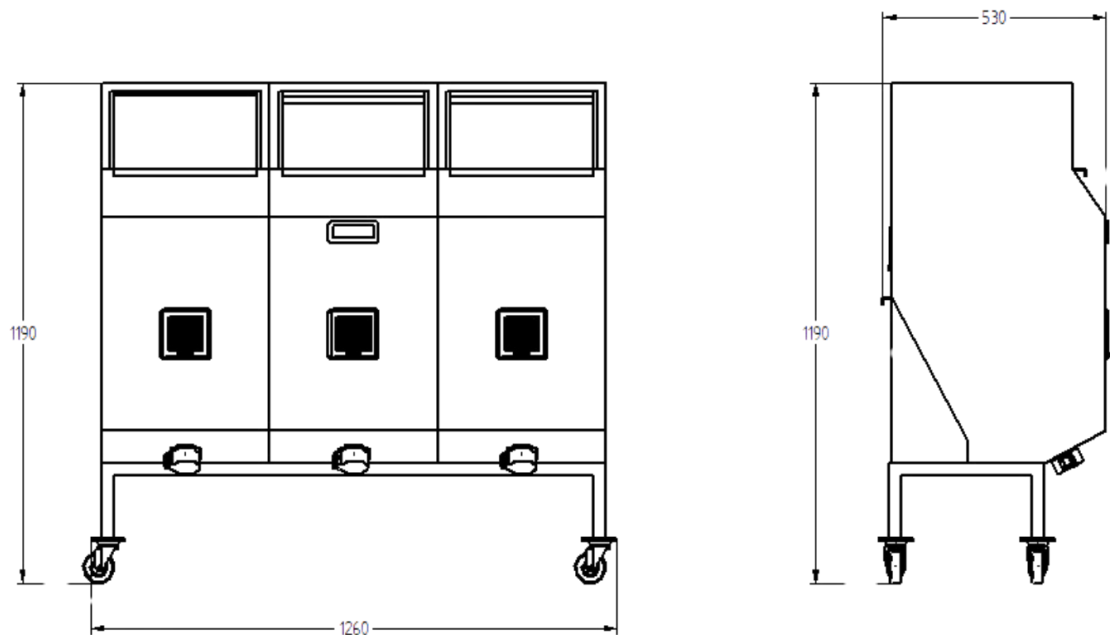
Render propuesta



Componentes



Planimetría



Descripción Corta

La última propuesta es una compostera de mayor tamaño, diseñada para ofrecer una solución más robusta y eficiente. Este diseño cuenta con un solo módulo dividido en tres compartimentos, lo que permite gestionar los residuos en diferentes etapas del proceso de compostaje.

Este diseño es más grande y robusto, ideal para manejar un mayor volumen de residuos. Está equipada con mecanismos que permiten un fácil acceso para la extracción del compost y la gestión de los líquidos residuales, así como sistemas de ventilación que aseguran un control eficiente de los olores.

Evaluación de las propuestas

Para determinar la mejor opción de diseño para la compostera, se llevó a cabo una evaluación detallada de las propuestas generadas, utilizando una serie de criterios clave. Estos criterios fueron seleccionados para asegurar que el diseño no solo cumpliera con los requerimientos funcionales, sino también con las expectativas del entorno y las necesidades específicas del puesto de jugos en Laureles-Estadio. La evaluación abarcó aspectos fundamentales como el control de olores y plagas, la facilidad de uso y mantenimiento, la compacidad y adaptabilidad al espacio, así como la movilidad, la incorporación de tecnología para el monitoreo, la estética y aceptación pública, y finalmente, el costo y los materiales utilizados. Cada propuesta fue valorada en función de estos parámetros para identificar la opción más adecuada que ofreciera un equilibrio entre funcionalidad, eficiencia y sostenibilidad.

Criterio de Evaluación	Propuesta 1: Rombos con Eje Común	Propuesta 2: Modular Conectable	Propuesta 3: Estilo Puesto de Reciclaje	Comentarios
Control de Olores y Plagas	Cumple Parcialmente	Cumple	Cumple Parcialmente	Propuesta 2 ofrece mejor ventilación y tapas selladas, pero Propuesta 3 tiene buena protección contra plagas.
Facilidad de Uso y Mantenimiento	No Cumple	Cumple	Cumple Parcialmente	Propuesta 2 destaca por su diseño modular y fácil acceso.
Compacidad y Adaptabilidad	No Cumple	Cumple	No Cumple	Propuesta 2 es más adaptable en espacios pequeños.

Movilidad	No Cumple	Cumple	Cumple	La movilidad es superior en Propuesta 2 gracias a sus ruedas niveladoras.
Monitoreo y Tecnología	Cumple	Cumple	Cumple	Todas las propuestas cumplen
Estética y Aceptación Pública	Cumple	Cumple Parcialmente	Cumple	Propuesta 1 es más visualmente atractiva
Costo y Materiales	Cumple Parcialmente	Cumple	Cumple Parcialmente	Propuesta 2 es accesible sin comprometer calidad ya que es modular; Propuesta 3 es más robusta y costosa.

Conclusión: Aunque todas las propuestas cumplen varios criterios, la Propuesta 2 (Modular Conectable) se destaca por su adaptabilidad, facilidad de uso, y funcionalidad, equilibrando estética y eficiencia sin exagerar su superioridad.

Diseño de Detalle

Determinación de la Capacidad Adecuada de la Compostera

Antes de proceder a determinar la capacidad óptima de la compostera, es esencial considerar una serie de factores fundamentales que influirán directamente en su diseño y funcionamiento. Estos aspectos, que se basan en principios teóricos y prácticos sobre compostaje y gestión de residuos orgánicos, establecen las bases para tomar decisiones informadas respecto a la cantidad de residuos que la compostera debe ser capaz de manejar.

Consideraciones:

1. Pérdida de volumen: Según la FAO, "durante el proceso de compostaje, el volumen del material disminuye debido a la descomposición de los residuos orgánicos y la pérdida de agua. En las primeras fases del compostaje, la pérdida de volumen puede ser de entre un 30% y un 40% del volumen original, debido a la rápida descomposición" y la evaporación del agua.
(FAO, 2014, p. 12).
2. La FAO explica que "los residuos frescos, como las frutas, tienen una relación de carbono baja, alrededor de 15:1, debido a su alto contenido de nitrógeno. Las frutas contienen entre 80% y 90% de agua, lo que diluye el contenido de carbono" (FAO, 2014, p. 15).

Esto se debe a varios factores:

- **Alto contenido de agua:** Las frutas tienen entre 80% y 90% de agua, lo que diluye el contenido de carbono. Aunque los compuestos orgánicos como azúcares y carbohidratos contienen carbono, su

cantidad es menor en comparación con otros materiales secos, como hojas o madera.

- **Contenido de nitrógeno:** Las frutas, al ser ricas en azúcares, proteínas y otros compuestos que favorecen la descomposición rápida, también son ricas en nitrógeno. El nitrógeno es esencial para la formación de proteínas, y las frutas tienden a tener más de este elemento que otros tipos de materiales compostables como la madera o las hojas secas, que son más ricos en carbono.
- **Descomposición rápida:** Debido a su alto contenido de nitrógeno y su bajo contenido de lignina (un componente estructural de las plantas que es difícil de descomponer y contiene carbono), las frutas se descomponen mucho más rápido, proporcionando rápidamente nutrientes para los microorganismos. Sin embargo, al descomponerse rápido, las frutas no aportan una cantidad suficiente de carbono para mantener un equilibrio en la relación C

3. "Para el compostaje eficaz, se recomienda que la relación entre carbono y nitrógeno (C/N) sea de 25:1 a 35:1. Los materiales ricos en nitrógeno, como los residuos frescos de frutas y verduras, tienen una relación C/N baja (aproximadamente 15:1), mientras que los materiales ricos en carbono, como las hojas secas y la madera, tienen una relación C/N mucho más alta (100:1)" (FAO, 2014, p. 18).

- Material orgánico (como restos de frutas y verduras): Estos suelen tener una relación C baja, por ejemplo, 15:1 (más nitrógeno).
- Material rico en carbono (como hojas secas, aserrín, virutas de madera): Estos tienen una relación C alta, como 100:1 (más carbono).

Ejemplo de cálculo:

Si se tienen 18 kg de material orgánico con una relación de 15:1, se necesitaría añadir suficiente material rico en carbono para alcanzar una relación de 25:1.

Paso 1: Cantidad de carbono necesaria Para lograr un balance de 25:1, se necesita más carbono. Actualmente, el material orgánico contiene 15 partes de carbono por cada parte de nitrógeno. Por lo tanto, es necesario aumentar la cantidad de carbono para llegar a las 25 partes.

Paso 2: Proporción de material rico en carbono Supongamos que se añaden hojas secas con una relación de 100:1. Utilizando una fórmula proporcional:

$$(18\text{kg}\times 15) + (x \text{ kg}\times 100) = (18+x) \times 25$$

Donde x es la cantidad de material rico en carbono que se necesita añadir.

Al resolver la ecuación, se obtendrá el valor de x.

Para alcanzar una relación de 25:1 con 18 kg de material orgánico (con una relación de 15:1), se debería añadir aproximadamente 2.4 kg de material rico en carbono (como hojas secas o aserrín).

Para determinar la capacidad adecuada de la compostera, se llevó a cabo un cálculo que abarca un periodo de seis meses, teniendo en cuenta las pérdidas que ocurren durante el proceso de compostaje. Este enfoque permite evaluar la cantidad de material que la compostera debe manejar de manera efectiva.

Teniendo en cuenta las consideraciones, se hace una suposición con que existen tres puestos de compostaje, cada uno con dos composteras. A continuación, se presentan los cálculos realizados en únicamente un puesto de compost.

Días 1 y 2 (primer depósito): En los primeros dos días, se ingresaron un total de 40.8 kg de material, compuesto por 18 kg de residuos orgánicos y 2.4 kg de viruta de madera cada día. Se estima que la pérdida máxima durante el proceso de compostaje (con una duración de 5 semanas) puede llegar hasta el 70%.

- **Volumen total primer depósito:**

40.8kg

Días 13 y 14: Se ingresaron otros 40.8 kg (18 kg de residuos + 2.4 kg de viruta). Para el día 13 y 14, el material ingresado el día 1 y 2 habría estado compostando durante aproximadamente 13 días, por lo que se espera que haya perdido entre un 17% y un 20% de su peso.

- **Pérdida estimada para el primer depósito (21%):**

$40.8 \text{ kg} \times 0.21 = 8.56\text{kg}$

$40.8 \text{ kg} - 8.16\text{kg} = 32.23\text{kg}$

- **Volumen total al día 13 y 14:**

$40.8\text{kg} + 32.64\text{kg} = 73.44\text{kg}$

Días 26 y 27: Se ingresaron nuevamente 40.8 kg de material. Para este día tanto el primer depósito como el segundo llevarán, 26 y 13 días de compostaje respectivamente.

- **Pérdida estimada para el primer depósito (41%):**

$40.8 \text{ kg} \times 0.41 = 16.72\text{kg}$

$40.8 \text{ kg} - 14.7\text{kg} = 24.07\text{kg}$

- **Pérdida estimada para el primer deposito (21%):**

$$40.8 \text{ kg} \times 0.21 = 8.56\text{kg}$$

$$40.8 \text{ kg} - 8.16\text{kg} = 32.23\text{kg}$$

- **Volumen total al día 26 y 27:**

$$40.8\text{kg} + 24.07\text{kg} + 32.23\text{kg} = 97.1\text{kg}$$

Días 38 y 39: Si se ingresan otros 40.8 kg de material (residuos + viruta), el total de material en el compostador sería:

- **Pérdida estimada para el primer deposito (60%):**

$$40.8 \text{ kg} \times 0.60 = 24.48\text{kg}$$

$$40.8 \text{ kg} - 24.48\text{kg} = 16.32\text{kg}$$

- **Pérdida estimada para el primer deposito (41%):**

$$40.8 \text{ kg} \times 0.41 = 16.72\text{kg}$$

$$40.8 \text{ kg} - 14.7\text{kg} = 24.07\text{kg}$$

- **Pérdida estimada para el tercer deposito (21%):**

$$40.8 \text{ kg} \times 0.21 = 8.56\text{kg}$$

$$40.8 \text{ kg} - 8.16\text{kg} = 32.23\text{kg}$$

- **Volumen restante al día 38 y 39:**

$$40.8\text{kg} + 16.32\text{kg} + 24.07\text{kg} + 32.23\text{kg} = 113.42\text{kg}$$

Al final del periodo considerado, después de agregar los 40.8 kg de material en los días 38 y 39, se obtendría un total de 108.12 kg de material en la compostera, considerando las pérdidas de volumen hasta ese momento, con un máximo del 70% de pérdida para los días 1 y 2. Este análisis sugiere que para garantizar un manejo eficiente

de los residuos, la compostera debe tener una capacidad mínima de 115 kg. A continuación, se presenta una tabla con los resultados obtenidos durante el proceso de cálculo, hasta el mes 3 que es cuando se estabiliza. Los resultados detallados del proceso de cálculo, hasta el mes 3 en el que se estabiliza el proceso, se presentan en el Anexo B, en la tabla titulada 'Plan de Compostaje'."



Figura 15
Plan de Compostaje
Fuente: Elaboración propia

		Total residuos generados en dos días	Puesto Compost 1			Puesto Compost 2			Puesto Compost 3			Total residuos aprovechados	Total Composta generada
			Material orgánico (kg)	Capacidad del recipiente	Composta (kg)	Material orgánico (kg)	Capacidad del recipiente	Composta (kg)	Material orgánico (kg)	Capacidad del recipiente	Composta (kg)		
Mes 1	Día 1 y 2	60	36								540kg		
	Día 3 y 4	60	36										
	Día 5 y 6	60			36								
	Día 7 y 8	60			36								
	Día 9 y 10	60						36					
	Día 11 y 12	60						36					
	Día 13 y 14	60	36										
	Día 15 y 16	60	36										
	Día 17 y 18	60			36								
	Día 19 y 20	60			36								
	Día 21 y 22	60						36					
	Día 23 y 24	60						36					
	Día 25 y 26	60	36										
	Día 27 y 28	60	36										
Día 29 y 30	60			36									
Mes 2	Día 1 y 2	60			36						540kg	110,16	
	Día 3 y 4	60						36					
	Día 5 y 6	60						36					
	Día 7 y 8	60	36										
	Día 9 y 10	60	36										
	Día 11 y 12	60			36								
	Día 13 y 14	60		12,24	36								
	Día 15 y 16	60		12,24				36					
	Día 17 y 18	60				12,24		36					
	Día 19 y 20	60	36			12,24							
	Día 21 y 22	60	36						12,24				
	Día 23 y 24	60			36				12,24				
	Día 25 y 26	60		12,24	36								
	Día 27 y 28	60		12,24				36					
Día 29 y 30	60				12,24		36						
Mes 3	Día 1 y 2	60	36				12,24				540kg	183,6	
	Día 3 y 4	60	36						12,24				
	Día 5 y 6	60			36				12,24				
	Día 7 y 8	60		12,24	36								
	Día 9 y 10	60		12,24				36					
	Día 11 y 12	60				12,24		36					
	Día 13 y 14	60	36			12,24							
	Día 15 y 16	60	36						12,24				
	Día 17 y 18	60			36				12,24				
	Día 19 y 20	60		12,24	36								
	Día 21 y 22	60		12,24				36					
	Día 23 y 24	60				12,24		36					
	Día 25 y 26	60	36			12,24							
	Día 27 y 28	60	36						12,24				
Día 29 y 30	60			36				12,24					

Según los resultados obtenidos sobre la cantidad de compost que se puede generar a partir de los residuos orgánicos del puesto de jugos, se ha diseñado una estrategia para la promoción y comercialización del compost producido. Esta estrategia tiene como objetivo no solo incentivar la participación de los clientes, sino también generar ingresos adicionales a través de la venta del compost. La estrategia se compone de tres partes principales:

Estrategia

Para el puesto de jugos y el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados, fue necesario desarrollar una estrategia que permita integrar el proceso de compostaje de manera eficiente dentro del funcionamiento del local. Esta estrategia busca no solo reducir el impacto ambiental del negocio, sino también educar a los clientes sobre la importancia del reciclaje y el compostaje, al mismo tiempo que se generan oportunidades para la comercialización de compost como un producto adicional. A través de acciones específicas, se busca fomentar la participación activa de los clientes y el personal, creando una cultura sostenible dentro del puesto de jugos.

Esta estrategia también busca alinearse con iniciativas locales y contar con el apoyo de la alcaldía, quien podría facilitar la instalación de puestos de compostaje en diversos puntos estratégicos, incluidos los puestos de jugos. A través de esta colaboración, el puesto de jugos no solo se beneficiaría de un sistema de compostaje adecuado, sino que también formaría parte de un programa más amplio de gestión de residuos orgánicos a nivel comunitario. De esta forma, la estrategia no solo abarca el estudio, la capacitación y las promociones dentro del puesto, sino que también contribuye a una red de compostaje más amplia impulsada por la alcaldía, fortaleciendo el impacto ambiental positivo en la comunidad.

Parte 1: Capacitación a la Vendedora de Frutas sobre el Compost

Objetivo:

Asegurar que la vendedora de frutas esté completamente informada sobre el proceso de compostaje, sus beneficios, y cómo se integra en el negocio para que pueda comunicarlo de manera efectiva a los clientes contribuyendo así al plan de gestión de residuos impulsado por la alcaldía.

Acciones Clave:

- **Capacitación Inicial:** Se contará con una cartilla informativa que incluirá toda la información relevante sobre el compostaje, adaptada al contexto del puesto de jugos. La cartilla contendrá:
 - **Qué es el compostaje:** Una explicación sencilla del proceso de descomposición de los residuos orgánicos.
 - **Beneficios del compost:** Detalle de los beneficios ambientales y económicos, como la reducción de residuos y el uso del compost para mejorar el suelo.
 - **Funcionamiento de la máquina de compostaje:** Instrucciones claras sobre cómo operar el prototipo, incluyendo vaciado y limpieza.
 - **Uso del compost:** Explicación sobre cómo los clientes pueden utilizar el compost en sus jardines o plantas.
 - **Capacitación en Formato Digital o Impreso:** La cartilla estará disponible en formato digital o impreso, con imágenes y ejemplos

prácticos, para que la vendedora la utilice como referencia durante su trabajo.

Figura 16
Manual para crear compost de frutas
Fuente: Elaboración propia.



Parte 2: Promoción en Redes Sociales y Tiquetera de Recompensas

Objetivo:

Promover la estrategia del compostaje y la tiquetera a través de redes sociales y en el propio puesto de jugos, incentivando la participación de los clientes, con el apoyo de la alcaldía en la difusión y promoción del programa en la comunidad.

Acciones Clave:

- Tiquetera de Recompensas: Se contará con una tiquetera que ofrecerá a los clientes una recompensa por cada 10 jugos comprados: una bolsa de 1 kg de compost. La tiquetera será visualmente atractiva y fácil de usar, con espacios para sellar o marcar las compras.

Figura 17
Diseño de tiquetera
Fuente: Elaboración propia.



- Promoción en Redes Sociales: Habrá publicaciones en las redes sociales del puesto de jugos (Instagram, Facebook, WhatsApp Business), destacando la promoción de la tiquetera. Las publicaciones incluirán:
 - Ejemplo de post: "¡Disfruta de 10 jugos y llévate una bolsa de compost! Ayúdanos a reducir el impacto ambiental mientras cuidas tus plantas. "

- Imágenes del compost, las bolsas, y la tiquetera para que los clientes visualicen la oferta.
- Explicación del ciclo: cómo el compost proviene de los residuos de las frutas que consumen.

