



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador | Sede  
Ambato

## **ESCUELA DE INGENIERÍAS**

**Tema:**

**VERMICOMPOSTERA DOMÉSTICA APOYADA EN TECNOLOGÍAS DEL  
INTERNET DE LAS COSAS PARA REDUCCIÓN DE RESIDUOS**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Diseño Industrial**

**Línea de investigación:**

**MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS NATURALES**

**Autor:**

Gerson Ariel Valle Bustillos

**Directora:**

Mg. Michele Paulina Quispe Morales

**Ambato – Ecuador**

**Septiembre 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: **GERSON ARIEL VALLE BUSTILLOS**, con cédula de ciudadanía **1850419092**, autor del trabajo de titulación intitulado: "VERMICOMPOSTERA DOMÉSTICA APOYADA EN TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA REDUCCIÓN DE RESIDUOS", previo a la obtención del título profesional de **INGENIERO EN DISEÑO INDUSTRIAL** en la escuela de **INGENIERÍAS**.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, septiembre 2024



Gerson Ariel Valle Bustillos

CC. 1850419092

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**SEDE AMBATO**  
**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

**Tema:**

**VERMICOMPOSTERA DOMÉSTICA APOYADA EN TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA REDUCCIÓN DE RESIDUOS**

**Línea de investigación:**

**MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS NATURALES**

**Autor:**

Gerson Ariel Valle Bustillos

Michele Paulina Quispe Morales, Dis. Mg.

CC. 1802530582

**CALIFICADOR**

f. 

Daniel Marcelo Acurio Maldonado, Ing. Mg.

**CALIFICADOR**

f. 


Juan Carlos Palacios Proaño, Ing. Mg.

**CALIFICADOR**

f. 

Galo Mauricio López Sevilla, Ing. Mg.

**DIRECTOR ESCUELA DE INGENIERÍAS**

f. 

Diego Gonzalo Coca Chanalata, Dr.

**SECRETARIO GENERAL PUCESA**

f. 

**Ambato – Ecuador**

**Septiembre 2024**

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a los problemas cotidianos y a las personas que poseen el carácter para enfrentarlos, a cada una de las personas que se levantan día a día con el ferviente estímulo de dejar huella positiva en el mundo, a cada uno de los rebeldes, locos, criticados, enamorados y visionarios que construyen desde su obstinación por crear un mañana mejor. A ellos les dedico este trabajo, porque son la fuente de mi inspiración, personajes que no se conforman y que no se dejan abatir por el primer límite que encuentran en el trayecto, si no que su obstinación llega a tal punto de crear otro camino y otro camino, hasta llegar a la meta.

Este trabajo también está dedicado a mis padres y al niño que criaron con tantas ganas de superarse, a ese niño que tanto admiro. Dedico este trabajo a mi yo de 12 años, a ese niño de 1,20 m. Te dedico este trabajo porque creo que estarías orgulloso de lo que hemos logrado juntos.

## AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud, quiero comenzar agradeciendo a mis padres por su incansable labor. Honro cada día que se acostaron pasadas las 12 am por verme cumplir un sueño, es mi deber ser grato con su esfuerzo y cuidados, su cariño y sus instrucciones, por permitirme estar en una universidad que se convirtió en mi casa y que me ha abierto muchas puertas, para estar cada día más cerca de cumplir un propósito de vida. A mi hermana, por ser mi fuente de motivación, mi apoyo y mi socia, la primera persona en confiar en mí. También le agradezco a mi hermano, quien me enseñó que la vida ya no me puede insultar tan duro y que aún tengo que seguir trabajando en mi crecimiento personal hasta ser un ejemplo de que se puede triunfar en la vida con un corazón noble.

Como es de esperarse, también agradezco a mi abuelita, por apoyarme con su bendición al salir de casa y por cada una de las oraciones que haya hecho por mí, a pesar de yo haberme alejado de Dios. A mi mascota, por acompañarme en los paseos nocturnos al parque en donde mi mente se despejaba. De igual forma, me gustaría agradecer a todos los docentes que intervinieron en mi desarrollo académico, especialmente a mi directora de trabajo de grado la Mg. Michele Quispe, así como al Mg. Juan Carlos Palacios quien me heredó la filosofía de que “Dios está en los detalles”.

No olvido ninguna muestra de bondad hacia mí, y aunque pueda parecer exagerado agradecer de esta manera, al iniciar este proyecto no imaginé a quién incluiría en esta sección. Sin embargo, omitir a quienes merecen ser mencionados sería un error. Por ello, agradezco a todas y cada una de las personas que aportaron a este proyecto, representadas aquí por su inicial.

AAAAAABBBCCDDDDDDDEEEFFGHJJJJJJKKKLLMMMNNPPPRSSS  
VY

A todos los que intervinieron con un granito de arena en esta etapa, les extiendo mis sinceros agradecimientos. Que la vida les acurruque y consuele como madre,

les exija y lleve a la perfección como padre, les motive de forma inmensurable como hermana, les enseñe a gozar sin preocupaciones como un hermano, los escuche de forma activa como un buen amigo y les enseñe que el amor incondicional si existe como una mascota.

## RESUMEN

El presente proyecto afronta una problemática relevante en el contexto del calentamiento global, la creciente acumulación de desechos orgánicos en la zona urbana de la ciudad de Ambato, Ecuador. Por ende, el documento recopila una información relevante, resultado de una investigación con enfoque cualitativo y descriptivo, generando así la propuesta de diseño de vermicomposteras domésticas inteligentes que integren tecnologías del Internet de las Cosas (IoT), con la finalidad de optimizar el proceso de transformación de estos residuos en un importante abono natural de alta calidad, el humus de lombriz.

Para el diseño de la vermicompostera, se aplicó la metodología de *Design Sprint*, la cual posee un carácter ágil, lo que permite el desarrollo de proyectos, incluyendo la fase de validación, en un corto período de tiempo. De esta forma, el diseño se centró en la funcionalidad, facilidad de uso, durabilidad y estética, implementando materiales resistentes y de fácil mantenimiento como el plástico reforzado con fibra de vidrio. Así mismo, se incorporaron sensores de monitoreo que controlen parámetros clave para obtener condiciones óptimas de producción de humus.

Los resultados de la validación del prototipo fueron altamente positivos, con un 90% de los usuarios expresando su satisfacción con el diseño y un 80% considerando los indicadores de estado como claros y útiles. El proyecto concluye que la vermicompostera doméstica con tecnología IoT es una alternativa viable y eficiente para fomentar la gestión sostenible de residuos orgánicos en hogares urbanos, promoviendo prácticas sostenibles y contribuyendo a la reducción de residuos enviados a vertederos.

**Palabras clave:** vermicompostaje, tecnologías iot, gestión de residuos, diseño industrial, sostenibilidad.

## ABSTRACT

*This project addresses a relevant issue in the context of global warming: the increasing accumulation of organic waste in the urban area of Ambato, Ecuador. Therefore, the document compiles relevant information, resulting from a qualitative and descriptive research approach, generating the design proposal of smart domestic vermicomposters that integrate Internet of Things (IoT) technologies, with the purpose of optimizing the transformation process of this waste into a high-quality natural fertilizer, vermicompost.*

*For the design of the vermicomposter, the Design Sprint methodology was applied, which has an agile character, allowing the development of projects, including the validation phase, in a short period. Thus, the design focused on functionality, ease of use, durability, and aesthetics, implementing resistant and easy-to-maintain materials such as fiberglass-reinforced plastic. Likewise, monitoring sensors were incorporated to control key parameters to obtain optimal humus production conditions.*

*The results of the prototype validation were highly positive, with 90% of users expressing their satisfaction with the design and 80% considering the status indicators clear and useful. The project concludes that the domestic vermicomposter with IoT technology is a viable and efficient alternative to promote sustainable organic waste management in urban homes, promoting sustainable practices and contributing to the reduction of waste sent to landfills.*