Figura 18
Promoción para Instagram y Facebook
Fuente: Elaboración propia.

¡Disfruta y Fertiliza!
Deliciosos Jugos

¡Transforma tus desechos en nutrientes para tus plantas mientras disfrutas de nuestros deliciosos jugos!

12
JUGOS

¿Cómo funciona?

- Compra 12 jugos en nuestra tienda.
- Presenta tu tiquetera para reclamar kilogramo de compost.
- Disfruta de un jardín más saludable y sostenible.

- Carteles Informativos: Habría un cartel en el puesto de jugos explicando la promoción de la tiquetera: “¡Compra 10 jugos y recibe 1 kg de compost para tus plantas!”. Esto reforzaría la comunicación directa con los clientes. Además, con el apoyo de la alcaldía, se distribuirán carteles informativos en espacios públicos cercanos al puesto de jugos, promoviendo el compostaje como una iniciativa comunitaria.

Figura 19

Cartel Informativo

Fuente: Elaboración propia.



Parte 3: Venta de Bolsas de Compost

Objetivo:

Ofrecer el compost como un producto adicional para venta directa, generando ingresos adicionales a través de la comercialización de bolsas de 1 kg de compost, y apoyando las iniciativas de reciclaje y compostaje que la alcaldía promueve en la ciudad.

Acciones Clave:

- **Presentación del Compost:** Se contará bolsas de 1 kg y estará claramente etiquetada con información sobre el uso del compost.
- **Punto de Venta:** Las bolsas de compost estarán exhibidas cerca de la caja o en un lugar visible dentro del puesto de jugos. Los clientes podrán comprar las bolsas de compost como producto independiente o como parte de la tiquetera de recompensas.
- **Promociones Cruzadas:** Se ofrecerán descuentos en la compra de jugos y compost juntos. Por ejemplo: “Compra 2 jugos y obtén un 10% de descuento en una bolsa de compost”. Con el respaldo de la alcaldía, se buscarán alianzas con otros negocios cercanos para promover esta venta y expandir la oferta de compost a una mayor audiencia.

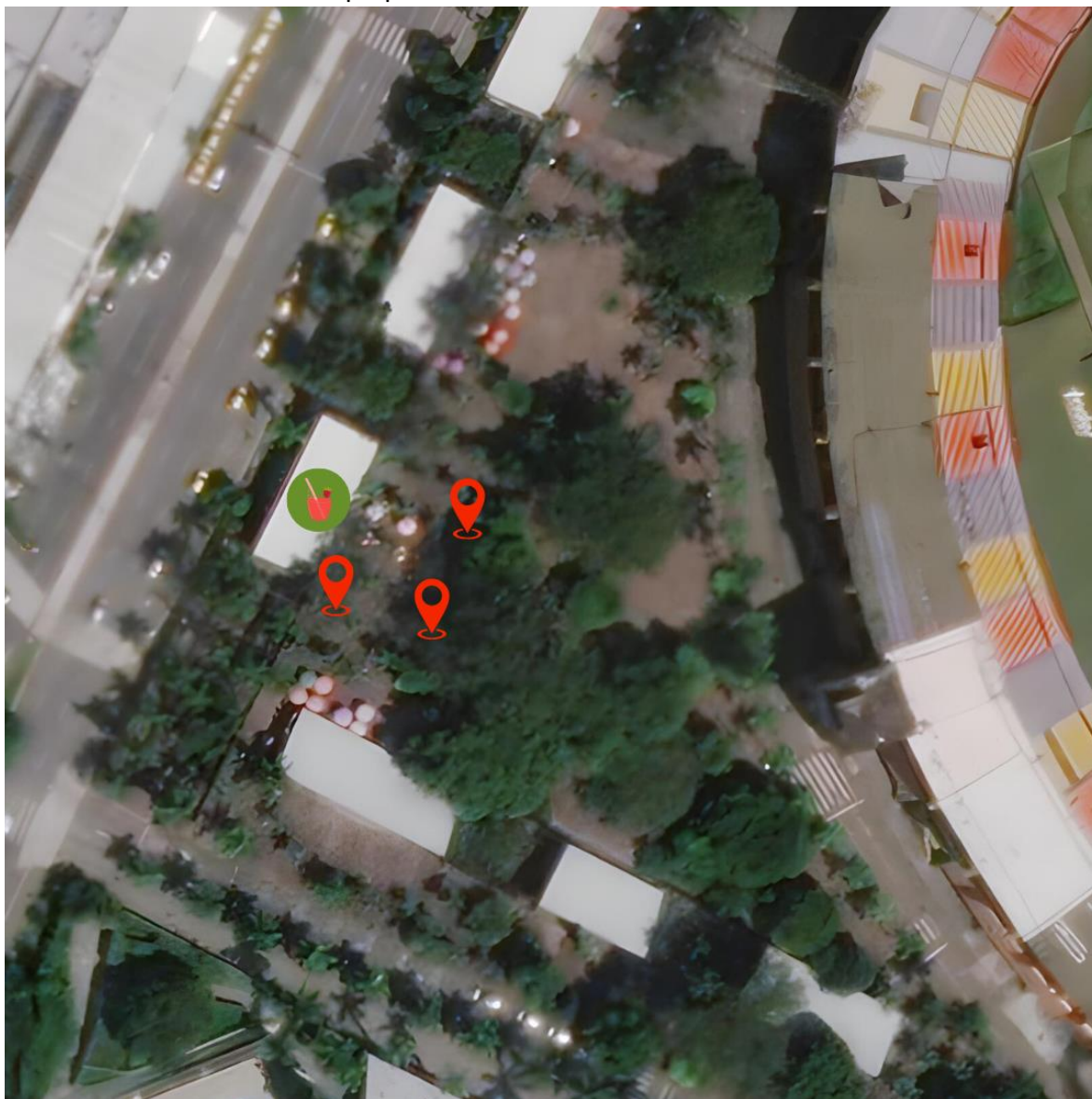
Figura 20
Diseño para Bolsa de compostaje
Fuente: Elaboración propia.



Esta estrategia tiene como objetivo reducir el impacto ambiental y generar ingresos adicionales, al mismo tiempo que refuerza el compromiso con la sostenibilidad. Como parte de la implementación de esta estrategia, se establecieron puntos específicos para la ubicación de los compostadores, asegurando que el proceso de compostaje sea eficiente y práctico. Esta planificación estratégica optimiza el uso de los residuos orgánicos generados, contribuyendo a una gestión ambiental más responsable y a la mejora de las prácticas sostenibles dentro del puesto de jugos.



Figura 21
Ubicaciones puestos de compost
Fuente: Elaboración propia.





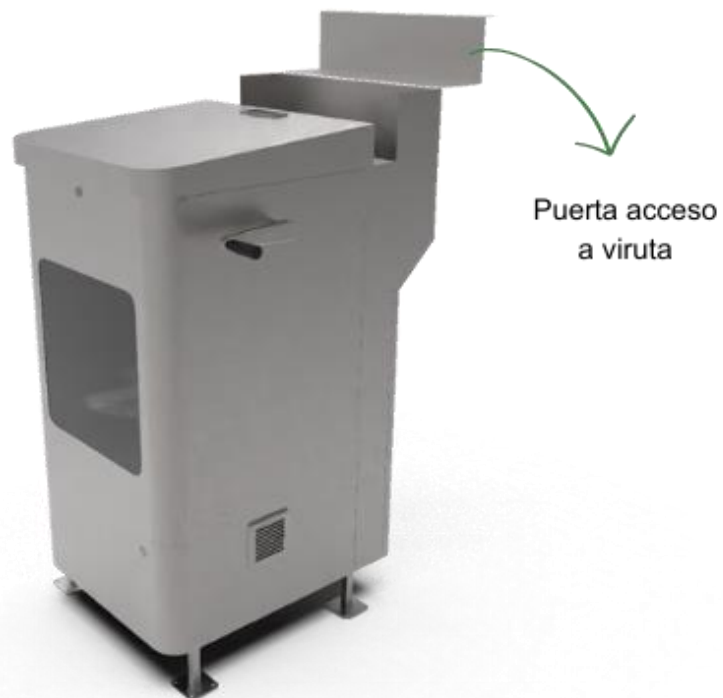
Representación digital de la propuesta



Filtro de carbón activado 80x80mm









Puertas acceso a parte eléctrica



Motor

Paso a composta

Tornillo sin fin
para dispensar viruta





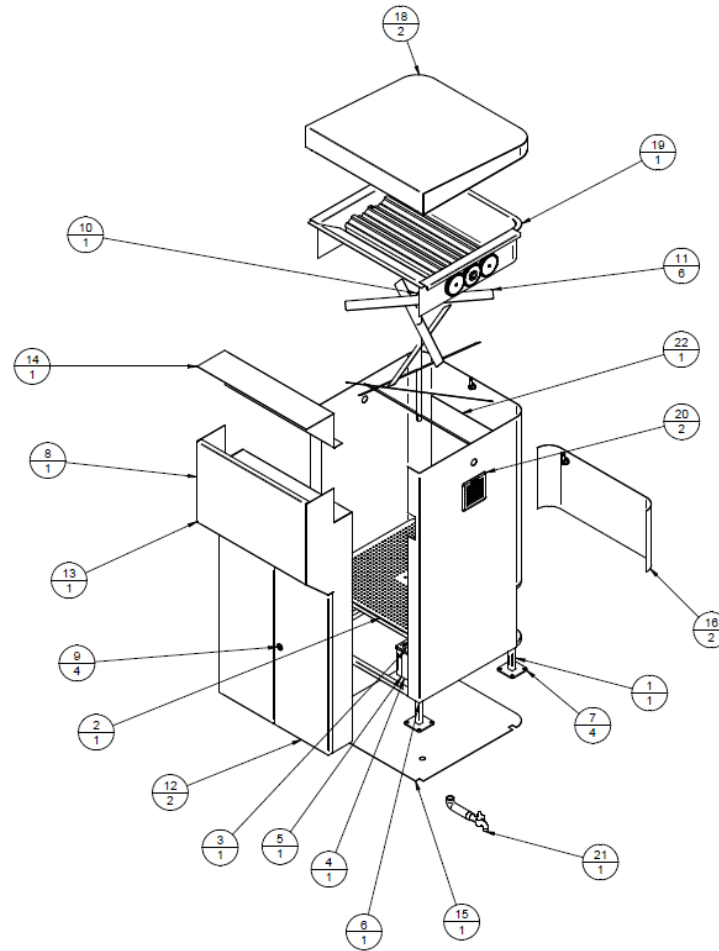


Propuesta de paneles solares para alimentar sistema



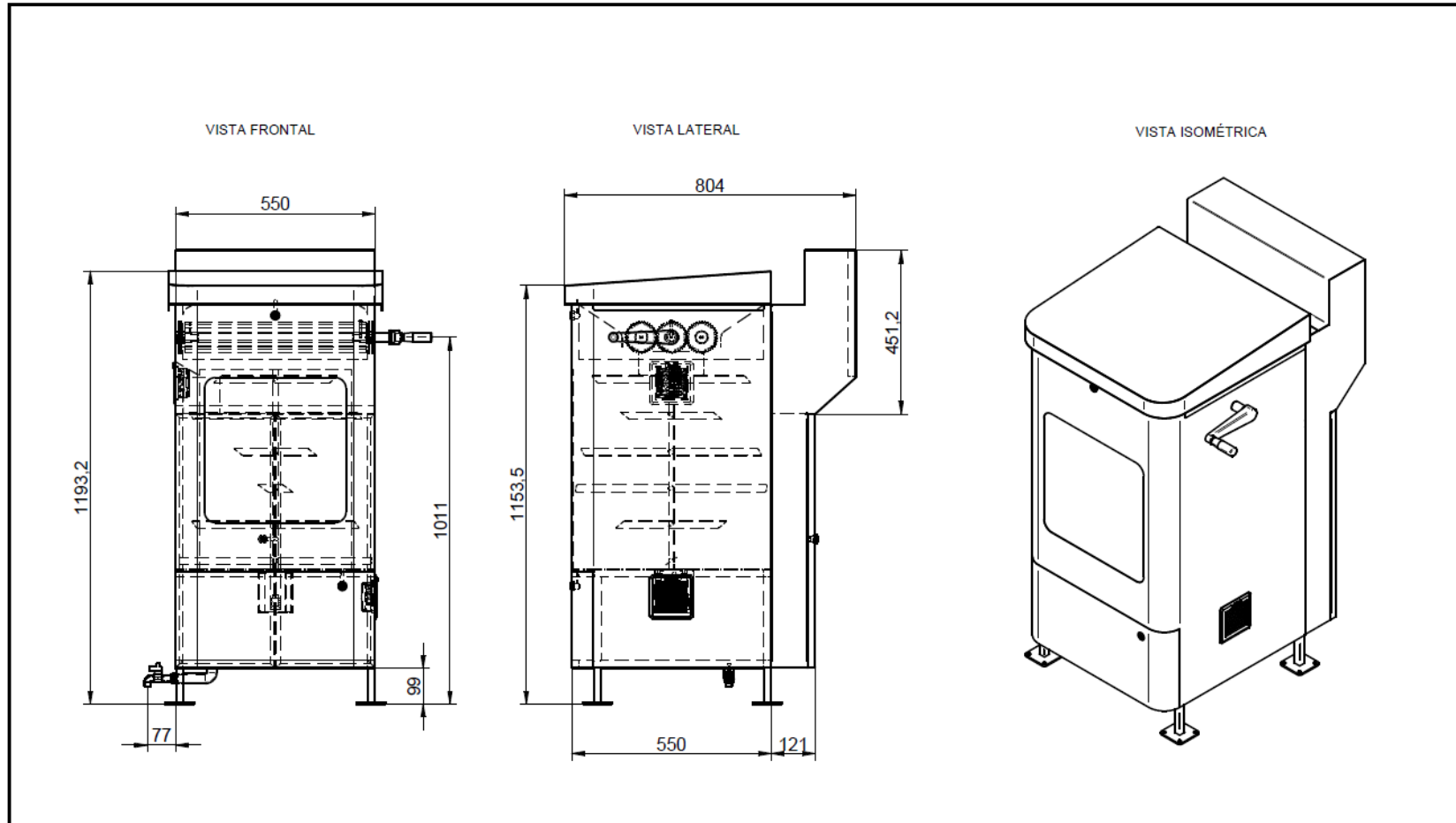


Planimetría

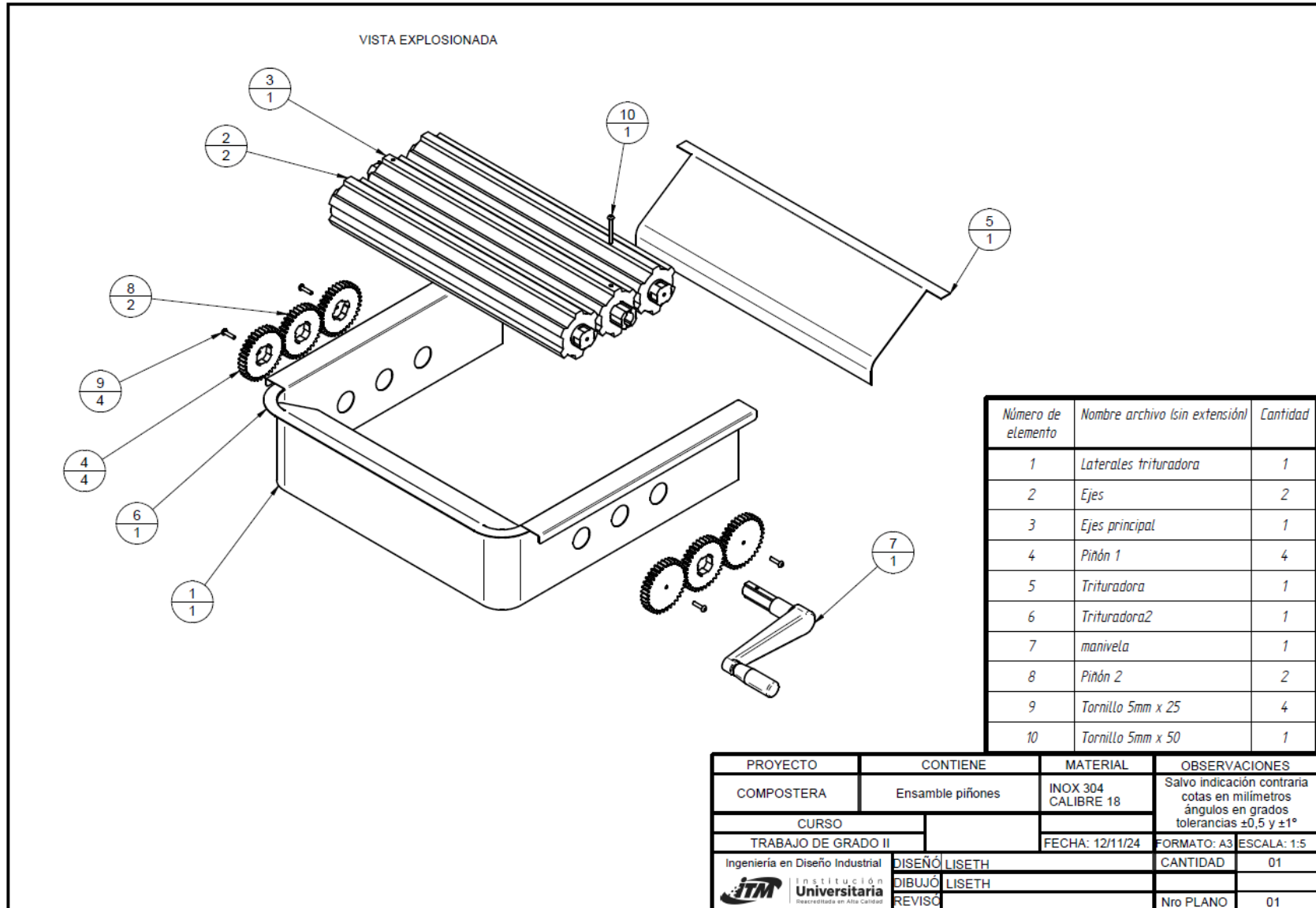


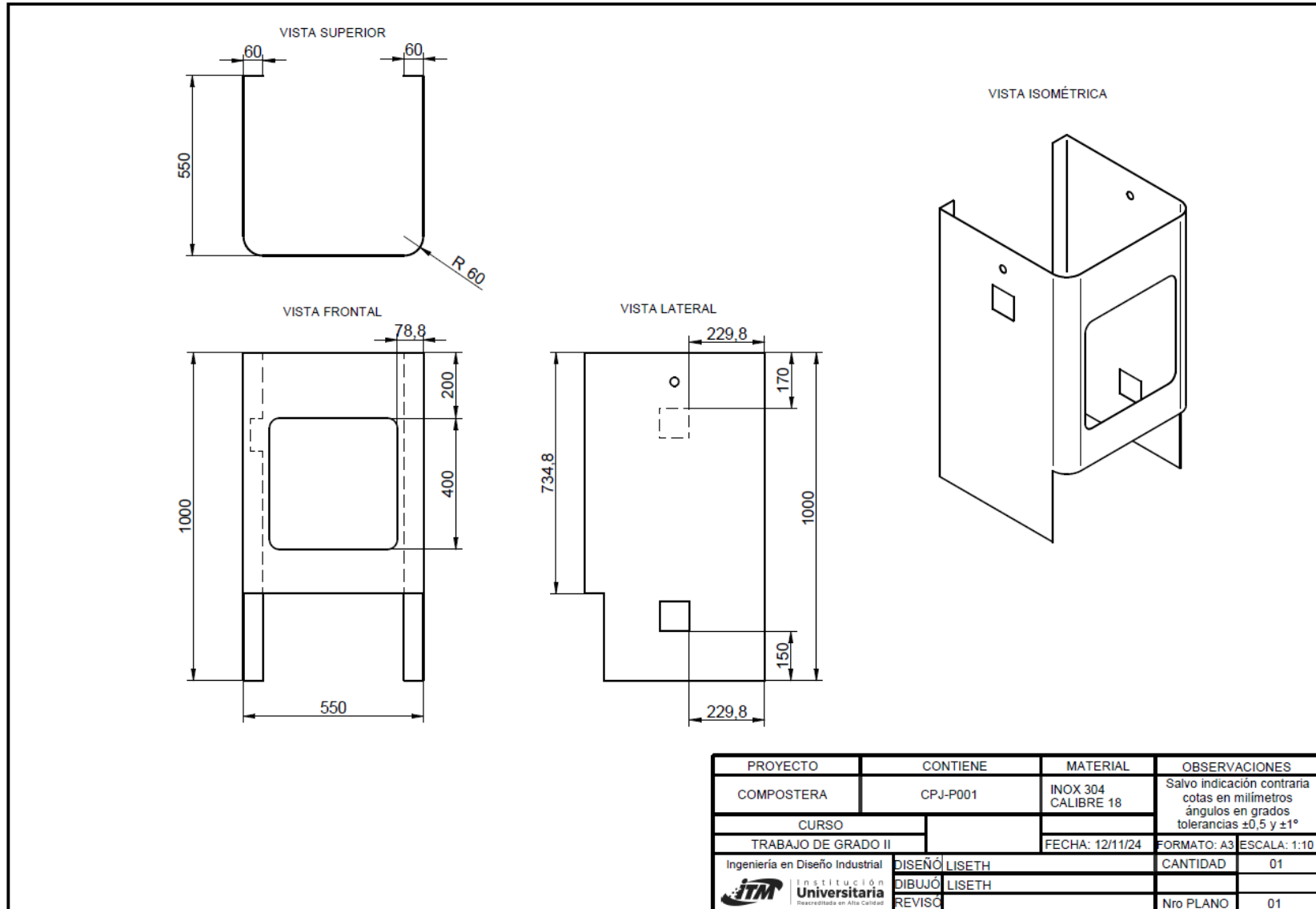
Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)	Cantidad
1	CPJ-T001	1
2	CPJ-P004	1
3	NEMA34	1
4	CPJ-P005	1
5	CPJ-P006	1
6	CPJ-P001	1
7	CPJ-P007	4
8	CPJ-P002	1
9	Cerradura Tubular	4
10	CPJ-T002	1
11	CPJ-P003	6
12	CPJ-P012	2
13	CPJ-P013	1
14	CPJ-P014	1
15	CPJ-P015	1
16	CPJ-P011	2
17	CPJ-P016	1
18	Tapo	2
19	Trituradora	1
20	80mm Fan + 120mm Filter montaje	2
21	Llave	1
22	Acrylic	1

PROYECTO	CONTIENE	MATERIAL	OBSERVACIONES
COMPOSTERA	Compostera - Explosión	INOX 304 CALIBRE 18	Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ± 0.5 y $\pm 1^\circ$
CURSO		FECHA: 12/11/24	FORMATO: A3 ESCALA: 1:10
TRABAJO DE GRADO II			
Ingeniería en Diseño Industrial	DISEÑO: LISETH		CANTIDAD: 01
UNIVERSIDAD DE CORDOBA	DIBUJO: LISETH		
Facultad de Ingeniería	REVISOR		Nro PLANO: 01

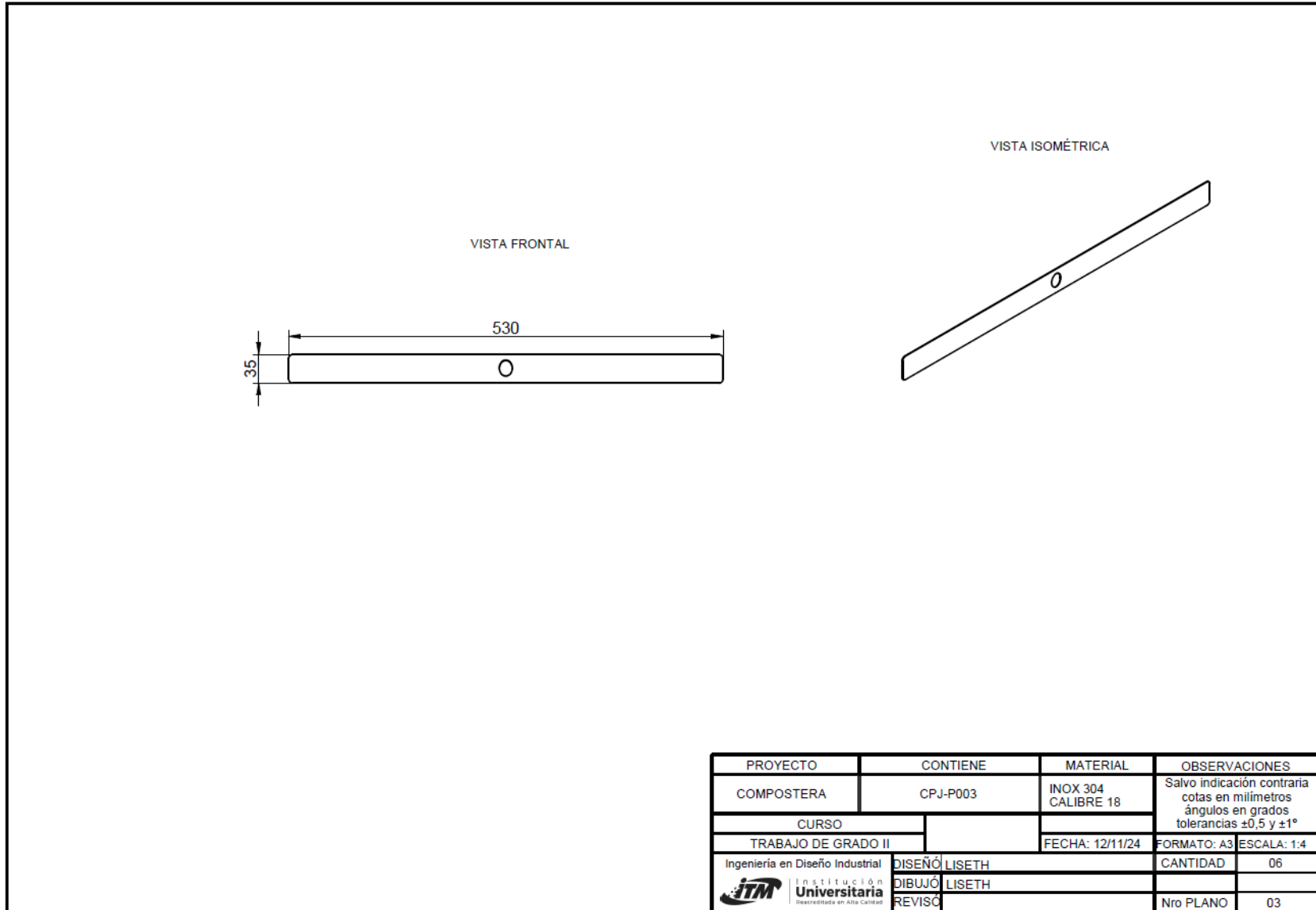


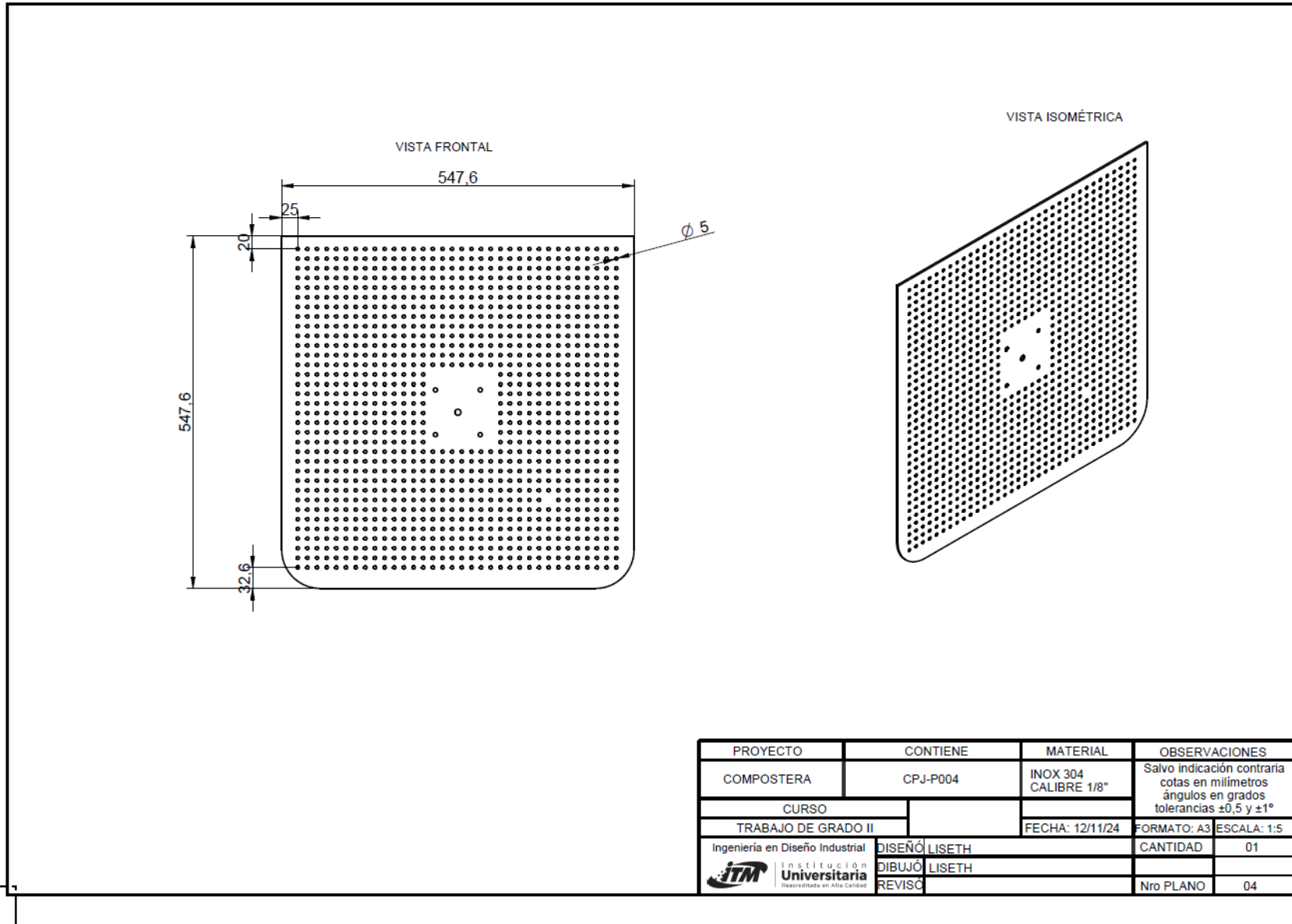
PROYECTO	CONTIENE	MATERIAL	OBSERVACIONES	
COMPOSTERA	Compostera	INOX 304 CALIBRE 18	Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°	
CURSO				
TRABAJO DE GRADO II		FECHA: 12/11/24	FORMATO: A3	ESCALA: 1:10
Ingeniería en Diseño Industrial	DISEÑO LISETH		CANTIDAD	01
 INSTITUCIÓN Universitaria <small>TECNOLOGÍA EN ACCIÓN</small>	DIBUJO LISETH			
	REVISOR		Nro PLANO	01




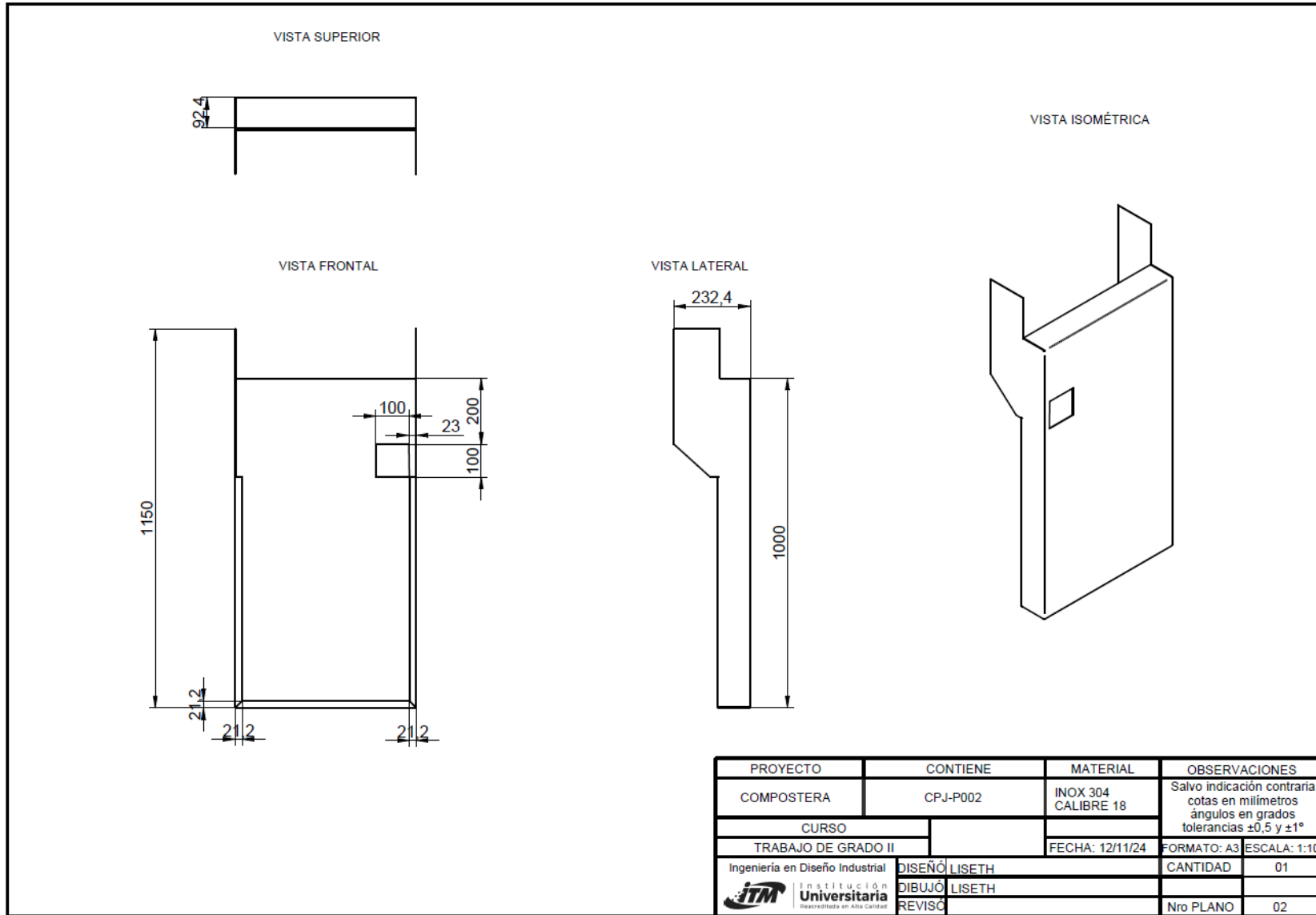


mm

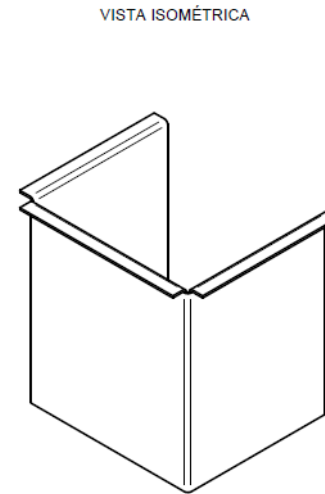
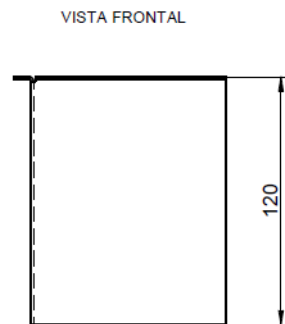
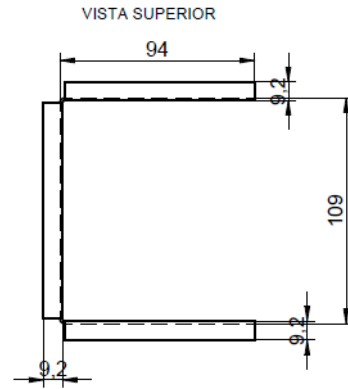




PROYECTO	CONTIENE	MATERIAL	OBSERVACIONES
COMPOSTERA	CPJ-P004	INOX 304 CALIBRE 1/8"	Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$
CURSO			
TRABAJO DE GRADO II		FECHA: 12/11/24	FORMATO: A3 ESCALA: 1:5
Ingeniería en Diseño Industrial	DISEÑO LISETH		CANTIDAD 01
 Institución Universitaria	DIBUJO LISETH		
	REVISÓ		Nro PLANO 04