**Keywords:** *vermicomposting, iot technologies, waste management, industrial design, sustainability.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA .....	4
1.1. Compostaje.....	4
1.2. Vermicompostaje .....	7
1.3. Vermicompostaje y sus elementos .....	9
1.4. Tecnologías del internet de las cosas [IoT].....	13
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO .....	18
2.1. Enfoque de investigación.....	18
2.2. Diseño de la investigación .....	19
2.3. Grupo de estudio .....	20
2.4. Recolección de la información .....	22
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.1. Análisis del usuario .....	42
3.2. Análisis de resistencia.....	47
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES .....	53
BIBLIOGRAFÍA .....	55
ANEXOS .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tabla de PH .....	8
Figura 2 Órganos de la lombriz californiana.....	9
Figura 3. Vermicompostador doméstico "tipo bandejas" .....	10
Figura 4. <i>Moodboard</i> .....	37
Figura 5. Propuesta seleccionada .....	40
Figura 6. Modelado 3D en ARki .....	40
Figura 7. Estructura metálica base.....	41
Figura 8. Proceso de prototipado .....	41
Figura 9. Encuestado en fase de validación.....	42
Figura 10. Experiencia web de validación de producto .....	43
Figura 11. Desplazamiento módulo de compostaje.....	48
Figura 12. Coeficiente de seguridad de módulo de compostaje.....	49
Figura 13. Factor de seguridad de estructura base.....	50
Figura 14. Desplazamiento de estructura base .....	50
Figura 15. Web de avances vermicompostera Metodología Design Sprint .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de productos similares.....	11
Tabla 2. Soluciones de negocios que utilizan IoT .....	16
Tabla 3. Grupo de expertos para entrevistas .....	20
Tabla 4. Resultados de entrevista a expertos IoT .....	24
Tabla 5. Resultados de entrevista a experta en Agropecuaria .....	24
Tabla 6. Resultados pregunta 1 .....	25
Tabla 7. Resultados pregunta 2 .....	26
Tabla 8. Resultados pregunta 3 .....	26
Tabla 9. Resultados pregunta 4 .....	27
Tabla 10. Resultados pregunta 5 .....	28
Tabla 11. Resultados pregunta 6 .....	28
Tabla 12. Resultados pregunta 7 .....	29
Tabla 13. Resultados pregunta 8 .....	30
Tabla 14. Proceso de desarrollo metodología <i>design sprint</i> .....	35
Tabla 15. Tabla de necesidades y requerimientos .....	36
Tabla 16. Matriz de decisión.....	39
Tabla 17. Resultados validación usuarios .....	43
Tabla 18. Parámetros de módulo de compostaje .....	48
Tabla 19. Parámetros de estructura base .....	49

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el planeta se enfrenta a desafíos cada vez más acuciantes, entre los que se encuentra la gestión de residuos y la sostenibilidad ambiental. Las cifras ascendentes en cuanto a acumulación de desechos orgánicos en los hogares, se presenta como uno de los factores más preocupantes debido a su gran impacto en el mundo, con relación a la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación del suelo y agua, y el desperdicio de recursos. En este contexto, una de las soluciones apropiadas para la reducción de estos restos se manifiesta en su transformación en elementos de uso productivo.

Para ejemplificar la magnitud de esta problemática según datos del boletín técnico de Cando (2021), en el 2020 se registran 12 612.5 toneladas diarias de residuos sólidos en Ecuador, de las cuales el 14.4% se los gestiona de forma diferenciada, lo que equivale a 1 818 toneladas por día; a su vez, el 60.5% es de origen orgánico, correspondiente a 1 099 toneladas, lo que en proporción son 73 camiones de basura, cuya capacidad es de 15 000 kg aproximadamente. En otros términos, el problema se desenvuelve a una escala cada vez más preocupante, debido a que la acumulación de este material es el resultado frecuente de la mala gestión de residuos orgánicos.

Como se mencionó, la solución se establece en torno a la transformación del material orgánico en un elemento que aporte al planeta contribuyendo a la seguridad alimentaria, cuidado medioambiental y producción sostenible. Por tal motivo, se presenta al vermicompostaje como una medida idónea a la gestión de residuos orgánicos, siendo una herramienta eficaz al convertir la materia desechada en un abono rico en nutrientes, producido por la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Es menester mencionar que la efectividad de la solución presentada se sustenta en la revisión de documentos y proyectos de similares características, en donde se destaca el trabajo de Martín (2023), el cual se presenta como el referente a mejorar, cumpliendo con lo mencionado en el presente proyecto en cinco aspectos: capacidad, facilidad de uso, indicadores de estado, modularidad e implementación de sensor de pH.

Con esto, el problema por solventar está basado en un enfoque cualitativo, detallado en el Capítulo II del presente documento, esta modalidad formula un proceso de descubrimiento y recopilación de data sin necesidad de unidades numéricas, con la descripción e interpretación desde los ojos de los participantes. De esta forma, se manifiesta una investigación flexible en la que no se puede poseer ideas preconcebidas frente a los datos proporcionados por los usuarios, promoviendo de esta forma un enriquecimiento de significados y representaciones en el diseño de productos.

Entonces, el proyecto surge como respuesta a la necesidad por desarrollar soluciones innovadoras que promuevan la gestión sostenible de residuos orgánicos a nivel doméstico, sumado a la relevancia de incluir conceptos y herramientas industriales 4.0, para optimizar y controlar el proceso de compostaje, debido a que la solución precisa de una verificación apropiada de valores de temperatura, humedad y pH. De tal forma, la integración de tecnología del internet de las cosas [IoT] en las vermicomposteras, tiene el potencial de reducir limitaciones y facilitar la adopción de esta práctica ecológica.

Con esta premisa, se suma a los enfoques cualitativos y descriptivos, una metodología de investigación – acción, en donde se involucra a los usuarios en el diseño, implementación y evaluación de la vermicompostera. La recopilación de información se complementó con entrevistas a expertos en agropecuaria y tecnologías IoT, con encuestas a usuarios potenciales, y con la observación directa del comportamiento de individuos en la gestión de desechos orgánicos en sus hogares, con la finalidad de medir parámetros para el proceso de compostaje. Esta combinación permitió obtener una comprensión clara de las necesidades, la eficacia de la tecnología y los factores que influyen en la adopción del vermicompostaje doméstico.

En consecuencia, el proyecto adopta como objetivo general el diseñar una vermicompostera doméstica apoyada en tecnologías IoT para reducción de residuos orgánicos, con el carácter firme de promover la conciencia ambiental y adopción de prácticas sostenibles mediante un dispositivo eficiente y de fácil uso.

Por otra parte, con lo que respecta a los objetivos específicos, se declaran los siguientes:

1. Identificar las condiciones apropiadas en la producción de humus de lombriz para desarrollar un sistema de control eficaz mediante tecnologías IoT en zonas urbanas.
2. Analizar las necesidades de gestión de residuos en el área doméstica de Ambato para comprender los requisitos que debe cumplir una vermicompostera.
3. Diagnosticar las características óptimas a nivel de materiales y estructura para la conformación de vermicomposteras de uso doméstico.
4. Desarrollar una vermicompostera doméstica apoyada en tecnologías IoT para reducir la cantidad de residuos orgánicos en viviendas de la ciudad de Ambato.

Para la consecución de la vermicompostera, la metodología de diseño a emplear es el *Design Sprint*, un proceso ágil que permite desarrollar y validar prototipos en plazos cortos de tiempo. Esta se divide en cinco fases (Comprender, bocetar, decidir, prototipar y validar), facilitando la toma de decisiones por la retroalimentación de los usuarios y revisiones técnicas. Mediante estos pasos se busca obtener un producto funcional, eficiente, estético y fácil de usar; satisfaciendo las necesidades y expectativas de los consumidores. A su vez, se destaca, durante el proceso de diseño, la revisión de materiales apropiados y de carácter sostenible, así como la selección oportuna de tecnologías IoT para el monitoreo y control de las condiciones ambientales dentro de la vermicompostera, a través de un diseño intuitivo para una óptima experiencia del usuario.

En la fase de "Prototipar", se materializó el boceto seleccionado, enriquecido por una matriz de decisión y la retroalimentación de expertos, en un proceso iterativo de experimentación y mejora continua. La validación, estimó la viabilidad y funcionalidad, utilizando herramientas digitales y prototipos de alta fidelidad, garantizando el cumplimiento de los objetivos de usabilidad y sostenibilidad, culminando así la investigación y el desarrollo de este proyecto.

## **CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA**

### **1.1. Compostaje**

En un mundo globalizado, la acción pertinente del ser humano por preservar el suelo, aportando así al cuidado medioambiental con propósitos productivos a mediano y largo plazo es el principal reto de las autoridades y sus comunidades, es así como el incremento de la fertilidad es una dificultad para América Latina. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] es la principal gestora de propuestas para lograr el objetivo presentado, anunciando el manual de compostaje del agricultor en el 2013.

Entonces, es apropiado definir el término compostaje, el cual, según la FAO (2013), es un conjunto de procesos biológicos en los que intervienen cambios químicos para la producción de energía, los cuales están asociados a condiciones aeróbicas, es decir, con presencia de oxígeno, humedad y temperatura, lo que transforma el desecho orgánico en materia de fácil asimilación para las plantas. Hay que destacar la cantidad de nitrógeno [N] y carbono [C] que esta utiliza para la obtención de bioenergía, en donde existe además la presencia de calor, que bajo control se denomina compost.

Por tanto, se puede mencionar que, el compostaje es una transformación con procesos metabólicos de materia orgánica en una biomasa útil para la recuperación de suelos degradados. En este sentido, es menester señalar las diferencias entre fertilizantes, abono y compost, puesto que se suele asociar recurrente al mismo propósito. Honobe (2013), menciona que la diferencia radica en que el fertilizante aporta al crecimiento rápido de la planta, mientras que el compost tiene su principal función en el suelo, así se facilita la penetración radicular, su aireación y la producción de nuevos nutrientes.

Adicionalmente, la distinción entre abono y compost radica en la manera en que cada uno desempeña su función, de acuerdo a la FAO (2013), el abono, ya sea orgánico o químico, optimiza la fertilidad del suelo mediante el suministro de

nutrientes específicos, mientras que, el compost recupera la calidad y fertilidad del suelo en cuanto a sus cualidades para la producción, es decir, el compost mejora la capacidad del suelo; otra diferencia es que el compost siempre es orgánico, mientras que el abono se lo puede encontrar en las dos presentaciones ya mencionadas.