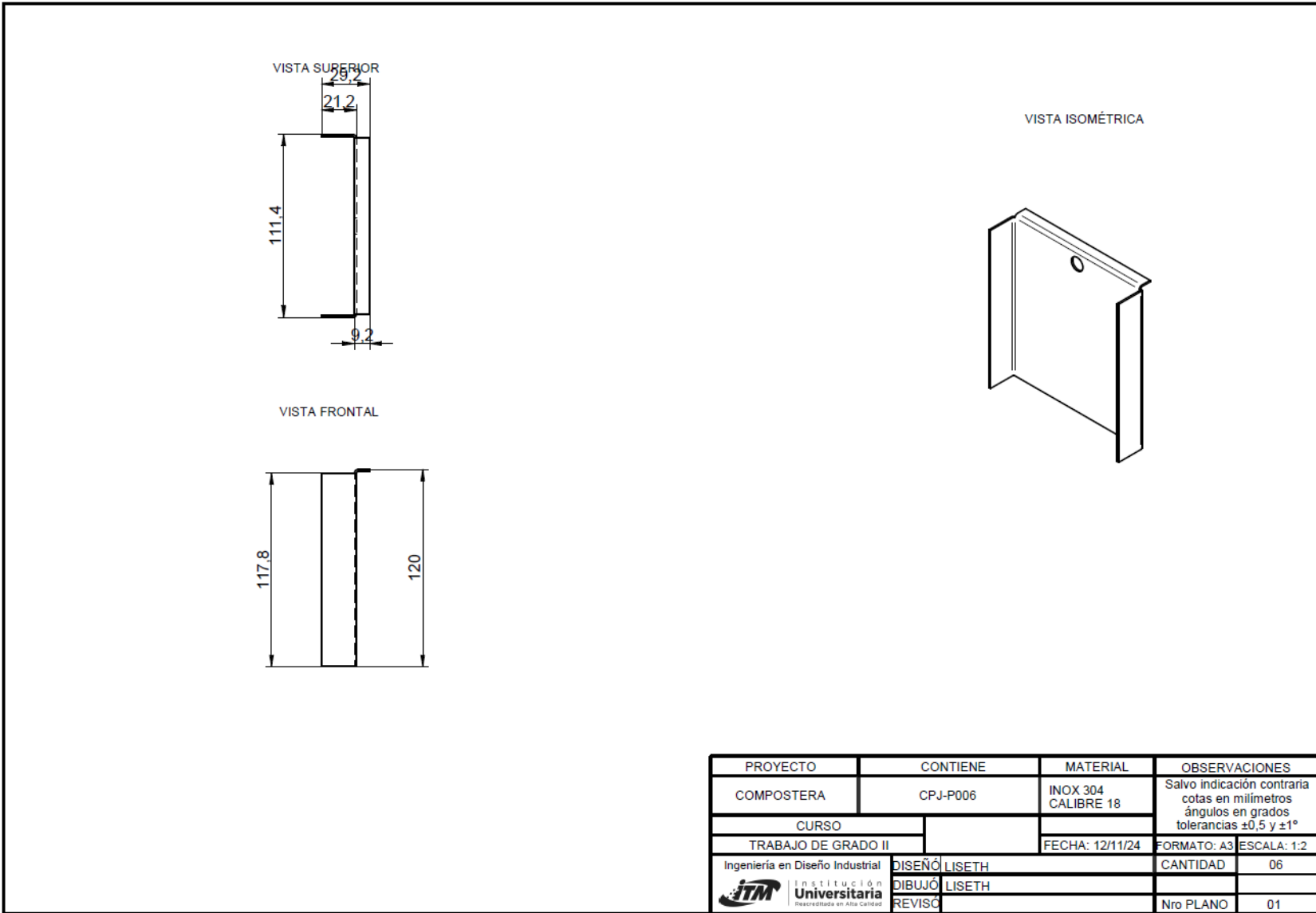


mm

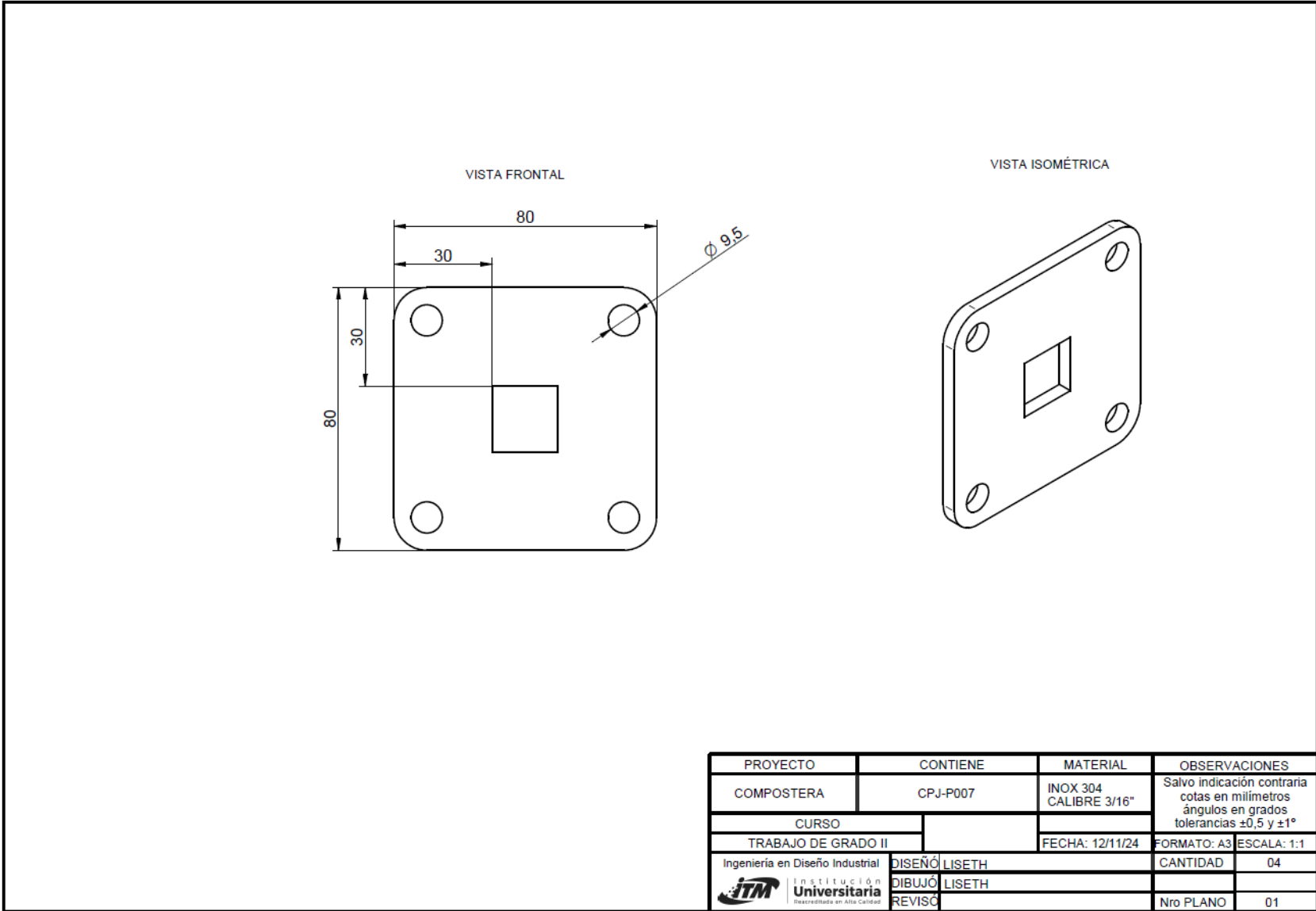


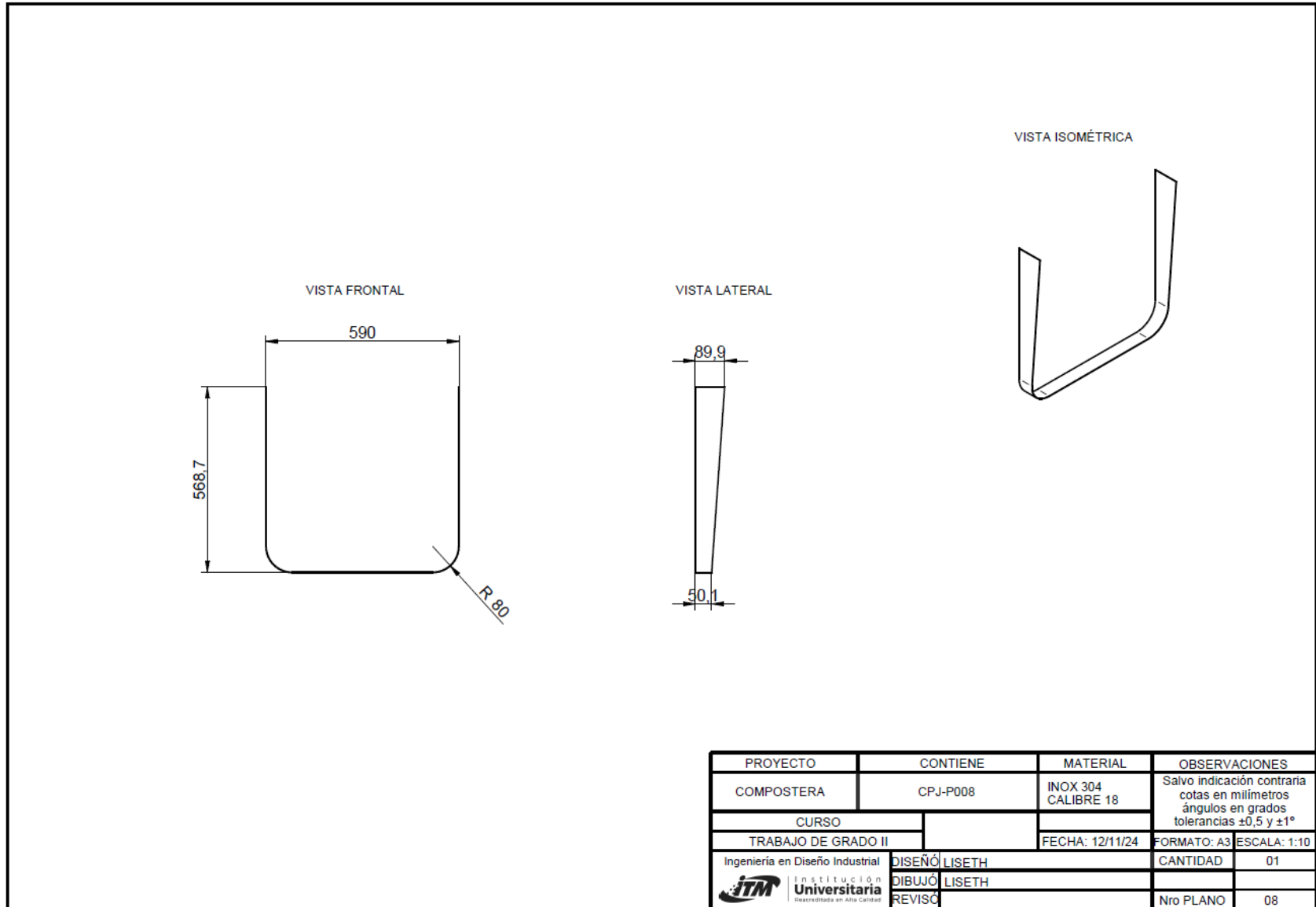
PROYECTO	CONTIENE	MATERIAL	OBSERVACIONES
COMPOSTERA	CPJ-P005	INOX 304 CALIBRE 18	Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$
CURSO			
TRABAJO DE GRADO II		FECHA: 12/11/24	FORMATO: A3 ESCALA: 1:2
Ingeniería en Diseño Industrial	DISEÑO LISETH		CANTIDAD 01
Institución Universitaria <small>Reconocida en Alta Calidad</small>	DIBUJO LISETH		
	REVISÓ		Nro PLANO 05