En el mismo sentido, se destacan las distintas vías por las que el compostaje puede intervenir la materia orgánica y los elementos que se obtienen de estos procesos. Pastor (2019), declara que las vías metabólicas del compostaje van desde la mineralización, humificación o una degradación parcial, siendo viable por respiración aeróbica, anaeróbica o la conocida fermentación. De forma que, su correcta ejecución de como resultado una transformación del 50% del material orgánico en agua, dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>], minerales y energía. El 50% restante se divide en sustancias húmicas y moléculas orgánicas menos complejas.

Coyachamín (2021), establece que un compost obtenido mediante lombrices californianas se destaca como un fertilizante ecológico que tiene efectos altamente positivos tanto en el crecimiento de las plantas como en su impacto en el suelo, ya sea por nutrientes o por la presencia de microorganismos beneficiosos. Además, bajo el texto de la FAO (2013), la lombricomposta es capaz de disolver minerales insolubles y de degradar compuestos orgánicos complejos, como la celulosa, en composiciones más simples para una mejor asimilación. También se pueden señalar algunas diferencias entre el compostaje y el vermicompostaje, si bien poseen muchas ventajas y beneficios en común, no son iguales. El documento Reciclo orgánicos (2020), reseña que el lombricompostaje hace uso de lombrices para el proceso de degradación de la materia orgánica, mientras que el compost tradicional, precisa de oxígeno para el proceso biológico.

Asimismo, se puede apreciar una importante ventaja por parte de la lumbricultura, en relación con el tiempo de obtención del componente, pues tarda entre 3 a 4 meses en formarse, en relación con los 6 meses en que se obtiene el compost (Reciclo orgánicos, 2020). Además, Santos & Urquiaga (2013), afirman que el

vermicompost es más nutritivo, teniendo una relativa tolerancia a medios ácidos y resistencia a pequeñas concentraciones de metales pesados.

Bajo las palabras de Salinas, León, Pérez, & Yagello (2018), el vermicompostaje se establece como una biotécnica en la que se involucra a la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la fabricación de humus, debido a su buena digestión. Este proceso consta de tres etapas: alimentación, procesado y obtención del vermicompost. Sin embargo, es importante señalar que las lombrices precisan de un ciclo de 90 días por su rápida reproducción, que consta de las siguientes fases: Acoplamiento (3 días), formación de capullos (incubación de alrededor de 21 días), eclosión de lombrices, desarrollo de clitelo (90 días) y repite el proceso.

Prada & Martínez (2022), resaltan de entre tantas cualidades positivas al impacto efectivo en la estructura del suelo, dotando de forma directa una mejor aireación e influencia en la humedad. Además, los autores añaden que, debido a su origen natural, existen casos en los que actúan como fungicidas e incluso bactericidas. Así mismo, cumplen con factores que se asemejan al abono en el aporte de nutrientes y macronutrientes, influyendo en el factor económico al producirlo en casa.

El autor Pastor (2019), señala otros beneficios del compost que también pueden ser aplicados al humus, tales como: la preparación de medios de cultivo, sustratos para hortícolas, efectos positivos en la fijación de nitrógeno, biofiltros de aire y olores, y prevención de enfermedades al replantar. Garantizando con su implementación, la producción agrícola en las zonas urbanas, debido a la promoción de suelos saludables, con niveles apropiados de nutrientes y reducción de enfermedades para las plantas. Así mismo, Reciclo orgánicos (2020) sostiene que este proceso disminuye las emisiones de gas metano y produce ahorro municipal.

En conclusión, se puede afirmar que la lumbricultura, emerge como una estrategia para la gestión de residuos orgánicos, reiterando que es un proceso biológico apropiado para la reducción de residuos orgánicos y obtención de humus, rico en nutrientes que favorece la fertilidad del suelo de forma natural, lo cual se traduce

en un alto valor agronómico en la producción sostenible de alimentos. Por tanto, se hace hincapié en que su implementación y promoción tiene implicaciones significativas en la sostenibilidad medioambiental y seguridad alimentaria del mañana.

## **1.2. Vermicompostaje**

Pastor (2019), menciona cinco parámetros relevantes en el proceso de compostaje, que son: aireación, humedad, temperatura, potencial de hidrógeno (pH) y constituyentes, aclarando la labor de los microorganismos o lombrices, en la generación de humus, con relación a la disponibilidad de oxígeno, en donde señala que en concentraciones altas facilita la proliferación de agentes para procesos de biooxidación en la búsqueda de energía. Sin embargo, también esclarece que, en entornos con bajas cantidades de oxígeno, las lombrices entran en latencia, perjudicando la producción de humus. Ahora bien, el agua transporta nutrientes y es el medio apropiado para las reacciones bioquímicas, por lo que resulta congruente controlar sus niveles. Para el caso de la lombricomposta, Salinas, León, Pérez, & Yagello (2018) enmarcan que, el valor óptimo ronda entre el 70 y 80%, asumiendo que una humedad inferior a 55% produce la defunción de las lombrices.

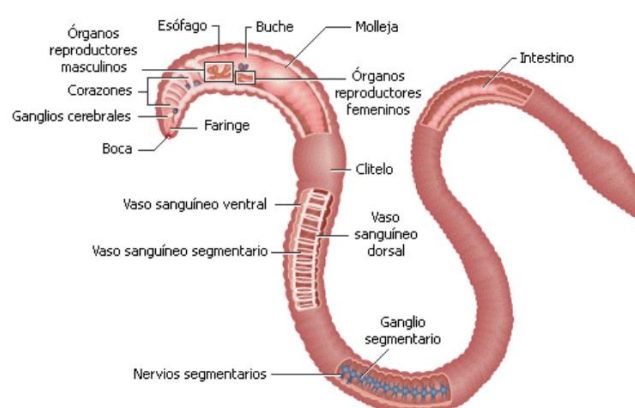
En relación con la temperatura, tanto Salinas, León, Pérez, & Yagello (2018) como Pastor (2019) concuerdan en que es el factor más relevante en la actividad de reproducción de población de lombrices, señalando que a mayores temperaturas los procesos serán más rápidos, facilitando la ruptura de compuestos orgánicos; por otra parte, esta facilita la reproducción de lombrices y la fecundidad de los cocones, siendo capaces de soportar temperaturas entre 0 y 30°C, estando el idóneo en los 20°C, aseverando también que las temperaturas bajas disminuyen la productividad.

En adición, el pH, acorde a Chávez & Tréboles (2023), es la variable que dictamina la dinámica de procesos microbianos, consolidando su importancia en la medición de la aireación y liberación de ácidos en condiciones anaeróbicas. Así mismo, se resalta que es ácido cuando posee un pH inferior a 7 y alcalino cuando es superior,



la lombriz es capaz de ingerir de forma diaria lo equivalente a su propio peso, con la capacidad de transformar hasta el 60% en humus. Así mismo, en su reproducción, estas depositan un huevo cada 7 días, el cual eclosiona en pocas semanas con un aumento de entre uno y veinte pequeños gusanos blancos de pocos milímetros. Con esto se puede afirmar que son capaces de duplicar su población inicial rápidamente. Para comprender su digestión, visualizar la Figura 2.

**Figura 2** Órganos de la lombriz californiana



Fuente: tomado a partir de Santos & Urquiaga (2013)

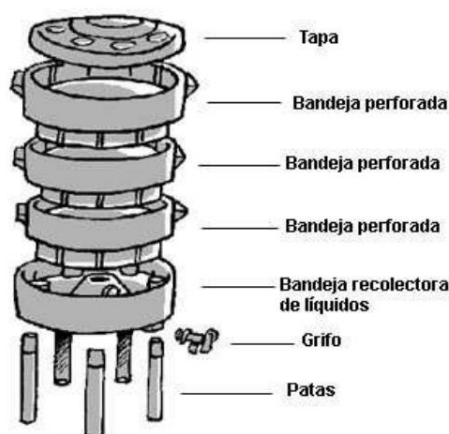
### 1.3. Vermicompostaje y sus elementos

Santos & Urquiaga (2013), señalan que para el funcionamiento del lombricompostaje de forma doméstica se requiere de cuatro elementos: un recipiente adecuado, una población de lombrices rojas californianas, restos orgánicos y condiciones óptimas previamente presentadas.

Así mismo, el autor contribuye con un modelo de lombricompostera doméstica, Figura 3, en donde se resalta su funcionamiento “tipo bandejas”, las cuales se encuentran apiladas y poseen una multitud de agujeros que permiten el flujo de lombrices entre los niveles. Además, se resalta el compartimiento inferior, mismo que está destinado a líquidos, por lo que se coloca una llave o grifo para el desfogeo de lixiviado, el cual también sirve como abono de plantas. En la sección superior posee una tapa con pequeñas aberturas para el ingreso de aire; sin embargo, el

compostador tendrá una tapa siempre cerrada, para evitar la luz, la acumulación de agua por lluvia y la presencia de insectos.