mm

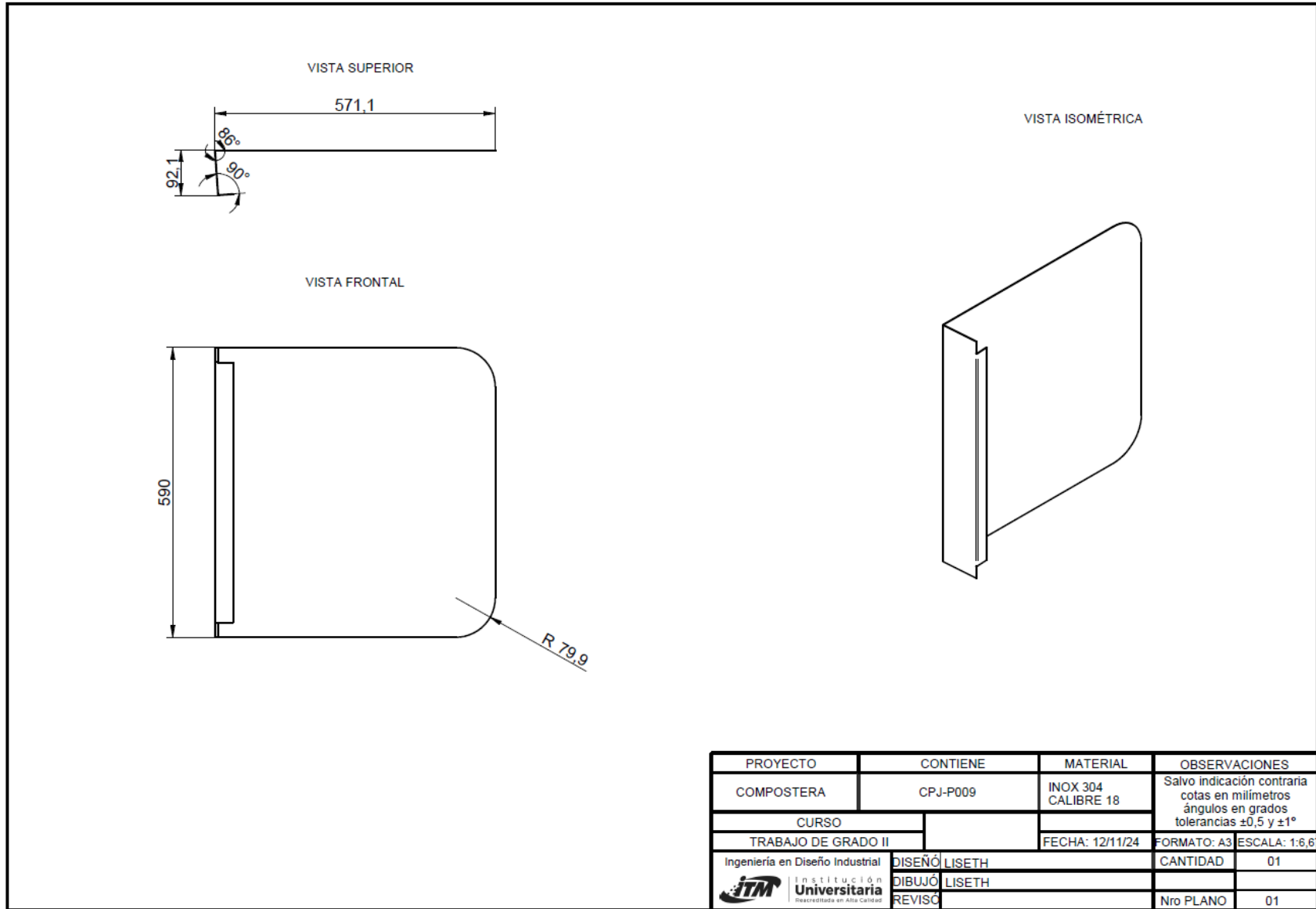



mm

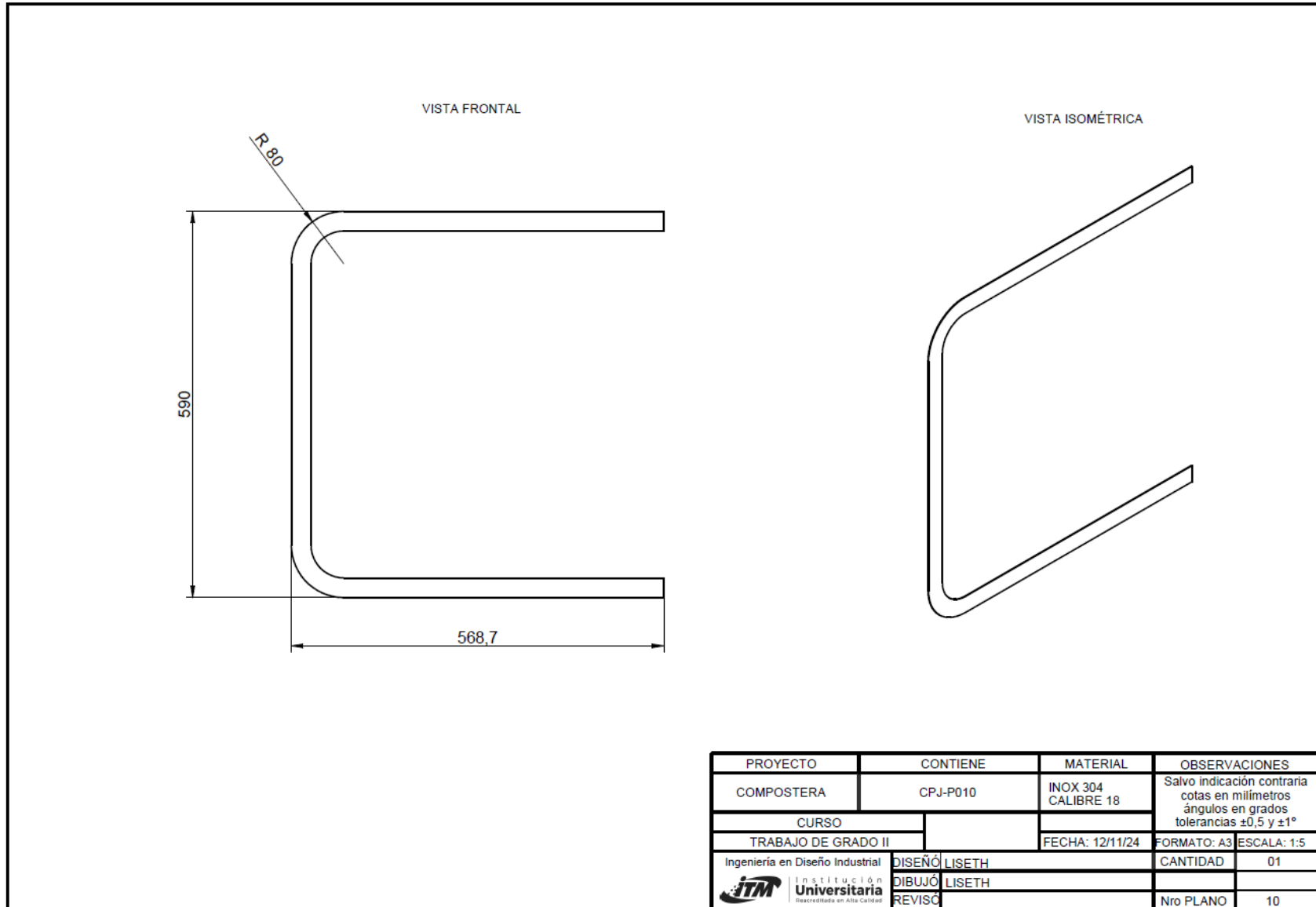




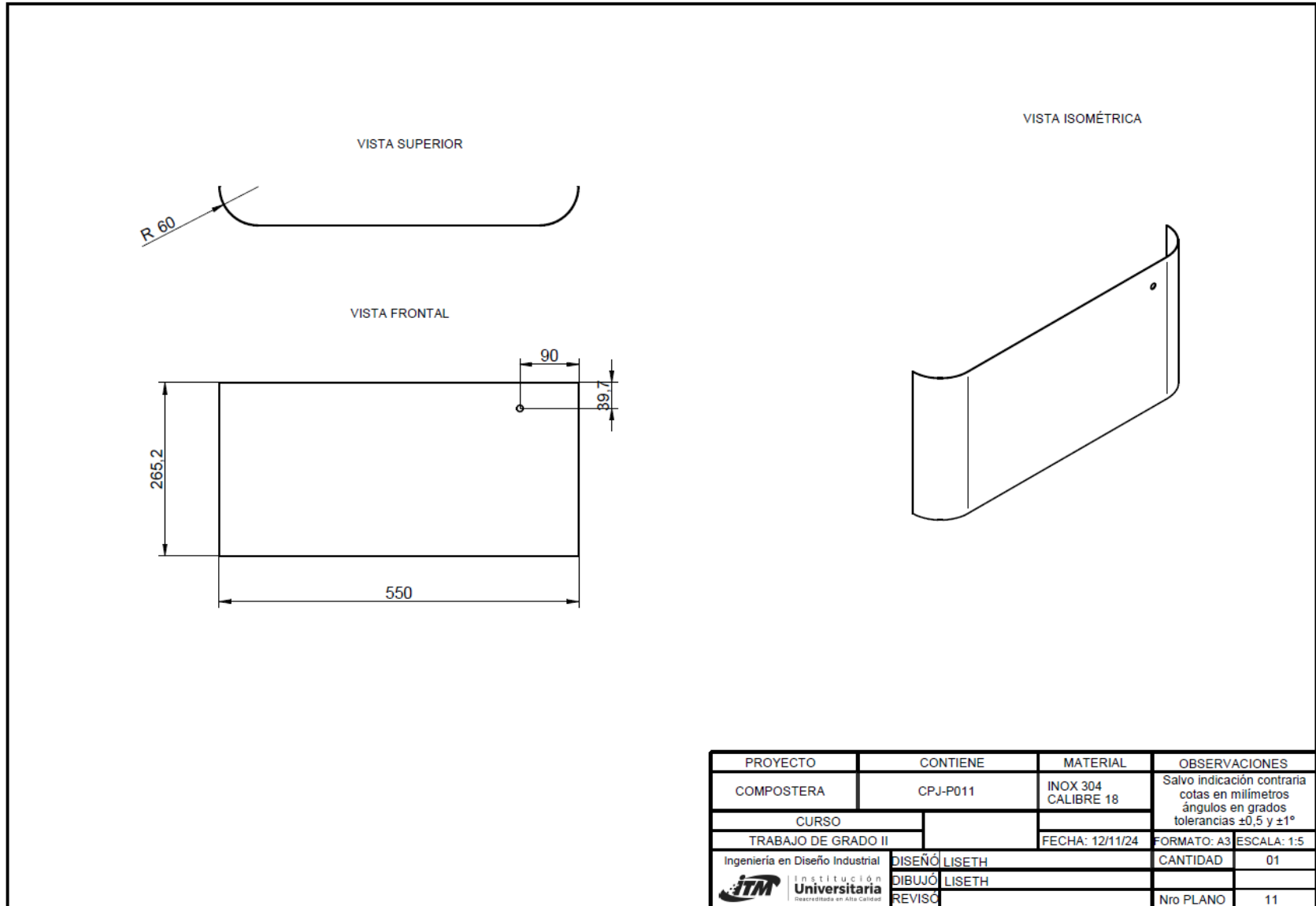
mm



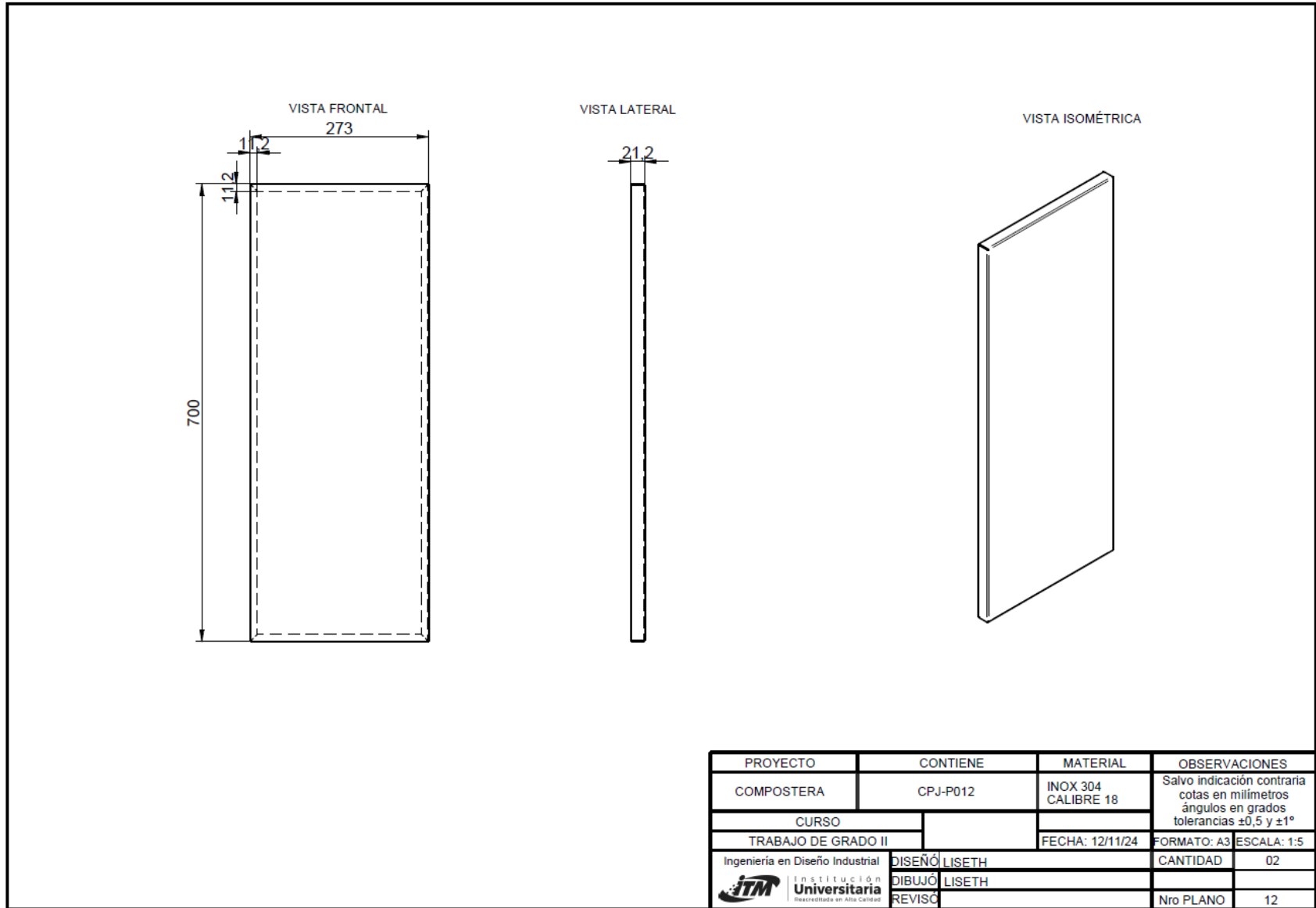
PROYECTO	CONTIENE	MATERIAL	OBSERVACIONES	
COMPOSTERA	CPJ-P009	INOX 304 CALIBRE 18	Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$	
CURSO				
TRABAJO DE GRADO II		FECHA: 12/11/24	FORMATO: A3	ESCALA: 1:6,6
Ingeniería en Diseño Industrial	DISEÑO LISETH		CANTIDAD	01
 Institución Universitaria <small>Innovadora en Alta Calidad</small>	DIBUJO LISETH			
	REVISÓ		Nro PLANO	01