**Figura 3.** Vermicompostador doméstico "tipo bandejas"



Fuente: tomado a partir de Santos & Urquiaga (2013)

El autor, dirige su documento a la ubicación que tendrá el contenedor o vermicompostador, exteriorizando la exigencia de un lugar que no esté expuesto a temperaturas extremas ni a la lluvia; así mismo, recomienda que tenga un fácil acceso para su revisión periódica como: la terraza, el balcón o el garaje. Por otra parte, añade que se debe colocar una manta u alfombra vieja en épocas de altos niveles de frío, mientras que en verano se tendrá que cuidar a las lombrices del sol, con el uso de un tol o similar.

Además, se infiere en que todos los componentes son fáciles de ensamblar, cubriendo los agujeros de donde se colocan las lombrices con un cartón, estimando una población de 500 unidades adultas como mínimo, de forma que, a medida que se vayan llenando las bandejas, las lombrices se trasladen a otro recipiente con mayor cantidad de alimento. Ahora bien, se debe considerar que, pese a la gran velocidad con la que ingieren y transforman el alimento, se debe procurar controlar la cantidad para que no exista putrefacción.

Otro punto, es el mantenimiento, el escritor hace énfasis en la humedad de la vermicompostador, contribuyendo en que se debe remover y añadir material seco como los sobres de café e infusiones, así como cartón troceado proveniente de las

hueveras. También apuesta por cubrir el lecho superior con periódico o una camiseta vieja cuya composición sea de algodón, esta se debe humedecer previamente para que no se seque. Otro consejo es el trocear lo mejor posible los restos orgánicos con dos finalidades, facilitar la ingesta de las lombrices y brindar comodidad en la remoción de los residuos.

La FAO (2013) ratifica estas características y adiciona algunos utensilios para el control y mantenimiento, tales como: rastrillo, guantes, regadera, pala, cesta para residuos, tijeras de podar, cedazo, termómetro y una biotrituradora doméstica. Martín (2023) añade que el tamaño de las partículas de los desechos orgánicos no debe superar los 5 cm, ni estar aceitosos o con exceso de dureza, debiendo presentar una alcalinidad apropiada para logra un humus de textura fina.

Ahora bien, Martín (2023), lleva a cabo una descripción apropiada del tipo de lombricompostera a desarrollar, en donde se analizan ciertos parámetros a tomar en cuenta. Con este fin, la autora añade que la capacidad apropiada del contenedor para un hogar de 3 a 4 personas, cuyo rendimiento diario de residuos de material orgánico es de 300 a 600 g de residuos orgánicos, es de 19 769 cm<sup>3</sup>, visualizar la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de productos similares

<b>Características de vermicompostador IOT</b>	
<b>Descripción General</b>	Dispositivo capaz de transformar residuos orgánicos mediante el uso de lombrices californianas y microorganismos
<b>Capacidad</b>	19 769 cm <sup>3</sup>
<b>Altura</b>	De 32 a 37 cm. Esta es la dimensión ergonómica que se adapta al usuario y se utiliza con la finalidad de colocarlo bajo el fregadero de la cocina o sobre la encimera, lugares cómodos para el individuo en su uso.
<b>Módulos</b>	Posee tres módulos, material orgánico, humus sólido y humus líquido. Se aclara que cada módulo debe poseer una bandeja y una tapa frontal
<b>Hardware</b>	Sensores: temperatura y humedad Dispositivos: Agitador de material orgánico, indicador led y conexión inalámbrica a aplicación
<b>Complementos necesarios</b>	Aplicación de control en tiempo real, con sistema de notificación de alertas y contenido educativo.

Fuente: modificado a partir de Martín (2023)

En complemento, la autora también describe algunos alimentos que no son aptos para el proceso de transformación por este método, como: la cáscara de huevo, el

pan (debido a la humedad que absorbe), la carne, los productos de origen lácteo y los aceites o grasas; en contraparte con los restos de frutas y vegetales, las bolsas de té, el cartón y periódico (en cantidades moderadas), hueso de frutos como el durazno o el aguacate y la tierra.

Así también es apropiado conocer ciertos parámetros con respecto a los materiales para el desarrollo de vermicomposteras, como el caso del contenedor con clasificador automático de Salinas, León, Pérez, & Yagello (2018), cuya estructura está fabricada en aluminio y acrílico, añadiendo vinilos como decoración y recubrimiento; no obstante, se debe prever los lugares de ubicación, para evitar sobrecalentamientos o un mal aislamiento térmico. Por otra parte, Martín (2023), plantea Sustenta Vermi, con un cuerpo base, cuerpo interior, carcadas y bandejas, hechos en polímero reciclado bajo un proceso de inyección; además, también se emplea acero inoxidable, debido a su durabilidad e higiene, resaltando que no se llegó a consolidar con los materiales mencionados, sino que se generó un prototipo beta hecho de aluminio e impresión 3D con PLA Y ABS.

En otro caso, Singh (2023), destaca al cemento como el agente principal en la construcción del tanque o contenedor, complementado con madera o plástico, añade una serie de agujeros en su parte inferior y una pendiente para la recolección de líquidos sobrantes, también menciona el uso de un techo de paja o una lámina de polietileno, con la finalidad de proteger el vermicompostador de la luz solar directa y de la lluvia. Con esto presente, se puede inferir que el producto puede tener varios materiales aptos para su fabricación.

Entonces, se puede concluir que el proceso de vermicompostaje resalta por sus cuatro componentes: contenedor, lombrices rojas, restos orgánicos y condiciones óptimas, también se infiere en aspectos relevantes como su localización y mantenimiento; por consiguiente, es importante emplear materiales durables y eficientes. Con esta información se tiene una visión integral y técnica de los elementos fundamentales a manejar para el desarrollo de la vermicompostera doméstica.

#### 1.4. Tecnologías del internet de las cosas [IoT]

El mundo está cambiando a un ritmo acelerado, bajo lo descrito por Ynzunza, Izar, Bocarando, Aguila & Larios (2017), el concepto de Industria 4.0, propone una estrategia económica gubernamental de vanguardia, cuyas características son la convergencia de tecnologías de manufactura y sistemas informáticos, integrados por sistemas ciber físicos, maquinaria inteligente, productos conectados y tecnología IoT. Así mismo se produce la revolución de la inteligencia artificial dotando de una nueva competitividad en la cadena de valor del sector industrial.

En este sentido los países han migrado a diferentes modelos de desarrollo socioeconómico, para los autores Montiel, Nayeli, Rubén & Fernández (2021), este fenómeno se ve reflejado de forma directa en la industria agrícola, siendo en la agricultura orgánica y la agricultura familiar en donde persisten ventajas en términos de producción alimentaria, bajo el concepto de la agricultura de precisión, lo que implica la implementación de tecnologías avanzadas en la búsqueda de optimizar la gestión de los cultivos y su rendimiento, por lo que hace alusión a la industria 4.0, así como el uso de la inteligencia artificial, el IoT, el análisis de grandes volúmenes de datos y la automatización robótica.

Los autores definen a la cuarta revolución industrial como una reconfiguración de la organización industrial, enfocada en alcanzar la mayor eficiencia y celeridad. En consecuencia, se puede inferir en que se requiere de la captación de datos a través del internet de las cosas, la nanotecnología, la inteligencia artificial [IA] y el empleo de la *blockchain* en la transferencia de información y recursos. Por lo tanto, esto ofrece beneficios significativos a la industria agrícola, en la mejora de la eficiencia, abriendo oportunidades comerciales y optimizando el uso de recursos, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la conservación ambiental. Es así como, Salazar & Silvestre (2016), definen que esta tecnología abarca la interconexión de objetos comunes, dispositivos y sensores con la capacidad de establecer comunicación y compartir información a través de la red del internet.

García (2021), sostiene que las tecnologías IOT representan una amalgama de interconexiones de entidades físicas, buscando propiciar la diseminación de información, esto se sostiene bajo un fundamento multifacético de cinco esferas esenciales: la sensorización, la comunicación, el alojamiento en la nube, la capacitación de máquinas y la inteligencia artificial. Por lo tanto, su aporte radica en su capacidad de potenciar la productividad así como su gran apoyo en la toma de decisiones y la mejora continua en la comodidad y calidad de vida de los individuos.

De tal modo, se puede introducir sensores y microcontroladores que facilitan la implementación de la tecnología en productos de consumo doméstico. En este sentido, se puede hablar sobre los microcontroladores de mayor estandarización en proyectos de IoT, como el arduino uno o el ESP32, el cual se presenta como una mejor opción de acuerdo a lo señalado a continuación. Para este fin, Benito (2019) describe el segundo como un microcontrolador de bajo costo creado por Espressif Systems, el cual ha impulsado el desarrollo de aplicaciones IoT gracias a su capacidad de conectarse mediante Wi-Fi y Bluetooth, haciendo mención a su doble núcleo de procesamiento y su eficiencia energética. Además, el autor adiciona que este chip no solo facilita la comunicación entre dispositivos, sino también ejecuta aplicaciones en tiempo real, presentando a este chip como una opción versátil en este tipo de proyectos. En comparación con su predecesor, el ESP8266, el ESP32 ofrece un rendimiento mejorado, mayor memoria y funciones adicionales como Bluetooth, más pines GPIO y sensores integrados. En conclusión, se puede establecer que este microcontrolador es una buena opción en proyectos IoT, configurando una opción eficiente con vista a las necesidades del proyecto.