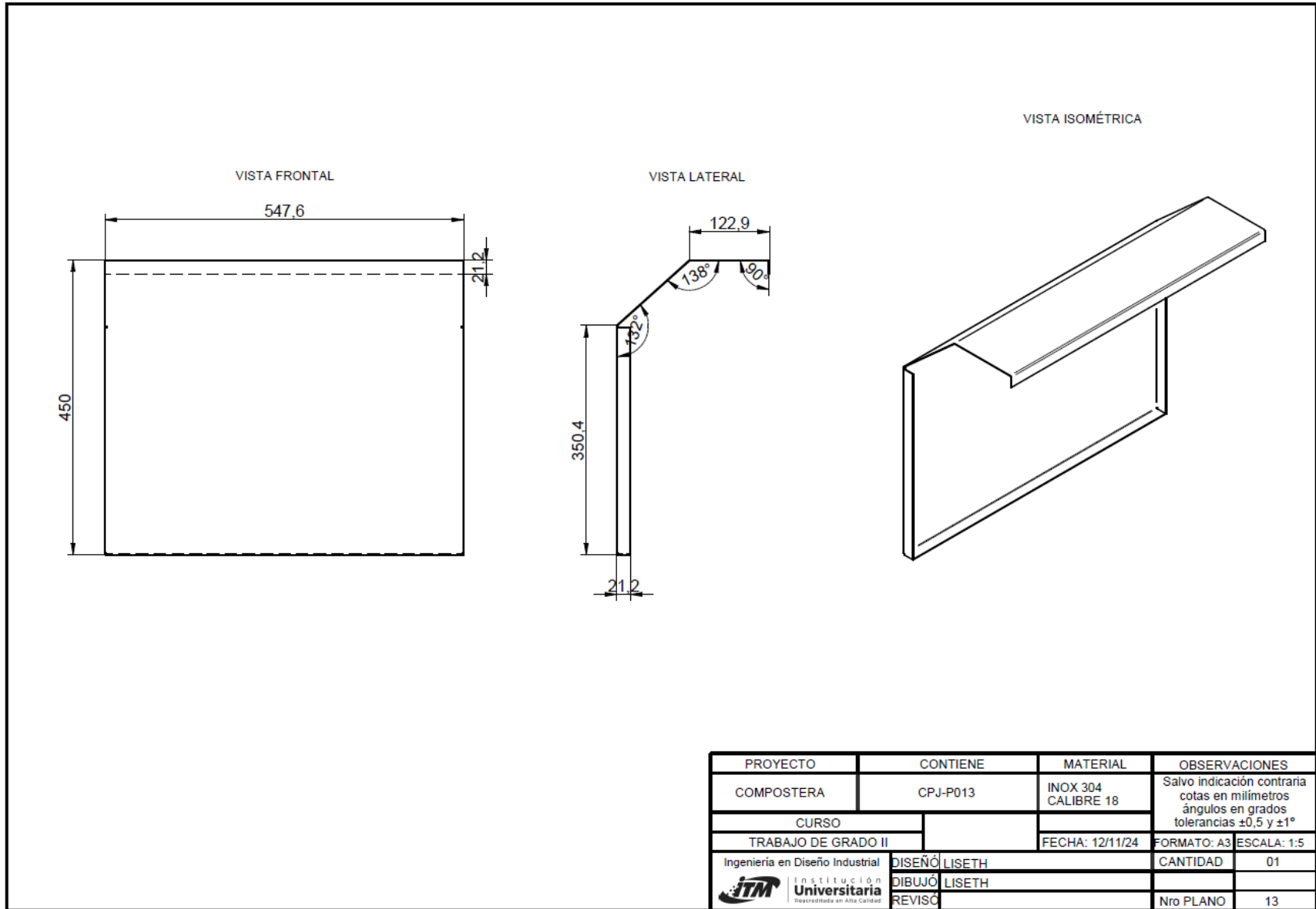


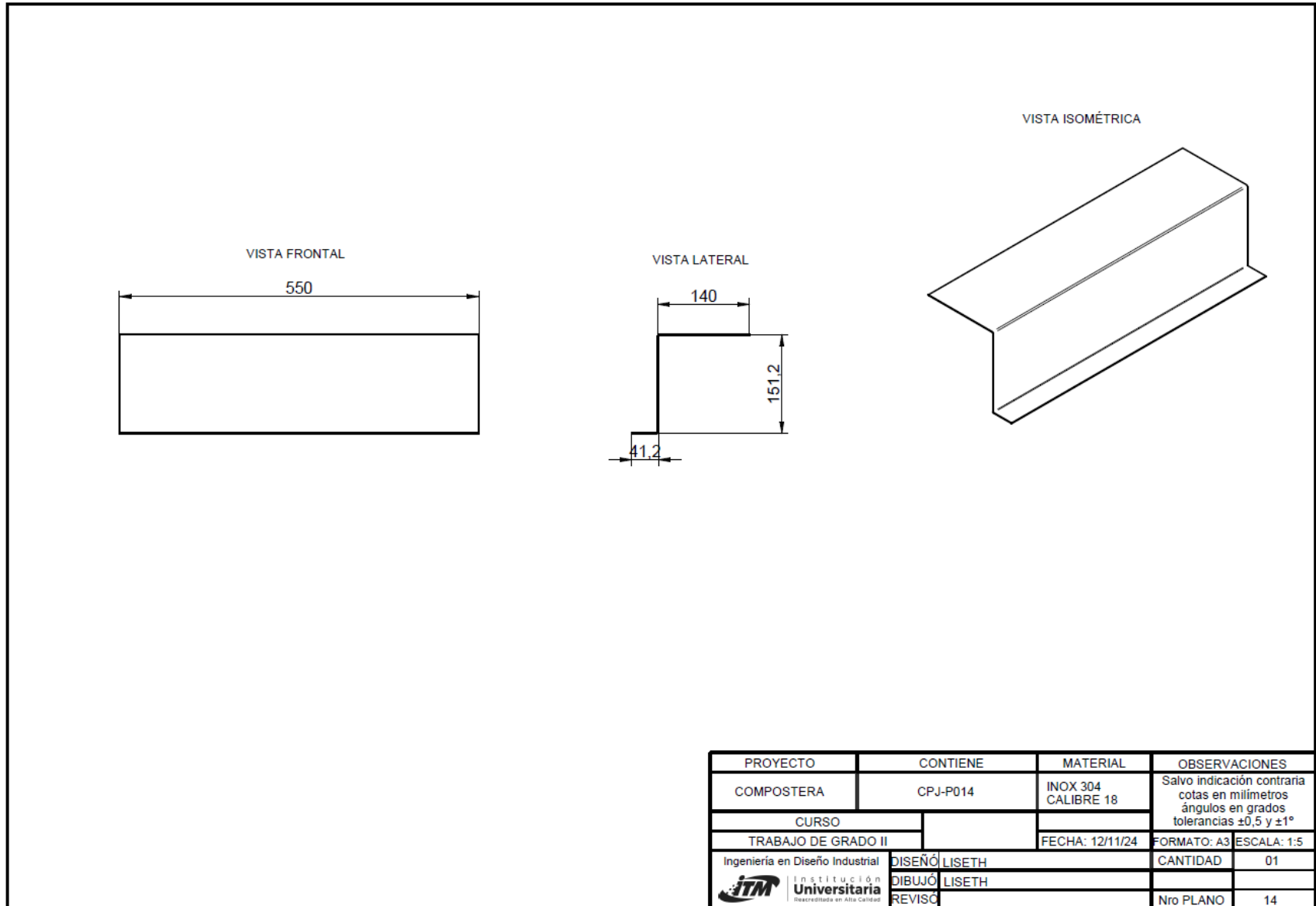
mm

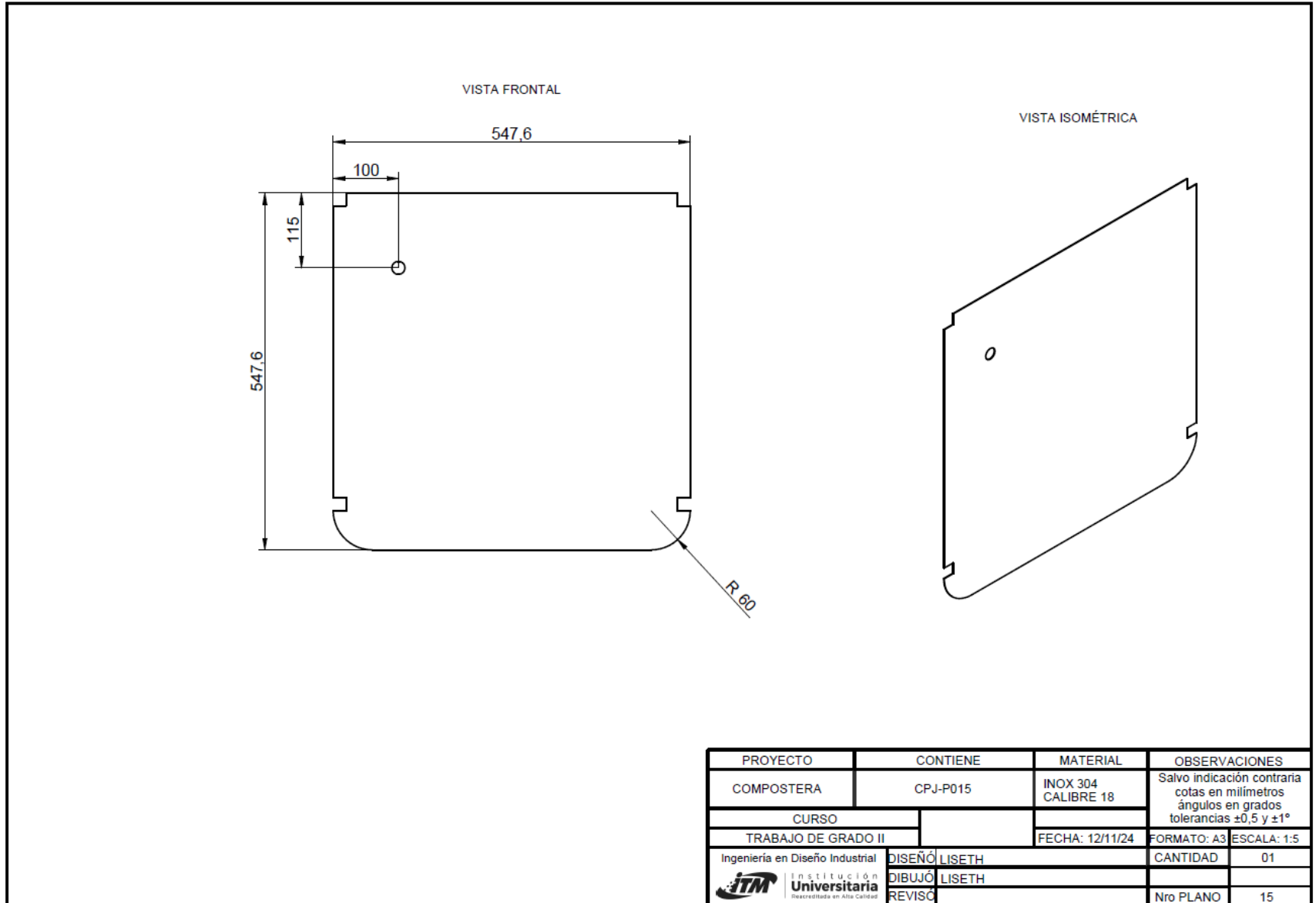


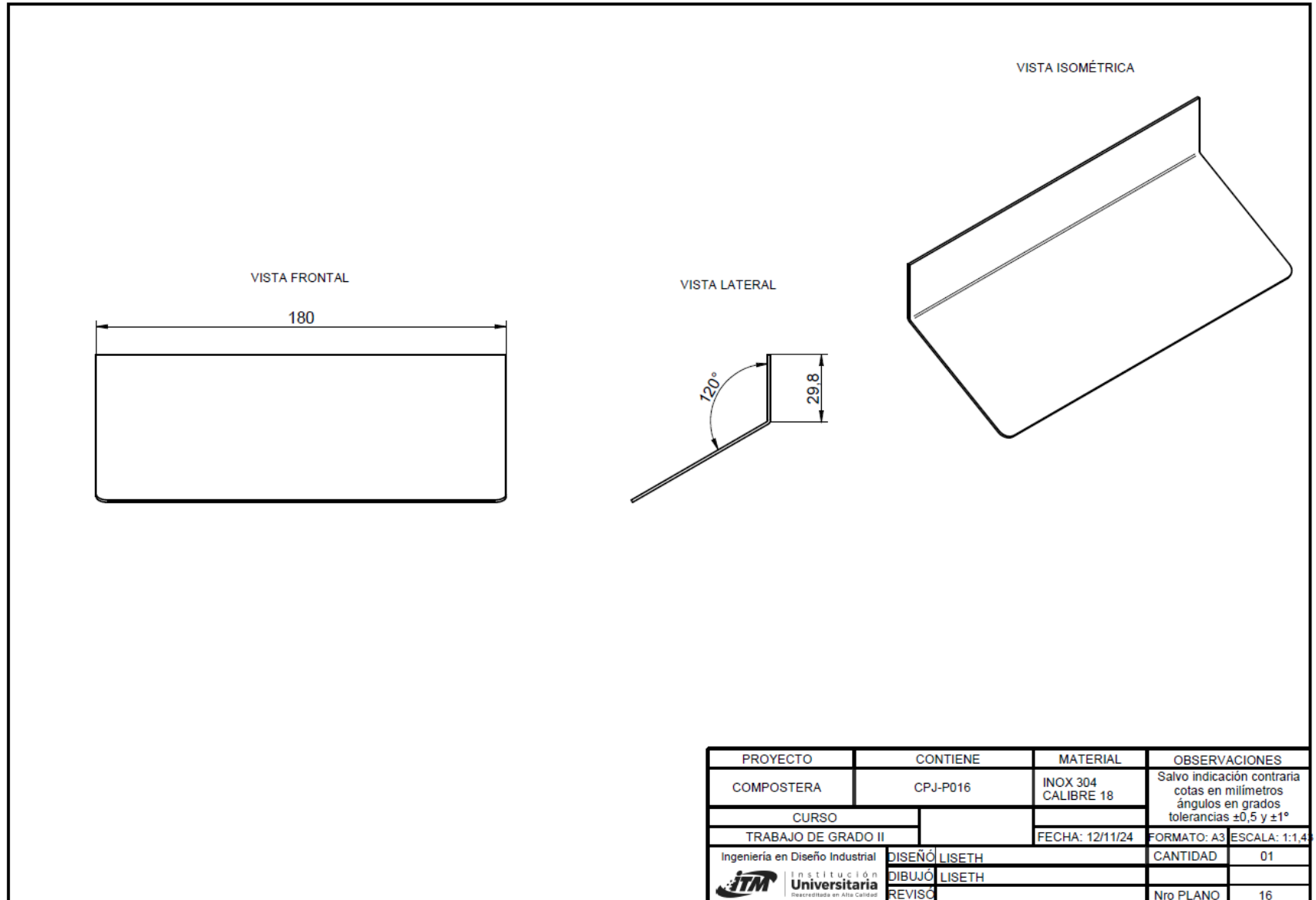
mm

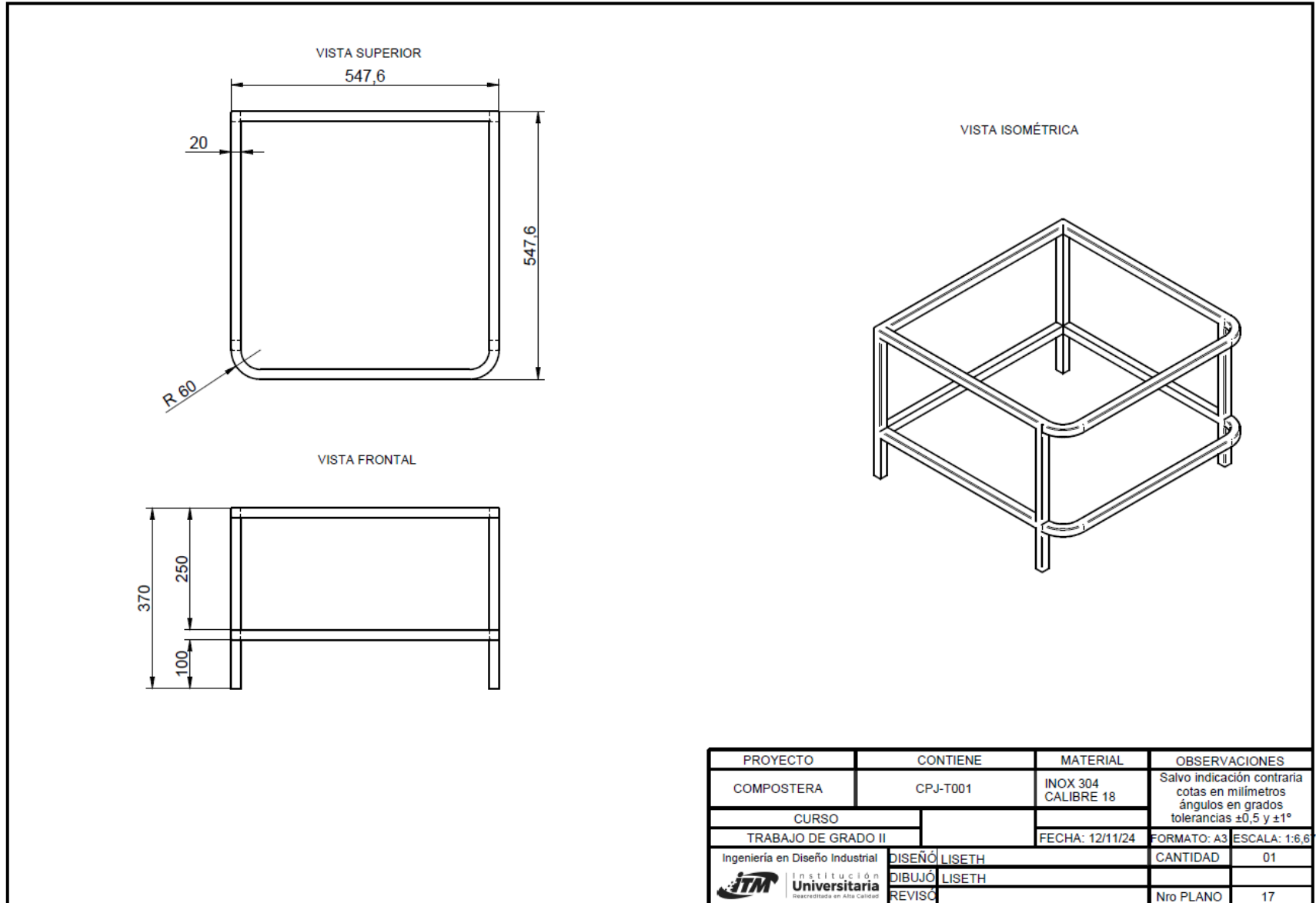


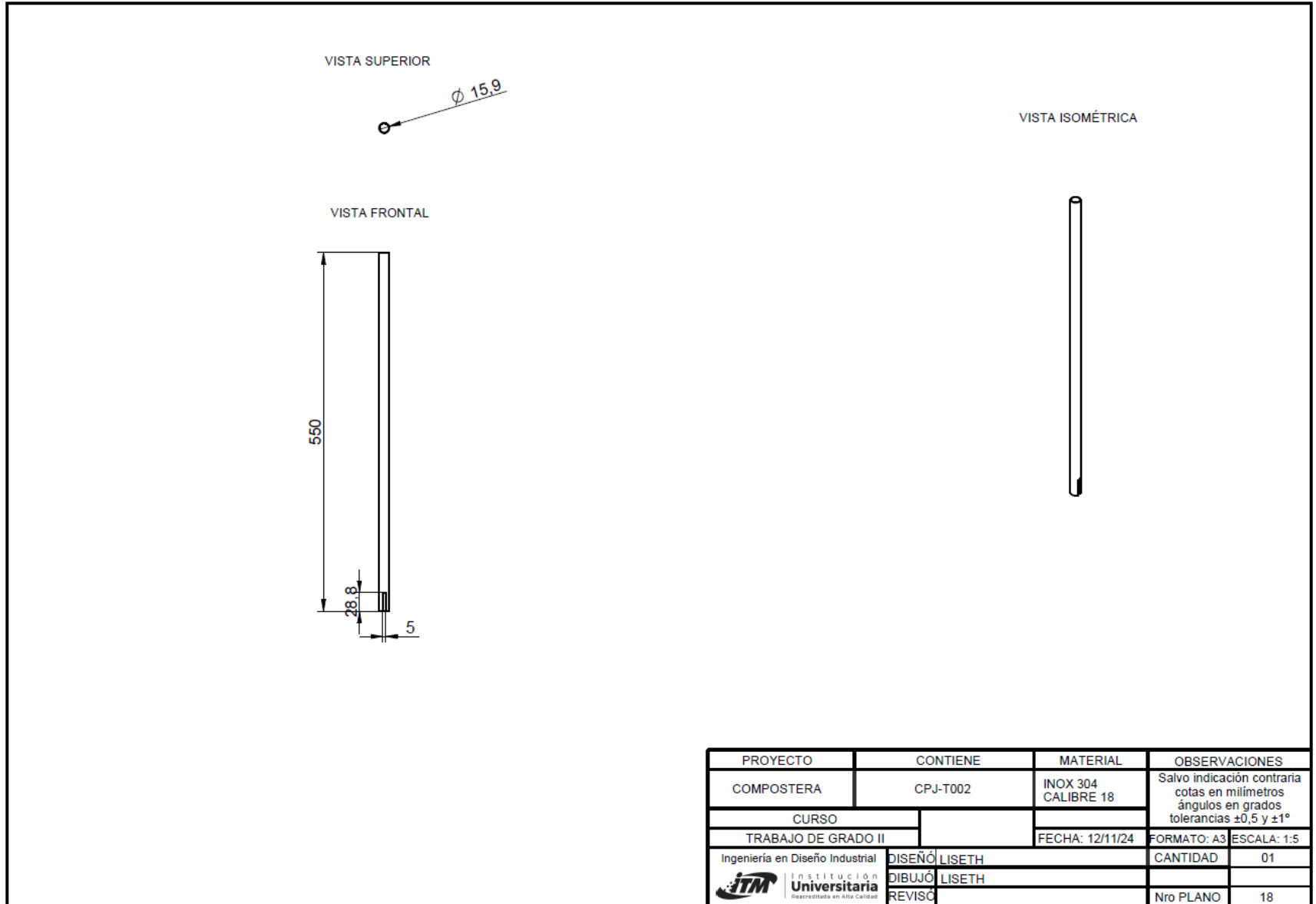


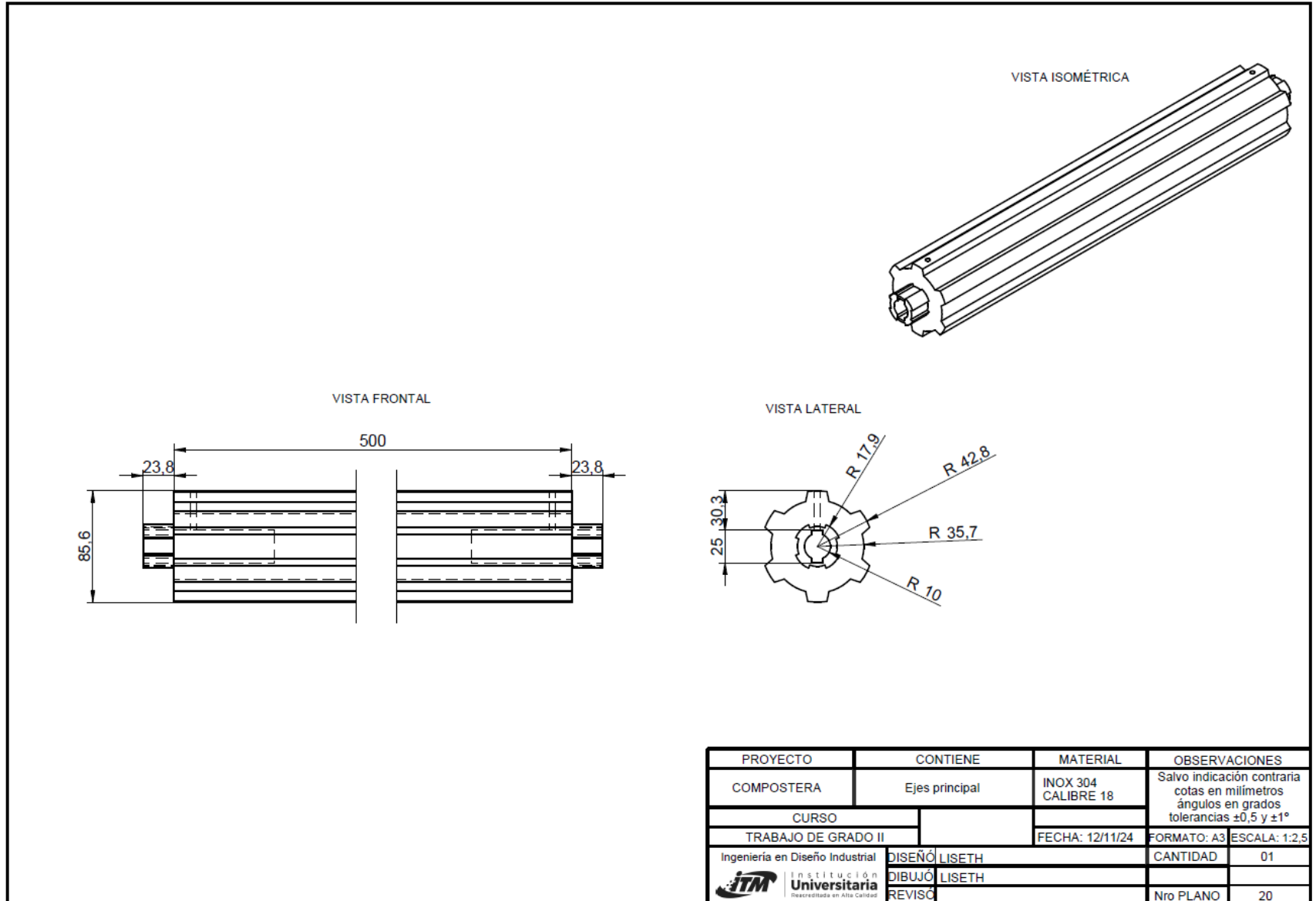


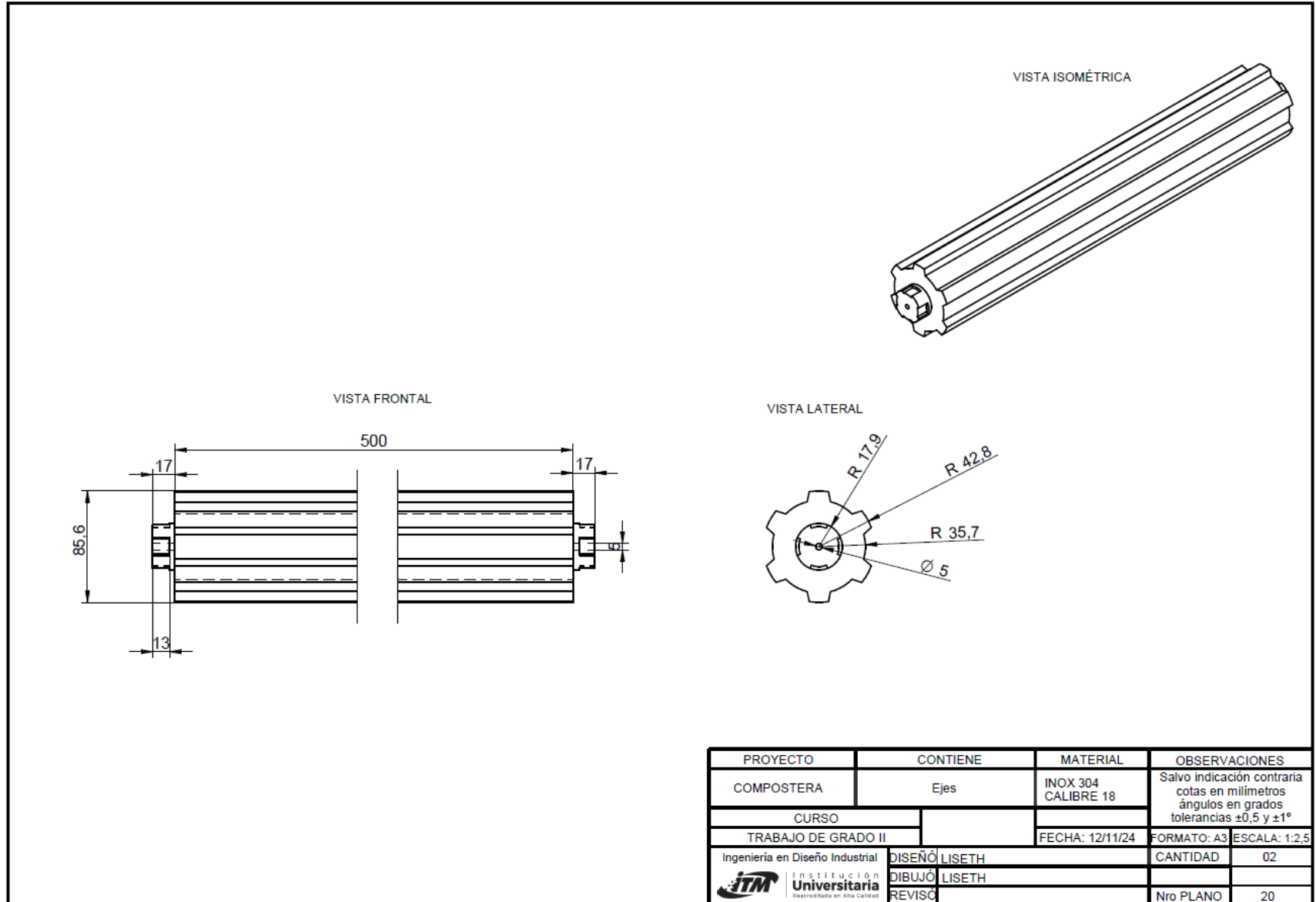


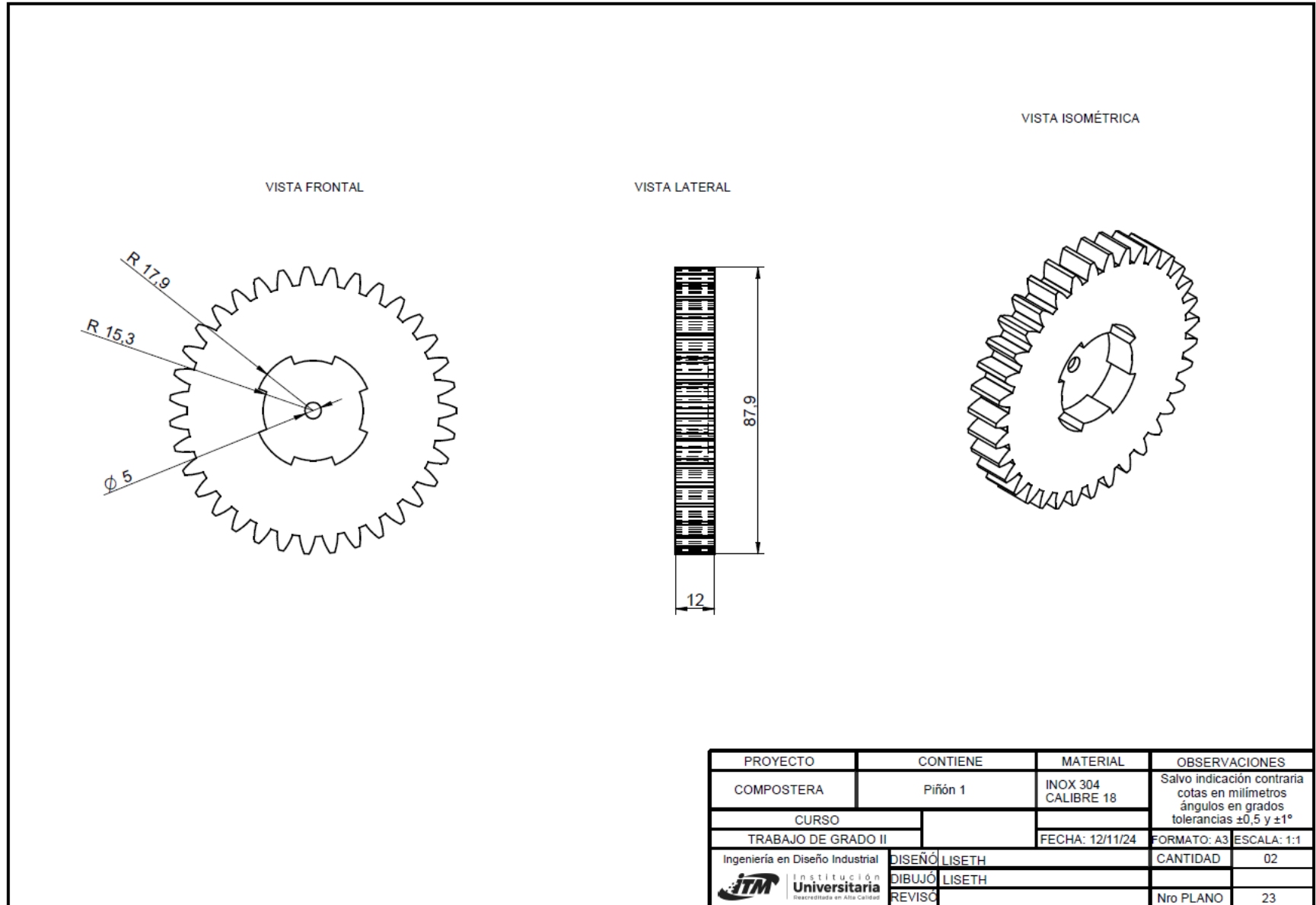


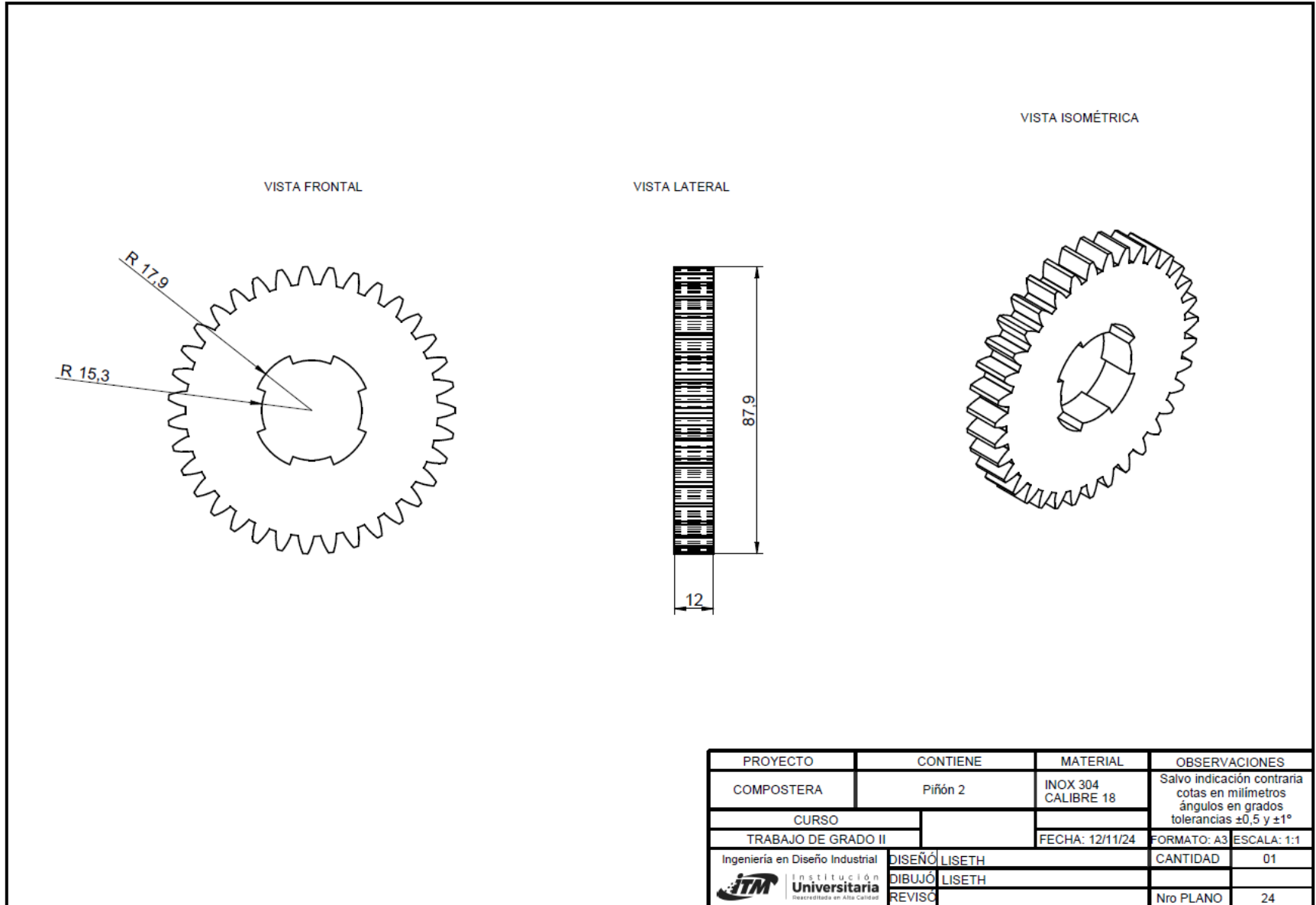


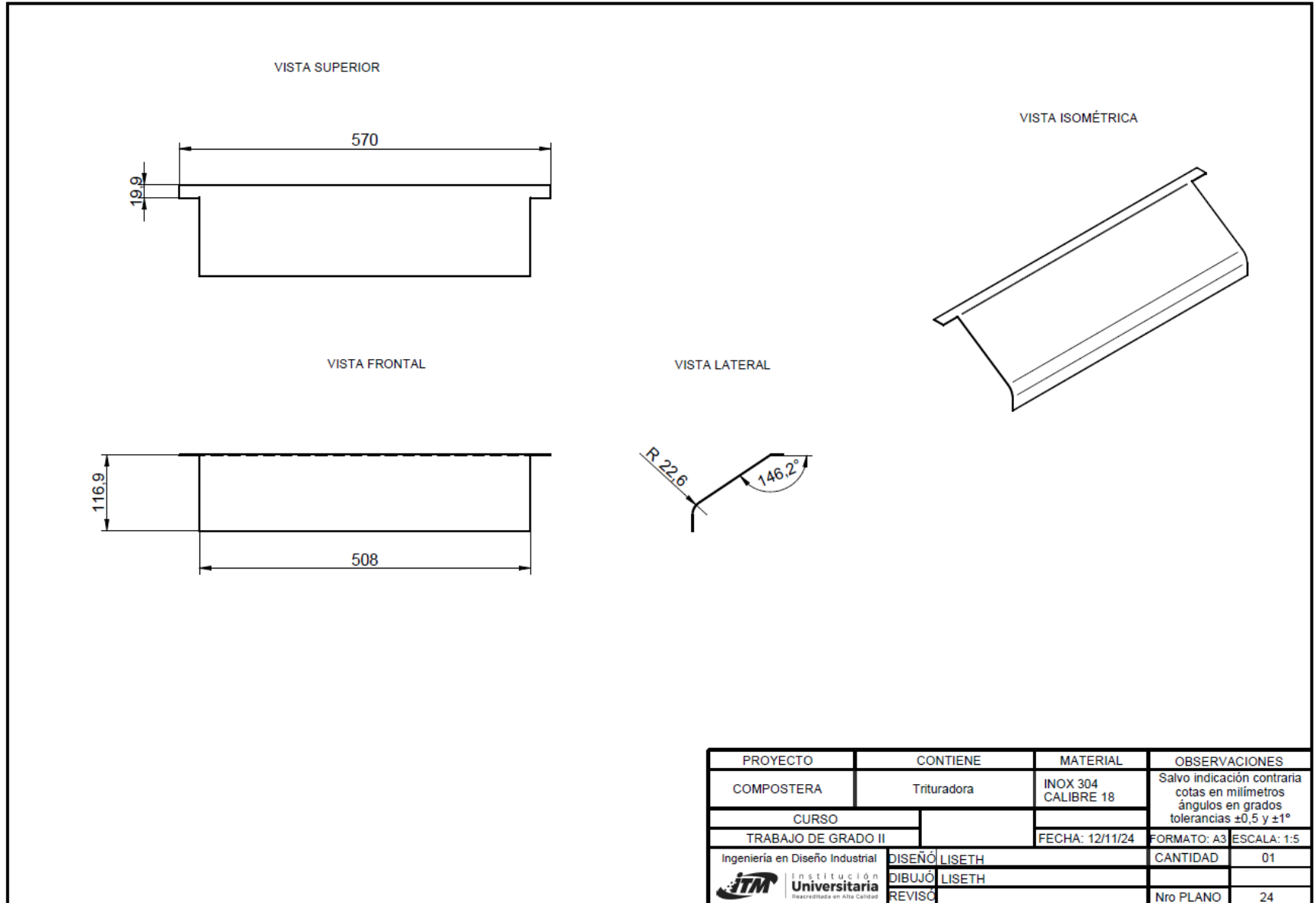


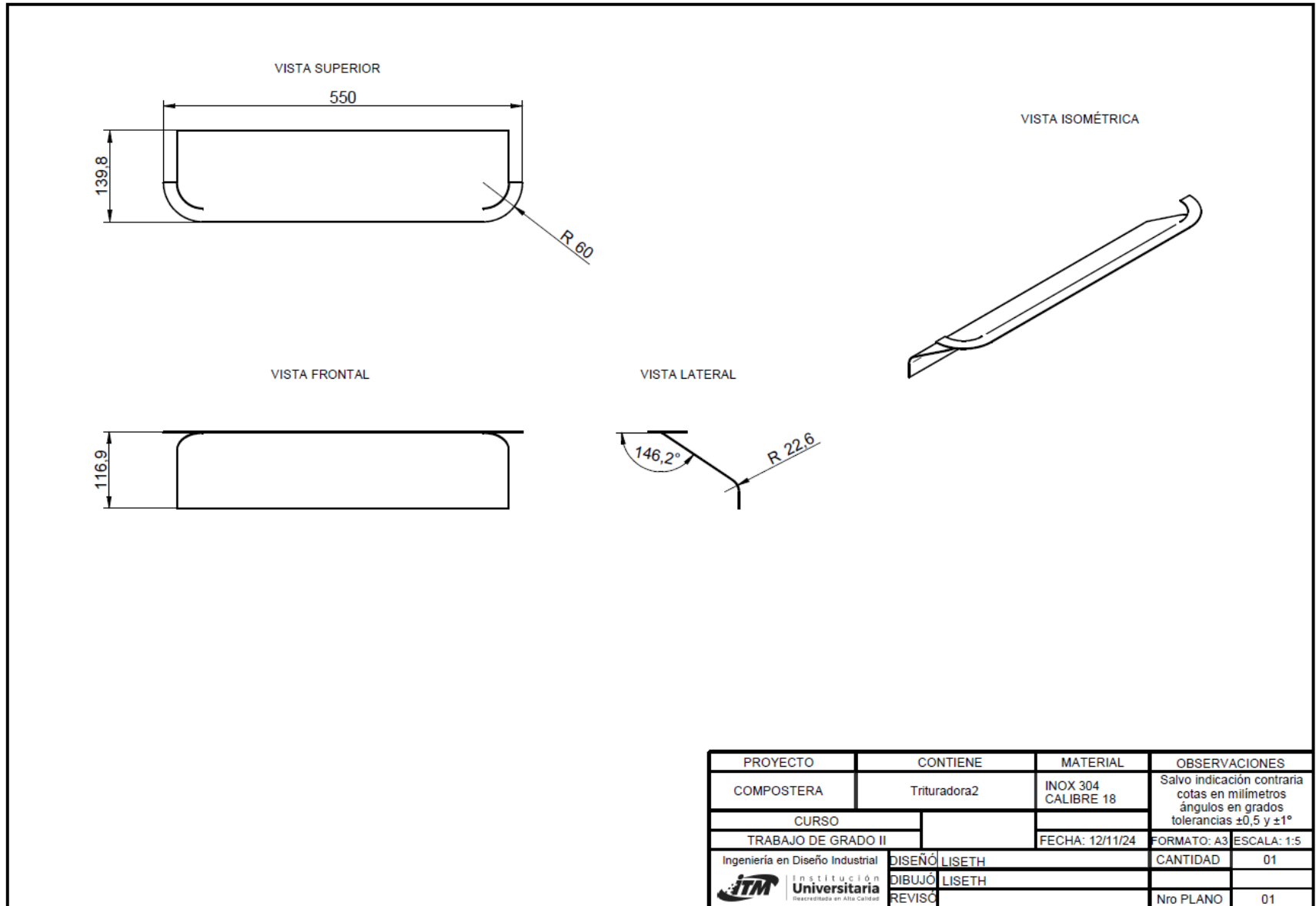


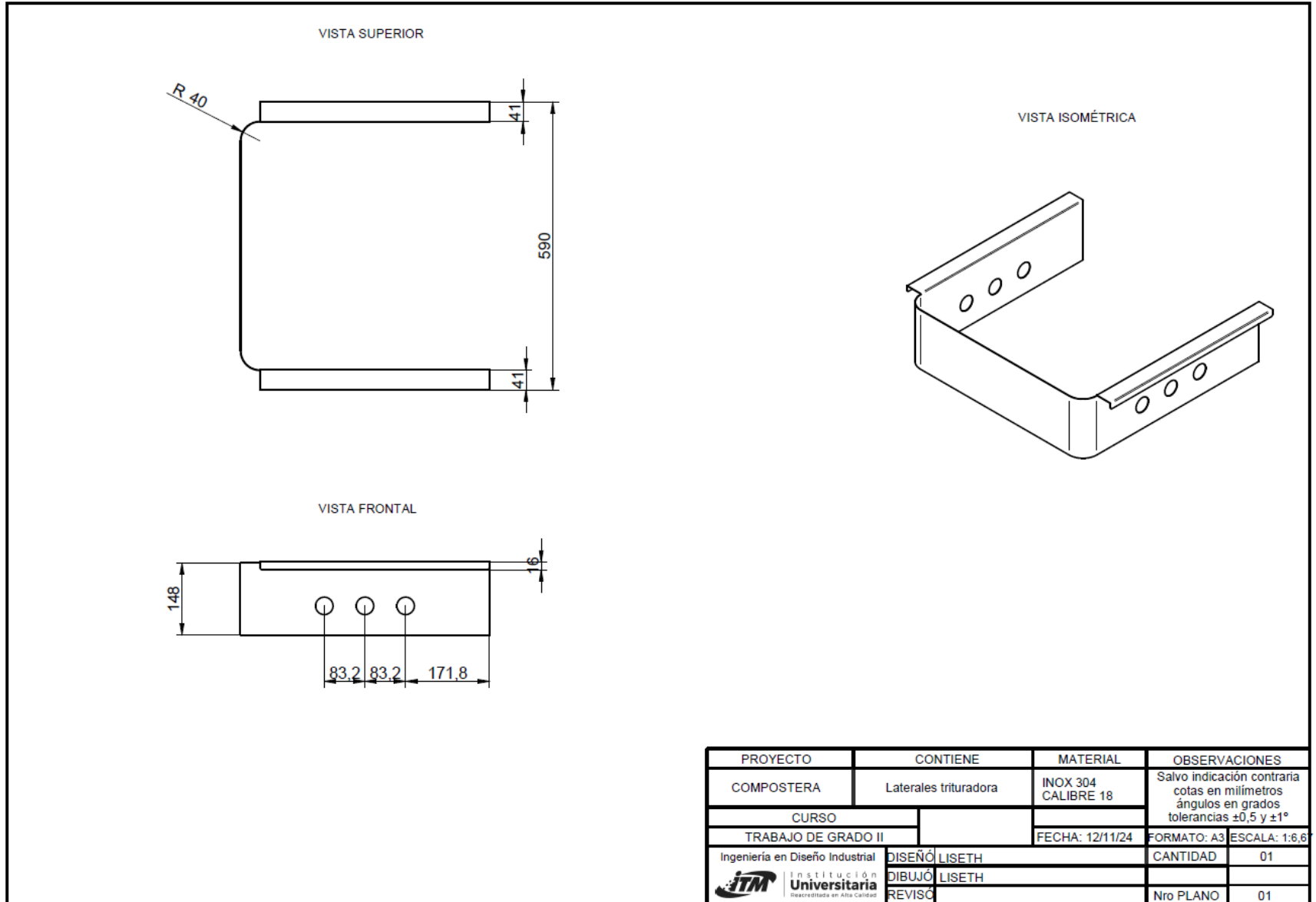


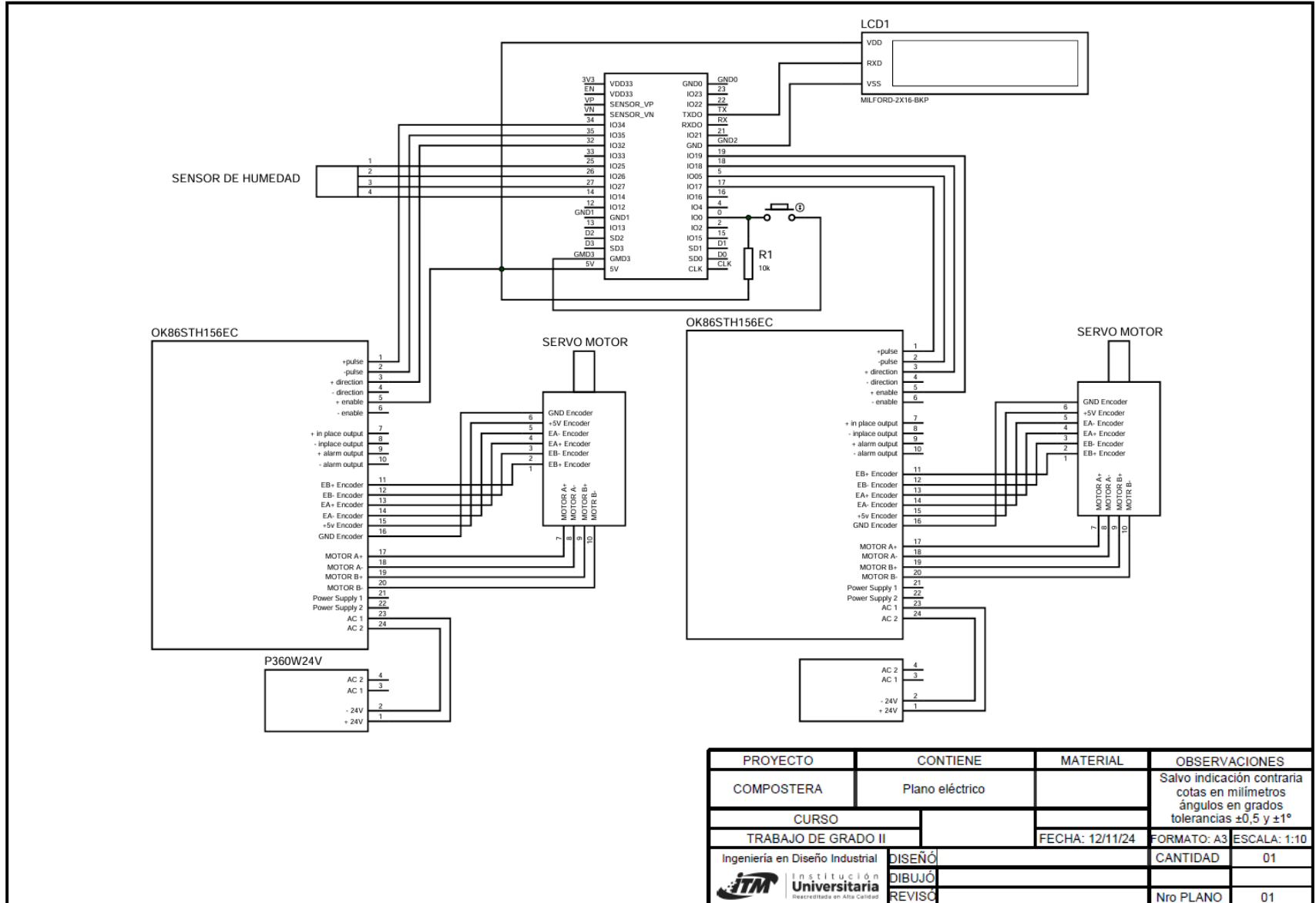













PROYECTO	CONTIENE	MATERIAL	OBSERVACIONES
COMPOSTERA	Plano eléctrico		Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$
CURSO			
TRABAJO DE GRADO II		FECHA: 12/11/24	FORMATO: A3 ESCALA: 1:10
Ingeniería en Diseño Industrial	DISEÑO		CANTIDAD 01
 INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA	DIBUJO		
	REVISÓ		Nro PLANO 01

El anterior plano eléctrico corresponde a la compostera, y a continuación se presenta el código necesario para que funcione. Este código controla dos servomotores, un display LCD, un sensor de humedad del suelo y un pulsador. Los servomotores, llamados "aspa" y "aserrinero", realizan funciones específicas de acuerdo con el nivel de humedad y el tiempo de funcionamiento. El display LCD muestra información sobre el progreso del compostaje, y el sistema solo se activa tras presionar un botón.

Figura 22
Código funcionamiento compostera

```

1 #include <Wire.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3 #include <Servo.h>
4
5 #define PIN_PULSADOR 2
6 #define PIN_SENSOR_HUMEDAD 34 // Cambiar por el pin del LM393
7 #define THRESHOLD_HUMEDAD 60 // Umbral del 60%
8
9 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Dirección I2C del display
10 Servo aspa, aserrinero;
11
12 const int TIEMPO_TOTAL_DIAS = 13;
13 const unsigned long TIEMPO_1_HORA = 3600000; // 1 hora en milisegundos
14 const unsigned long TIEMPO_5_MIN = 300000; // 5 minutos en milisegundos
15 const unsigned long TIEMPO_15_SEG = 15000; // 15 segundos en milisegundos
16
17 int dias_restantes = TIEMPO_TOTAL_DIAS;
18 unsigned long tiempoUltimoCicloAspa = 0;
19 unsigned long tiempoUltimoGiroAspa = 0;
20 unsigned long tiempoUltimoGiroAserrinero = 0;
21 unsigned long tiempoHumedadAlta = 0;
22
23 bool cicloActivoAspa = false;
24 bool humedadAlta = false;
25 bool inicioSistema = false;
26
27 void setup() {
28     pinMode(PIN_PULSADOR, INPUT_PULLUP);
29     pinMode(PIN_SENSOR_HUMEDAD, INPUT);
30
31     lcd.init();
32     lcd.backlight();
33     aspa.attach(18); // Cambia al pin que usas para el servo "aspa"
34     aserrinero.attach(19); // Cambia al pin que usas para el servo "aserrinero"
35
36     lcd.setCursor(0, 0);
37     lcd.print("Presiona para Iniciar");
38
39     while (!inicioSistema) {
40         if (digitalRead(PIN_PULSADOR) == LOW) {
41             inicioSistema = true;
42             delay(200); // Debouncing
43         }
44     }
45 }

```

```

84     }
85
86     lcd.clear();
87     lcd.setCursor(0, 0);
88     lcd.print("Dias restantes: ");
89     lcd.setCursor(0, 1);
90     lcd.print(dias_restantes);
91 }
92
93 void loop() {
94     unsigned long tiempoActual = millis();
95
96     // Control del servo "aspa" en ciclos de 5 minutos
97     if (dias_restantes > 0) {
98         if (!cicloActivoAspa && (tiempoActual - tiempoUltimoCicloAspa >= 86400000 / 4)) {
99             cicloActivoAspa = true;
100            tiempoUltimoCicloAspa = tiempoActual;
101            tiempoUltimoGiroAspa = tiempoActual;
102        }
103
104        if (cicloActivoAspa && (tiempoActual - tiempoUltimoGiroAspa >= TIEMPO_15_SEG)) {
105            aspa.write(180); // Gira a 180 grados
106            delay(500); // Espera para completar el giro
107            aspa.write(0); // Regresa a 0 grados
108            tiempoUltimoGiroAspa = tiempoActual;
109
110            if (tiempoActual - tiempoUltimoCicloAspa >= TIEMPO_5_MIN) {
111                cicloActivoAspa = false;
112                if (--dias_restantes == 0) {
113                    lcd.clear();
114                    lcd.setCursor(0, 0);
115                    lcd.print("EL COMPOST ESTA");
116                    lcd.setCursor(0, 1);
117                    lcd.print("LISTO");
118                } else {
119                    lcd.setCursor(0, 1);
120                    lcd.print(dias_restantes);
121                    lcd.print(" dias restantes");
122                }
123            }
124        }
125    }
126
127    // Lectura del sensor de humedad y control del servo "aserrinero"
128    int valorHumedad = analogRead(PIN_SENSOR_HUMEDAD);
129    int porcentajeHumedad = map(valorHumedad, 0, 4095, 0, 100);
130
131    if (porcentajeHumedad > THRESHOLD_HUMEDAD) {
132        if (!humedadAlta) {
133            tiempoHumedadAlta = tiempoActual;
134            humedadAlta = true;
135        } else if (tiempoActual - tiempoHumedadAlta >= TIEMPO_1_HORA) {
136            if (tiempoActual - tiempoUltimoGiroAserrinero >= TIEMPO_5_MIN) {
137                aserrinero.write(180); // Gira a 180 grados
138                delay(500); // Espera para completar el giro
139                aserrinero.write(0); // Regresa a 0 grados
140                tiempoUltimoGiroAserrinero = tiempoActual;
141            }
142        } else {
143            humedadAlta = false;
144        }
145    }
146 }
147

```

Explicación del Código:

1. Configuración de Componentes:

Inicializa el display I2C, el pulsador, el sensor de humedad, y los servomotores "aspa" y "aserrinero" en sus pines respectivos. El umbral de humedad se establece en 60%.

2. Esperar Inicio con el Pulsador:

El sistema espera a que el usuario presione el pulsador para iniciar el ciclo de compostaje. Hasta entonces, muestra un mensaje en el display.

3. Ciclo de Compostaje con el Servo "Aspa":

- Una vez iniciado, el servo "aspa" realiza 4 ciclos de 5 minutos al día (cada 24 horas), durante los cuales realiza un giro de 180 grados cada 15 segundos.
- Se muestra el número de días restantes en el display, y al terminar los 13 días, el mensaje cambia a "El COMPOST ESTA LISTO".

4. Control de Humedad y Activación del Servo "Aserrinero":

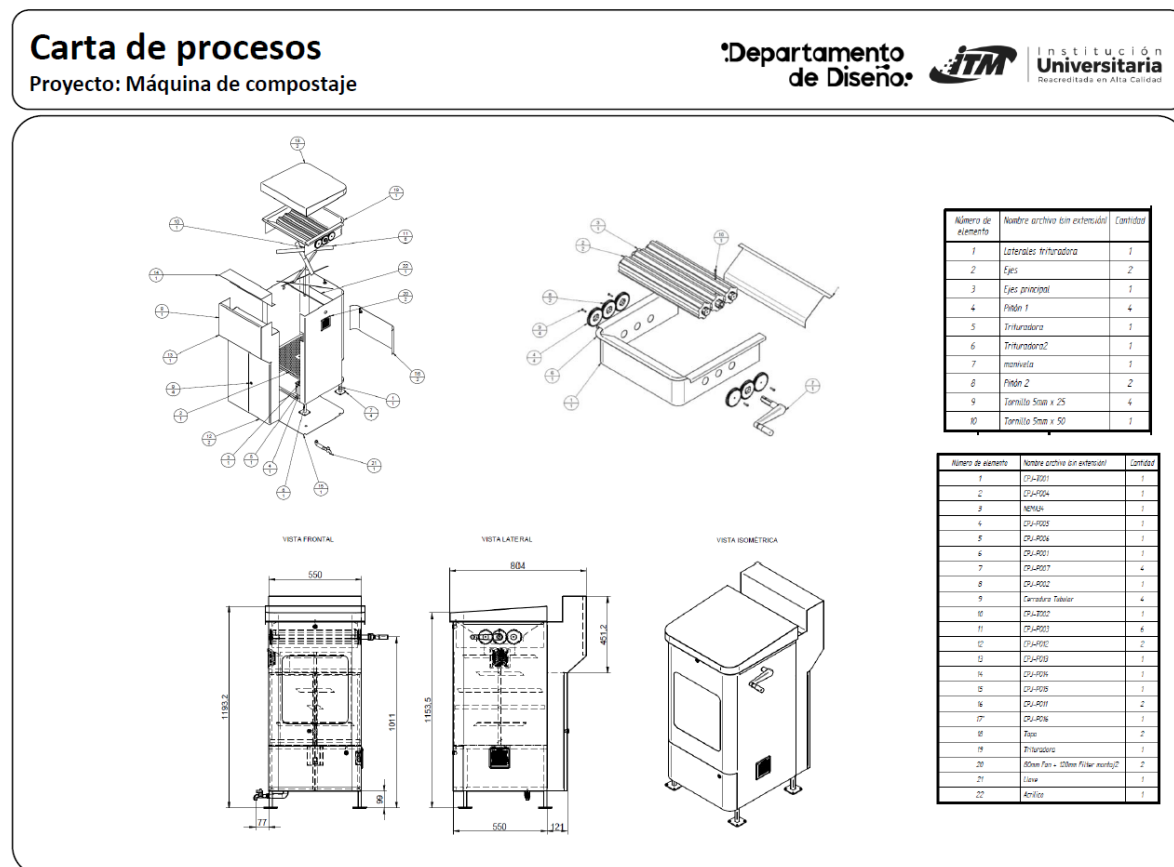
- Lee el nivel de humedad constantemente y, si supera el 60% durante más de una hora, activa el servo "aserrinero" para girar 360 grados cada 5 minutos.
- Esto continúa hasta que el nivel de humedad baje por debajo del umbral, momento en el cual el servo "aserrinero" se detiene.

Este código asegura que el proceso de compostaje siga un ciclo controlado de tiempo, humedad y movimiento, ajustándose a los cambios en el entorno de la compostera.

Carta de procesos

Esta carta de procesos describe las etapas de fabricación y ensamblaje de la compostera, detallando los materiales, herramientas y procedimientos necesarios para crear sus componentes. Asegura que cada pieza se fabrique con precisión, desde el corte del acero inoxidable hasta la instalación de los elementos funcionales como el vidrio templado. El objetivo es optimizar la fabricación, garantizando un producto duradero, eficiente y adecuado para su uso en la gestión de residuos orgánicos. Para más información sobre los detalles y los procesos específicos, consulte el Anexo C: Carta de Procesos Máquina de Compostaje.

Figura 23
Carta de procesos máquina de compostaje
Fuente: Elaboración Propia



Ficha Técnica

Figura 24
Ficha Técnica

Fuente: Elaboración Propia

Descripción

Compostera de acero inoxidable con capacidad de 115 kg, diseñada para procesar residuos orgánicos de frutas. Incluye aspas mezcladoras, sensor de humedad, triturador de residuos y opción de ruedas o anclaje al suelo. Ideal para uso en exteriores y acelerar el proceso de compostaje en climas cálidos.



Especificaciones

Ficha Técnica de Compostera

Nombre del Producto: Compostera de Acero Inoxidable

1. Características Generales

- Dimensiones: 50 cm x 50 cm x 110 cm (Ancho x Largo x Alto)
- Material: Acero Inoxidable 304
- Sistema de Medición: Humedad
- Sistema de Revolvimiento: Aspas para revolver
- Tritrador de Residuos: Integrado, para frutas
- Movilidad: Ruedas o anclaje al suelo

2. Capacidad

Capacidad Total en Volumen: 137.5 litros (aproximadamente)

Capacidad Total en Peso: 115 kg (dado que la densidad del residuo es 0.45 kg/litro)

Carga Diaria Recomendada en Peso: 18 kg/día

Producción Mensual de Compost: Aproximadamente 25 kg (con carga diaria recomendada)

3. Peso del Compostador

Peso Total aproximado del Compostador: 8 kg

4. Aplicaciones

Uso Recomendado: Casa, finca, apartamento y restaurantes

5. Notas Adicionales

- Se recomienda no exceder la carga diaria recomendada para mantener un proceso de compostaje eficiente y evitar problemas de desbordamiento o malos olores.
- Diseño optimizado para facilitar el compostaje de residuos orgánicos (frutas).
- Estructura robusta en acero inoxidable que asegura durabilidad y resistencia a la corrosión.

A continuación, se presenta un análisis financiero aproximado para la fabricación de la compostera. Este cálculo incluye los costos directos e indirectos asociados a la producción, así como los costos fijos de operación. Además, se estiman los márgenes de utilidad, el precio de venta y el punto de equilibrio necesario para cubrir los costos. Es importante destacar que los valores aquí presentados son aproximados, ya que están sujetos a variaciones según el comportamiento del mercado y otros factores externos. Este análisis busca proporcionar una guía general para la planificación financiera del proyecto.

Figura 26
Análisis Financiero

Fuente: Elaboración Propia

Precio de Venta	\$	5.190.000
Costo	\$	3.633.000
Utilidad Bruta	\$	1.557.000
Margen Deseado		30%
Margen Real		30%
Costos fijos	\$	5.540.014
Punto Equilibrio		4
Valor Materia Prima	\$	12.926.700
Costos totales	\$	18.466.714

DIVULGACIÓN

03

CAPÍTULO 3. DIVULGACIÓN



Estrategia de Compostaje y Promoción en el Puesto de Jugos

Incentivando la sostenibilidad y generando valor para los clientes

¿Por qué es importante?

Gracias al apoyo de la Alcaldía, esta estrategia contribuye a mitigar el impacto ambiental, al mismo tiempo que abre nuevas fuentes de ingresos y fortalece el compromiso del puesto de jugos con prácticas sostenibles.

Alcaldía de Medellín

Primera Sección: Capacitación de la Vendedora

Una cartilla educativa para la vendedora que incluye instrucciones sobre el proceso de compostaje, manejo de la máquina y los beneficios del compost.

Capacitación Inicial: Se contará con una cartilla informativa que incluirá toda la información relevante sobre el compostaje, adaptada al contexto del puesto de jugos. La cartilla contendrá

- ¿Qué es el compostaje?
- Beneficios del compost
- Funcionamiento de la máquina de compostaje
- Uso del compost

Segunda Sección: Promoción en Redes Sociales y Tiquetera

Los clientes pueden recibir una bolsa de compost de 1 kg tras comprar 10 jugos, incentivando la participación en el proceso de compostaje.



Bolsa de Compost

Una bolsa de compost etiquetada con el logotipo del puesto de jugos y el texto "Compost 100% orgánico"



Tiquetera

Tiquetera con los 10 espacios para sellar, mostrando cómo el cliente completa sus jugos.



Redes Sociales

Promoción en redes sociales (Instagram, Facebook) con mensajes llamativos como: "¡Compra 10 jugos y recibe compost!"

Tercera Sección: Venta de Bolsas de Compost

Ofrecemos bolsas de 1 kg de compost para la venta directa, un producto ideal para mejorar la salud del suelo en jardines y plantas.

Cartel con Información

Cartel en el puesto de jugos (ilustración del cartel visible), que informe sobre el compost.

El compostaje no solo reduce residuos, sino que también mejora la sostenibilidad, genera ingresos y ofrece beneficios a la comunidad.

Compostera

Puesto de compost Ubicado en Laureles - Estadio



Ingreso de residuos a compostar



Retiro de composta



Para ver en detalle, consultar el anexo D, Estrategia de Compostaje y Promoción en el Puesto de Jugos.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto de compostaje en el puesto de jugos ha sido un proceso integral de investigación y diseño, enfocado en optimizar la gestión de residuos orgánicos en espacios comerciales reducidos. A lo largo del trabajo, se identificaron las características clave para un sistema de compostaje eficiente y sostenible, especialmente en el contexto de Medellín, donde el proceso de compostaje aún enfrenta desafíos debido a la falta de educación en la comunidad sobre prácticas sostenibles.

El diseño final se centra en el control de olores y plagas, compacidad y adaptabilidad al espacio, y facilidad de uso y mantenimiento, asegurando su funcionalidad en el puesto de jugos en Laureles-Estadio y promoviendo el compostaje como un valor añadido para los clientes y la comunidad local.

Para validar y mejorar la efectividad de la compostera, sería ideal realizar un monitoreo continuo del proceso durante un periodo de seis meses a un año, observando variantes en el desempeño y en las condiciones del compost para realizar ajustes en el diseño según las necesidades operativas. Además, la colaboración con expertos para análisis periódicos del compost permitirá asegurar la calidad del producto para su uso o comercialización.

Este proyecto no solo contribuye a una gestión de residuos más sostenible, sino que también destaca la importancia de educar a la comunidad en prácticas ambientales responsables, promoviendo en Medellín un cambio positivo hacia la sostenibilidad y la conciencia ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Saldarriaga, J.F., Gallego, J.L., López, J.E. *et al.* (2019). Selecting Monitoring Variables in the Manual Composting of Municipal Solid Waste Based on Principal Component Analysis. *Waste Biomass* .

<https://doi.org/10.1007/s12649-018-0208-y>

Hernández-Gómez, A., Calderón, A., Medina, C. *et al.* (2021). Implementation of strategies to optimize the co-composting of green waste and food waste in developing countries. A case study: Colombia. *Environ Sci Pollut Res* **28**, 24321–24327

<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08103-w>

R. Devendra, C. Prajwala, N. Hitesh, E.V. Varshitha, C.R. Ramakrishnaiah, P.S. Manjunath, (2023-9 Quality control and assessment of compost obtained from open and In-Vessel composting methods, *Materials Today: Proceedings*

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.350>

Lin Zhu, Yuxiang Zhao, Siyin Chen, Xinyin Miao, Zhou Fang, Xiangwu Yao, Chifei Dong, Baolan Hu, (2024) Alternating ventilation accelerates the mineralization and humification of food waste by optimizing the temperature-oxygen-moisture distribution in the static composting reactor, *Bioresource Technology*.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.130050>

P.C.S. Moncks, É.K. Corrêa, L. L. C. Guidoni, R.B. Moncks, L.B. Corrêa, T. Lucia Jr, R.M. Araujo, A.C. Yamin, F.S. Marques, (2022) Moisture content monitoring in industrial-scale composting systems using low-cost sensor-based machine learning techniques,

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127456>

BIBLIOGRAFÍA

Kiyohiko Nakasaki, Shogo Araya, Hiroshi Mimoto, (2013) Inoculation of *Pichia kudriavzevii* RB1 degrades the organic acids present in raw compost material and accelerates composting, *Bioresource Technology*

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.07.005>

Kariza Mayra Silva Minini Baiense, Fernanda Gomes Linhares, Caio Teves Inácio, Marcelo Silva Sthel, Helion Vargas, Marcelo Gomes da Silva, (2021)

Photoacoustic-based sensor for real-time monitoring of methane and nitrous oxide in composting, *Sensors and Actuators B: Chemical*,

<https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.129974>

Ludovica Maria Oliveri, Sergio Arfò, Agata Matarazzo, Diego D'Urso, Ferdinando Chiacchio, (2023) Improving the composting process of a treatment facility via an Industry 4.0 monitoring and control solution: Performance and economic feasibility assessment, *Journal of Environmental Management*,

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118776>

Xuanbing Chen, Pengyu Sun, Zixian Zhuang, Imtiaz Ahmed, Lizhi Zhang, Bo Zhang, (2024) Control of odorants in swine manure and food waste co-composting via zero-valent iron /H₂O₂ system, *Waste Management*

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.018>

FAO. (2014). Directrices para la gestión de residuos orgánicos y la producción de compost. Recuperado de <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>

Green Waste Solutions. (2019). Composting: Benefits and practices for effective waste management. Recuperado de <https://www.greenwastesolutions.com>

BIBLIOGRAFÍA

Carrillo, P., Gómez, A., & Rodríguez, F. (2019). Compostaje y reciclaje en la gestión de residuos orgánicos en ciudades colombianas. *Revista de Ecología Urbana*, 23(1), 45-58.

Centrópolis. (2024). Aproveche sus residuos orgánicos: no los bote, mejor haga compostaje. Recuperado de <https://www.centropolismedellin.com>

El Nuevo Siglo. (2020). Gestión de residuos orgánicos, un desafío para Colombia. Recuperado de <https://www.elnuevosiglo.com.co>

ANEXOS

A continuación, se presentan los anexos correspondientes, los cuales contienen información adicional y detallada que complementa los aspectos tratados en el documento.

1. Anexo A: Especificaciones de diseño de producto – PDS
2. Anexo B: Plan de Compostaje.
3. Anexo C: Carta de Procesos Máquina de Compostaje
4. Anexo D: Estrategia de Compostaje y Promoción en el Puesto de Jugos