En el mismo sentido, el autor aporta con la descripción de diversos entornos de desarrollo y lenguajes de programación. En primer punto, menciona el entorno ESP – IDF, desarrollado por Espressif Systems, mismo que ofrece una serie amplia de recursos y funciones especializadas, aunque se puede percibir como complicado para principiantes. En segundo lugar está Arduino IDE, siendo de fácil uso y amplia comunidad, con las limitaciones que implica en proyectos avanzados. Otros entornos como Duktape, Espruino y JerryScript ejecutan JavaScript, mientras que

MicroPython ofrece una alternativa sencilla basada en Python. LUA-NodeMCU y Zerynth son otras opciones que brindan flexibilidad y facilidad de uso para programar el ESP32. Por tanto, se puede afirmar que la elección del entorno y lenguaje dependerá de la experiencia del desarrollador y los requisitos del proyecto.

Por otra parte, Salazar & Silvestre (2016), proponen que la materialización exitosa del internet de las cosas se encuentra relacionada a una serie de desafíos y obstáculos cuya superación permite su implementación efectiva, retos como la confiabilidad, el rendimiento, la interoperabilidad, la seguridad, la escalabilidad y la normalización. De forma paralela se pueden mencionar, la carencia de conciencia y confianza en esta tecnología, así como las regulaciones por parte de los gobiernos y el elevado costo de su desarrollo. Sin embargo, el abanico de oportunidades puede ser notable para la innovación y la creación de valor económico, medioambiental y social a futuro.

En base a lo mencionado, González, Sofía, Laguía, Gesto & Hallar (2020), perciben al IoT como una tecnología disruptiva que orquesta los objetos conectados en la red global común, promoviendo su aplicación en diversos ámbitos, desde *Smart Cities* hasta el IoT industrial, véase tabla 2. Además, no hay que olvidar su aporte en entornos inteligentes con la automatización de hogares y oficinas insertando un cambio trascendental en nuestra vida cotidiana, fusionando el plano físico y el digital.

**Tabla 2.** Soluciones de negocios que utilizan IoT

Smart Cities	IoT Industrial	Entornos Inteligentes	Otros
Smart Grid	Agricultura Inteligente	Energía hogar	Individuo y colectivo: Dispositivos para el cuerpo en el ámbito deportivo, plataformas de interacción en línea y artículos extraviados.
Transporte y Logística	Invernaderos	Consumo de agua	Taxis y reparto autónomos.
Iluminación Inteligente	Hidroponía	Ambiente	Seguimiento de animales silvestres
Consumo inteligente de recursos hídricos	Acuaponía	Seguridad	
Manejo de desechos	Seguimiento de ganado	Apertura de accesos	
Vigilancia del entorno	Seguimiento de alimentos	Riego	
Bienestar conectado	Seguimiento de productos	Electrodomésticos	

Fuente: modificado a partir de González, Sofía, Laguía, Gesto, & Hallar (2020)

Así también el internet de las cosas plantea desafíos y preocupaciones en términos de seguridad sobre todo en la privacidad, dado que tiene la capacidad de recopilar analizar y utilizar los datos personales. Consecuentemente, la Unión Europea cuenta con un marco legal riguroso diseñado para cuidar los derechos de los ciudadanos, así mismo en Argentina, en el 2016, se dictó la Resolución SeTIC N°8/2016, con el Grupo de Trabajo de Servicios de Internet. Sin embargo, aún no se perfeccionan estas medidas siendo vulnerables frente a la carencia de herramientas de control del usuario (González, Sofía, Laguía, Gesto & Hallar, 2020).

Hassan (2015), menciona que la experiencia de usuario no es más que hacer amigable a la tecnología, algo que sea fácil y satisfactorio de usar, por consecuencia, algo útil. Además, afirma que la experiencia del usuario se fundamenta en hechos, siendo un proceso que facilita el manejo de un dispositivo con una experiencia agradable. Desde el punto de vista del Marketing, el autor lo promulga bajo tres aspectos: conceptos fundamentales, principios de diseño y metodologías centradas en el usuario, indicando el proceso y su implementación apropiada. Así mismo, sostiene que el diseñador precisa tener en cuenta las necesidades sintácticas (conoce el nombre de lo que busca) y semánticas (tiene el concepto formal en su mente). En otras palabras, resalta que para comprender y

entregar al usuario una excelente experiencia, se debe conocer los términos y metodologías centradas en el usuario.

Ahora bien, Hassan (2015), revela la relación esfuerzo – beneficio y manifiesta que, al diseñar bajo principios de usabilidad, se reduce al máximo el esfuerzo del usuario para concretar tareas, retirando las barreras de interacción, lo que soluciona la frustración del usuario. Entonces, el diseño se vuelve fundamental para facilitar la vida del usuario al ejecutar una acción o interacción con algún producto, físico o digital, retirando procesos complejos e innecesarios, pues el usuario debe ser motivado por el beneficio que recibe, al tener una relación directa con el producto y su tolerancia al esfuerzo durante su utilización.

## **CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **2.1. Enfoque de investigación**

En base a la proyección del presente proyecto, el enfoque en el que se sustenta es el cualitativo, esta modalidad según Vilchis (2002), hace uso de datos sin especificar una unidad numérica para el proceso de descubrimiento o retoque de preguntas en la etapa de investigación, considerando su posterior interpretación. Además, se puede mencionar que, entre sus principales facultades están la descripción, comprensión e interpretación desde la perspectiva de los involucrados.

En adición, la autora nos dirige a un diseño de investigación flexible, mismo que es retroalimentado durante el trabajo, sugiere complementar los datos con narraciones, textos, significados, piezas audiovisuales e incluso objetos de carácter personal, para profundizar la información. Por otra parte, establece que, en la sección del análisis de datos, el investigador no debe poseer ideas preconcebidas de las variables y su comportamiento, por el contrario, se integran en una base de datos en el que se describe los significados y fenómenos desde los actores.

Por otra parte, el presente estudio se enmarca en un enfoque descriptivo, basado en el texto de Guevara, Verdesoto & Castro (2020), con este se detallan las características fundamentales de conjuntos de cosas que poseen similitudes, siendo un proceso ordenado, que conforman criterios sistemáticos. Centrado en lombricomposteras de uso doméstico con tecnologías IoT, este alcance resulta pertinente para delinear aspectos claves del producto, tales como tamaño, forma, capacidad y materiales de construcción. Asimismo, describe el comportamiento de los dispositivos bajo diversas condiciones ambientales, incluyendo temperatura, humedad y luz, y cómo estos factores inciden en la producción de compost.

También tiene la capacidad de recolectar y organizar información proveniente de instrumentos de recopilación de datos, como sensores para temperatura, humedad y luz, y sistemas de monitoreo remoto. Esta metodología contribuye a estructurar los datos de manera clara y concisa. Por último, la investigación descriptiva es un

recurso valioso para analizar los datos obtenidos, identificar patrones y tendencias en el comportamiento del producto, como las condiciones ambientales óptimas para la producción de compost y el potencial de mejora proporcionado por las tecnologías IoT. En síntesis, es una herramienta esencial para proyectos de investigación que demandan una descripción detallada y sistemática de los fenómenos en estudio.

La adopción del enfoque cualitativo provee flexibilidad y constante retroalimentación, centrándose en el descubrimiento y refinamiento de preguntas sin depender de unidades numéricas, alineado con metas de descripción e interpretación desde la perspectiva de los participantes. El enfoque descriptivo justifica la capacidad para detallar características cruciales de las vermicomposteras domésticas con tecnologías IoT, proporcionando una base sistemática para analizar patrones y tendencias en su comportamiento, contribuyendo así a resultados significativos y aplicables.

## **2.2. Diseño de la investigación**

Por otra parte, el proyecto se enmarca en un diseño de investigación-acción, el cual, según Guevara, Verdesoto & Castro (2020), es una metodología destinada a abordar problemáticas prácticas en contextos reales, centrandose su atención en la intervención de los implicados en el estudio, esta plantea la incorporación de los usuarios en las fases de diseño, ejecución y valoración de los equipos, asegurando que los dispositivos se adapten a las necesidades y afinidades de los beneficiarios, simplificando su uso y mantenimiento. Además, la investigación-acción se emplea para evaluar el impacto de las tecnologías IoT en los usuarios y en la eficiencia de las lombricomposteras, pues se utiliza para recopilar datos relevantes, como: la frecuencia de uso de la vermicompostera, la cantidad de materia orgánica procesada y la calidad del compost producido, elementos esenciales para evaluar la efectividad de las tecnologías IoT en la optimización de su operabilidad y rendimiento.

Finalmente, la investigación-acción identifica las barreras y desafíos que enfrentan los usuarios en el manejo de las lombricomposteras, proponiendo soluciones prácticas y efectivas para superarlos. Su aplicación permite identificar limitaciones de las tecnologías IoT en términos de accesibilidad, usabilidad y costo, proponiendo alternativas adecuadas para los usuarios. En resumen, la investigación-acción constituye una herramienta valiosa, pues busca una evaluación práctica y participativa de los fenómenos en estudio.

### 2.3. Grupo de estudio

El grupo de estudio desempeña un papel crucial para la aplicación de metodologías y la consecución de los objetivos de la investigación, aportando diversas perspectivas y experiencias, enriqueciendo la comprensión del fenómeno. La composición del grupo incluye a potenciales consumidores de las vermicomposteras, expertos en tecnologías IoT, y profesionales afines a la gestión de residuos y agropecuaria.

**Tabla 3.** Grupo de expertos para entrevistas

Entrevistado N°	Nombre	Datos generales
1	Mg. Daniel Acurio	Ingeniero Mecánico, Maestría en Diseño de Productos, Maestría Docencia y Currículo en Educación Superior. Experiencia laboral en Cemento Nacional, Pinturas Cóndor, Muebles León. Docente en varias universidades, 21 años de experiencia la PUCE Ambato.
2	Tgl. Melanie Hernández	Tecnóloga en Producción Pecuaria graduada en el Instituto Superior tecnológico Tungurahua, 3 años de experiencia en su campo laboral.

Fuente: elaboración propia

La selección del grupo de estudio para el proyecto se justifica por la diversidad de perspectivas que aportará cada participante. Es importante destacar la cantidad de habitantes en la ciudad de Ambato, la cual, según el Censo realizado en 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], asciende a 504 583 personas. De este total, el 65.4% reside en zonas urbanas, mientras que el 34.6% vive en áreas rurales. A su vez, se incluye a personas que gustan de la jardinería urbana, pues representan el segmento de usuarios que interactuarán con las

vermicomposteras en entornos domésticos. En adición, como el tamaño de población supera las 100 000 personas, se ha aplicado la fórmula para calcular el tamaño de muestra infinita, con un nivel de confianza del 95% (z), con una probabilidad a favor (p) y en contra (q) del 50%, con un rango de error del 5%, lo cual nos da como resultado una muestra de 384 personas. Sus experiencias diarias, hábitos de gestión de residuos y requisitos prácticos serán fundamentales para comprender la viabilidad y aceptación de estas tecnologías en los hogares.

Además, la participación de los expertos complementa este enfoque, así los especialistas en tecnologías IoT aportan con su conocimiento técnico para asegurar la integración efectiva de los sistemas, mientras que los profesionales en gestión de residuos ofrecerán una perspectiva crítica de la eficacia del vermicompost, garantizando una evaluación exhaustiva y equilibrada del producto.

La interacción activa de los participantes permite una inmersión en las dinámicas vinculadas a la implementación y uso de las vermicomposteras. Además, el diálogo con estos proporciona una riqueza de datos cualitativos, enriqueciendo la comprensión de sus percepciones, necesidades y desafíos, buscando no solo la observación objetiva, sino también la co-construcción de conocimiento con los participantes, generando así resultados más contextualmente relevantes y aplicables.

La metodología participativa adoptada en el estudio fomenta una colaboración activa entre los investigadores y los miembros del grupo de estudio. Esta colaboración no solo facilita la recopilación de datos cualitativos ricos y detallados, sino que también promueve la co-creación de soluciones adaptadas a las necesidades específicas de los usuarios. Al trabajar con los participantes, los investigadores pueden identificar y abordar los desafíos prácticos que surgen durante la implementación y uso de las vermicomposteras, asegurando que las tecnologías IoT se integren de manera efectiva y eficiente en los hogares.

## 2.4. Recolección de la información

La recolección de datos implica meticulosidad, en este sentido las encuestas y entrevistas ofrecen datos sobre la usabilidad de la vermicompostera, revelando necesidades o requerimientos para el diseño o funcionalidad del producto, así como para identificar las mejores prácticas y estrategias para su manejo. Feria, Matilla, & Mantecón (2020), mencionan que la entrevista es un método de investigación basado en la experiencia, que se caracteriza por el diálogo directo y personal para comprender las perspectivas de los individuos sobre un tema específico.

La integración de datos cualitativos proporciona una comprensión del apartado estético y funcional de las vermicomposteras, esta información es crucial para desarrollar un sistema óptimo que garantice la efectividad de la tecnología IoT. Las autoras agregan además que la entrevista posee un carácter opinático, en donde los factores a investigar son causas, consecuencias, soluciones y responsables del problema, el escuchar a técnicos y expertos avala la resolución de limitantes. Por otro lado, la aplicación de encuestas estructuradas tiene como finalidad obtener datos sobre la percepción y comprensión de las tecnologías IoT en las vermicomposteras domésticas, así como de gustos en el plano estético, puesto que el producto debe armonizar con los objetos del hogar, permitiendo recoger al investigador las perspectivas y encontrar un consenso.

Además, la aplicación de entrevistas a expertos agropecuarios y de tecnologías IoT, tienen la finalidad de prever obstáculos en el desarrollo del producto. Feria, Matilla, & Mantecón (2020), recomiendan la entrevista semiestructurada, que permite mantener preguntas predefinidas y al mismo tiempo formular nuevas en el momento del estudio, lo que amplía el panorama y mejora la investigación, pues permiten profundizar en la funcionalidad y la eficiencia de implemento. La información recabada ofrece una visión de la interacción del usuario con la tecnología, examinando los procesos de configuración, las rutinas de mantenimiento y las interacciones con la interfaz, identificando así oportunidades para simplificar y mejorar la experiencia general.

Adicionalmente, se llevarán a cabo observaciones directas de posibles usuarios en interacción con los residuos orgánicos de su hogar, manteniendo un registro sistemático de conductas, acciones y fenómenos. Bajo el criterio de Hernández, Fernández, & Baptista (1997), la observación es una herramienta que requiere el uso de los sentidos, para identificar comportamientos visibles y medibles, con su aplicación se puede determinar cómo, cuánto y con qué frecuencia se produce el residuo, lo cual es fundamental para el diseño y la implementación de sistemas eficientes.

### **Procesamiento y análisis de los datos**

El análisis y procesamiento de la información es crucial para extraer conclusiones válidas y aplicables, permitiendo identificar las mejores prácticas en el uso de las vermicomposteras y las áreas que requieren atención y mejora. Para garantizar la veracidad y precisión de los datos, es imperativo adoptar un enfoque metódico y reflexivo. La triangulación es una técnica robusta, que emplea múltiples metodologías y fuentes de datos para corroborar los resultados. La reflexividad requiere que se mantengan una autoconciencia crítica de los prejuicios potenciales, asegurando que estos no distorsionen el análisis.

### **Entrevistas**

La interpretación y análisis de datos constituye una etapa que transforma la información en conocimientos significativos, por tanto, se presentan los resultados obtenidos en las entrevistas a los expertos de cada campo. Desglosando las narrativas y mediciones recopiladas para descubrir patrones, tendencias y correlaciones, lo que permite evaluar la eficacia de la propuesta y generar recomendaciones para optimizar el diseño y la funcionalidad del sistema.

**Tabla 4.** Resultados de entrevista a expertos IoT

<b>Entrevistado:</b> Mg. Daniel Acurio
<b>Pregunta: ¿Qué sensores y tecnologías IoT recomendaría para monitorear y optimizar una vermicompostera doméstica?</b>
Depende de las variables que quieras medir.
<b>Pregunta: ¿Cómo se puede garantizar la seguridad y privacidad de los datos recopilados por las vermicomposteras con tecnología IoT?</b>
Seguridad de datos no puede mucho haber, para tener seguridad de los datos tendrías que contratar un servicio de IoT en donde puedas programar unas claves de usuario para que solamente con las claves puedas acceder, pero si usas un sistema libre no tienes eso. Arduino solo recolecta los datos y manda los datos. Depende cómo le programes.
<b>Pregunta: ¿Qué páginas puedo revisar para el desarrollo de aplicaciones con propiedades IoT que cuenten con este servicio?</b>
Por lo regular, las plataformas gratuitas te dan una clave, la página te da un código, entonces ese código. Con este código, se programa y al momento que el dispositivo se conecta al Internet, te comienza a mandar los datos a esa página. Abres tu página y ves lo que te está enviando. De igual forma, hay que prever si los datos se enviarán por Bluetooth o por Wifi.
<b>Pregunta: ¿Cuáles son los desafíos más comunes al integrar tecnologías IoT en dispositivos de compostaje doméstico?</b>
Hay que pensar en la electricidad, debe tener alimentación, entonces ese es un conflicto. Porque tendrías que volverle a esto una conexión, es decir, debería tener una instalación eléctrica para conectar o, en su defecto, si no tengo instalación eléctrica debería tener baterías, las cuales se van a descargar y tendría que estar recargando.
<b>Análisis:</b> El primer paso para determinar los sensores necesarios es establecer los parámetros a medir y los factores que debe cumplir la vermicompostera en el cuidado de las lombrices. Entre los principales se encuentra el control de humedad, temperatura, contenido y PH. Al momento de desarrollar una aplicación, se puede determinar si las señales se van a enviar por Wifi o por Bluetooth, recomendando el uso de la plataforma Blynk IoT para el avance de la aplicación. Se sugiere buscar la mejor alternativa de fuente energética para el producto, sosteniendo que el enchufe directo es la modalidad más económica y que las baterías y los paneles solares son viables, pero de mayor costo. Asimismo, considera que se pueden superar los desafíos mediante una implementación sencilla de la tecnología para facilitarle la vida al usuario.

Fuente: elaboración propia

**Tabla 5.** Resultados de entrevista a experta en Agropecuaria

<b>Entrevistado:</b> Tgl. Melanie Hernández
<b>Pregunta: ¿Cuáles son los principales beneficios del vermicompostaje en comparación con otros métodos de compostaje?</b>
El vermi compostaje o humus de lombriz tiene como principal diferencia en los procesos, en este se utiliza lombrices y microorganismos lo cual permite biodegradar residuos orgánicos bajo condiciones aeróbicas y mesófilas, lo cual ya representa una ventaja frente al compostaje, el cual es la mezcla de material o desechos orgánicos, por lo que va a tener un proceso más lento.
<b>Pregunta: ¿Cómo influyen las condiciones ambientales en la eficacia del vermicompostaje?</b>
Las condiciones ambientales son fundamentales y tener extremo cuidado con el sol, la bandeja puede absorber el calor y hacer que la temperatura sea mayor que la temperatura ambiente o climas extremadamente fríos recordemos que se trabaja con lombrices.
<b>Pregunta: ¿Qué recomendaciones daría para el mantenimiento óptimo de una vermicompostera doméstica?</b>
Tener cuidado con los cambios de temperatura, la humedad debe mantenerse en un estado de 80% si eso sube las lombrices van a escapar, tener en cuenta que hay materia orgánica buena, moderada y mala, entre las que están las cebollas, lácteos, cítricos y carnes
<b>Pregunta: ¿Qué parámetros de calidad del compost producido considera más importantes y cómo se pueden medir?</b>

La calidad para este tipo de compost se determina por la humedad, la salinidad que es el pH, puede haber más, pero en mi opinión son los más importantes

**Pregunta: ¿Cómo pueden las tecnologías IoT mejorar el proceso de vermicompostaje y la calidad del compost resultante?**

Pues la tecnología avanza y nos ayuda a mejor, mucho, tanto al inicio, en el trascurso y en el final del proceso como en el monitoreo y ajustar las condiciones ambientales, es super fácil de utilizar y utilizado, son cosas que mejoran la calidad del vermicompostaje y da buenos resultados.

**Análisis:**

La experta menciona que, la principal ventaja que posee el humus de lombriz es que se lo puede ejecutar con presencia de oxígeno, lo que reduce controles que producen pudrición y malos olores, así como un menor control de temperatura, induciendo a la búsqueda de materiales que preserven la temperatura idónea para el trabajo de las lombrices, así como herramientas de control de este parámetro.

Es fundamental buscar los parámetros a medir, como por ejemplo la humedad y el pH, para la colocación de sensores. Así mismo, se sugiere la implementación de una guía de desechos no aptos para vermicompostaje; exhortando que la tecnología facilita la vida y que a este proceso de humus de lombriz le vendría bien, al implementar instrumentos de monitoreo y control.

Fuente: elaboración propia

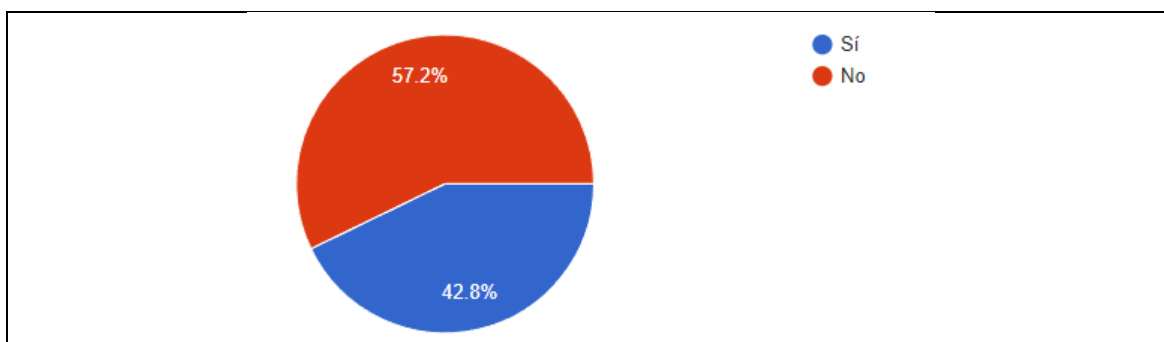
## Encuestas

Como se menciona, la aplicación de encuestas en el proyecto resulta relevante para el diseño, reconocimiento del producto, percepción de tecnología IoT y de los procesos de gestión de residuos ejecutados por los usuarios, presentando a continuación los resultados.

**Tabla 6.** Resultados pregunta 1

<b>Pregunta: ¿Conoce lo que es una lombricompostera o vermicompostera?</b>	
Indicadores	Frecuencia
Sí	42.8%
No	57.2%

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 1** Resultados pregunta 1

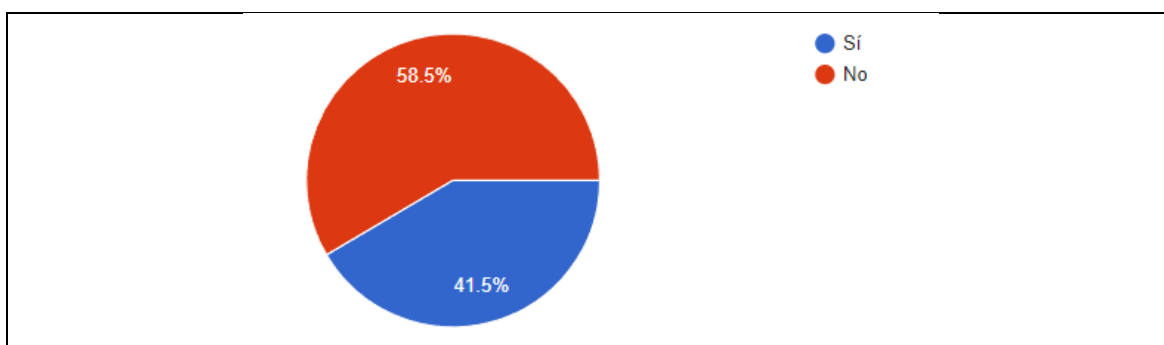
**Análisis:** El 57.2% de los encuestados afirman no conocer lo que es una lombricompostera, lo que indica que este producto requerirá de estrategias de marketing agresivas para su penetración en el mercado, apoyado bajo un buen diseño que sea amigable con el usuario.

Fuente: elaboración propia

**Tabla 7.** Resultados pregunta 2

Pregunta: ¿Ha realizado compostaje en su hogar?	
Indicadores	Frecuencia
Sí	41.5%
No	58.5%

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 2** Resultados pregunta 2

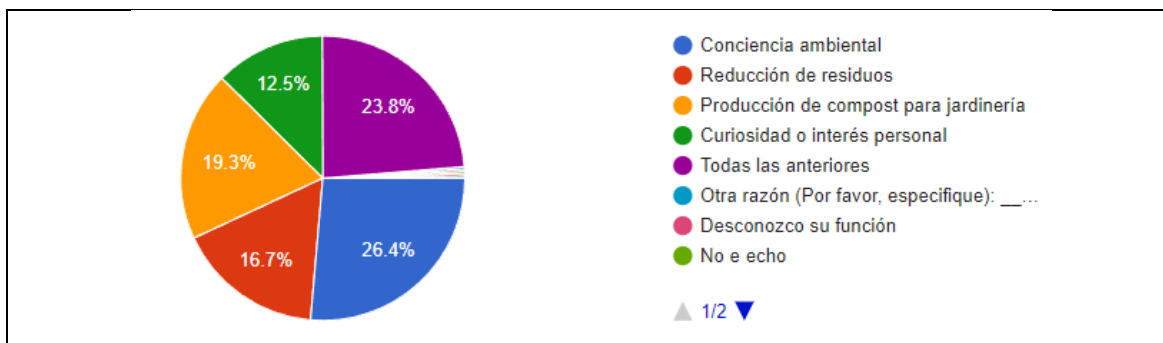
**Análisis:** Más de la mitad no ha realizado compostaje en su casa, lo que indica la importancia del producto en apoyo a la gestión de residuos orgánicos a nivel local.

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.** Resultados pregunta 3

Pregunta: ¿Qué le motivó o le motivaría a comenzar a usar una vermicompostera?	
Indicadores	Frecuencia
Conciencia ambiental	26.4%
Reducción de residuos	16.7%
Producción de compost para jardinería	19.3%
Curiosidad o interés personal	12.5%
Todas las anteriores	23.8%

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 3** Resultados pregunta 3

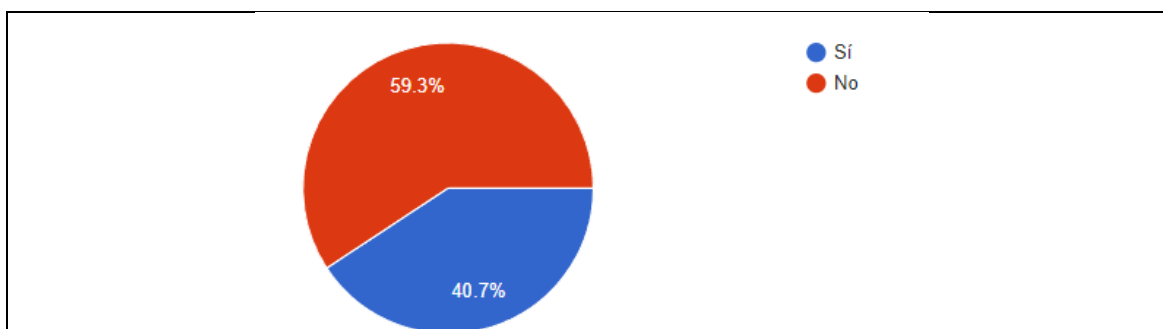
**Análisis:** Esta pregunta indican los motivos por los que las personas se inclinarían a empezar a realizar compostaje, lo cual permite conocer cómo se puede presentar el producto y que aspectos valoran los usuarios. De tal forma, el 26.4% afirma que el factor de conciencia ambiental juega un papel importante en esta actividad. También se puede destacar las opciones de reducción de residuos y producción de compost para jardines, así como la curiosidad, lo que puede indicar que un producto llamativo en forma y función podría incentivar a los usuarios a iniciarse en el compostaje.

Fuente: elaboración propia

**Tabla 9.** Resultados pregunta 4

Pregunta: ¿Está familiarizado con el concepto de Internet de las Cosas (IoT)?	
Indicadores	Frecuencia
Sí	40.7%
No	59.3%

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 4** Resultados pregunta 4

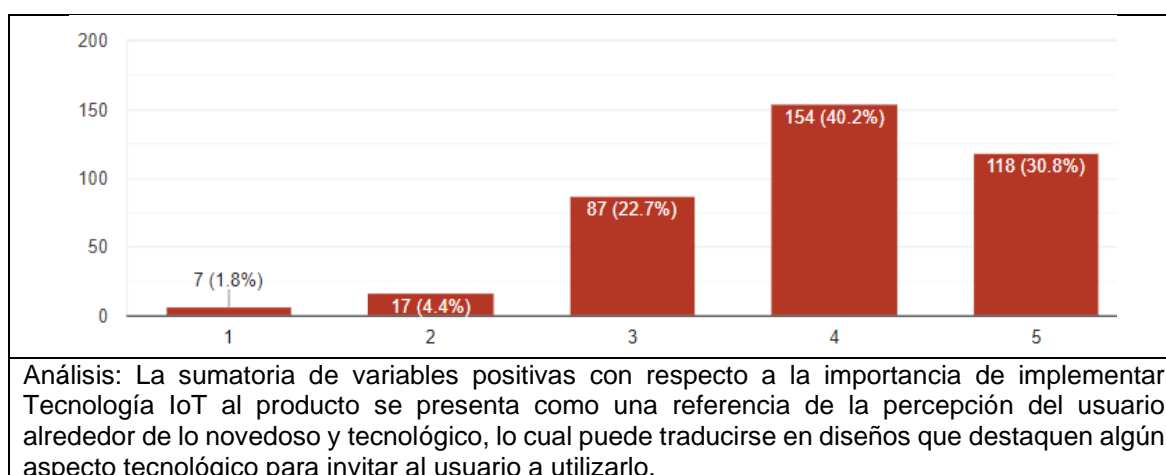
**Análisis:** La tendencia indica que el 59.3% de los encuestados afirman desconocer el concepto del internet de las Cosas, lo cual puede indicar que los productos de uso diario que poseen esta característica lo han implementado de forma sutil para que el usuario se adapte y asimile estas funciones de forma fácil, por tanto, el producto a desarrollar debe tener esta característica de usabilidad.

Fuente: elaboración propia

**Tabla 10.** Resultados pregunta 5

<b>Pregunta: ¿Cómo calificaría la importancia de integrar Tecnologías IoT (todo dispositivo electrónico que tiene funciones asociadas a internet y pueden ser controladas por aplicaciones móviles) en una vermicompostera? En escala del 1 al 5, siendo uno no importante y 5 muy importante.</b>	
Indicadores	Frecuencia
1	1.8%
2	4.4%
3	22.7%
4	40.2%
5	30.8%

Fuente: elaboración propia

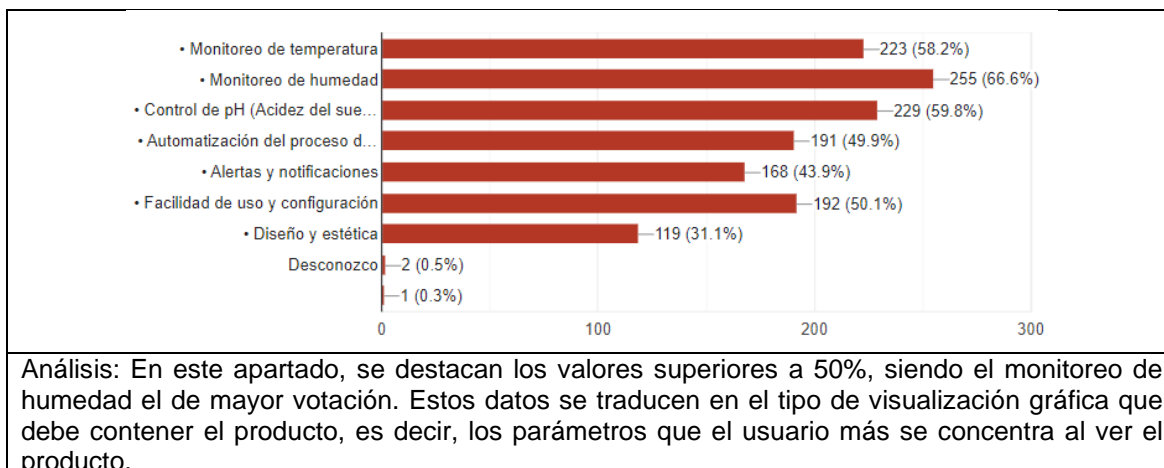
**Gráfico 5** Resultados pregunta 5

Fuente: elaboración propia

**Tabla 11.** Resultados pregunta 6

<b>Pregunta: ¿Qué características considera esenciales en una vermicompostera con tecnología IoT? (Marque todas las que apliquen)</b>	
Indicadores	Respuestas
Monitoreo de temperatura	223
Monitoreo de humedad	255
Control de pH (Acidez del suelo)	229
Automatización del proceso de compostaje	191
Alertas y notificaciones	168
Facilidad de uso y configuración	192
Diseño y estética	119

Fuente: elaboración propia

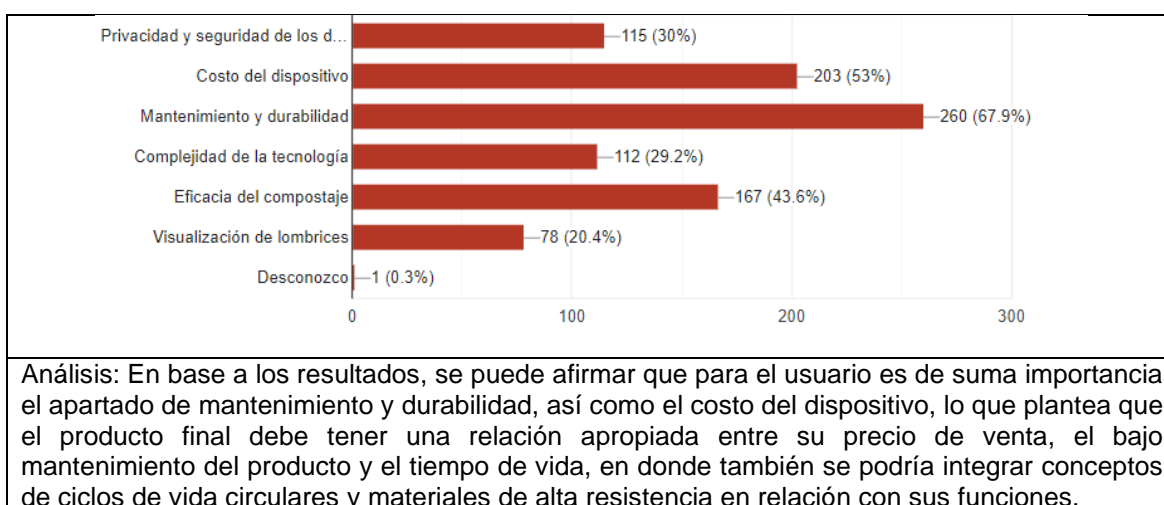
**Gráfico 6** Resultados pregunta 6

Fuente: elaboración propia

**Tabla 12.** Resultados pregunta 7

Pregunta: ¿Cuál sería su principal preocupación al usar una vermicompostera con tecnología IoT? Señale hasta tres opciones ¿Qué le motivó o le motivaría a comenzar a usar una vermicompostera?	
Indicadores	Respuestas
Privacidad y seguridad de los datos	115
Costo del dispositivo	203
Mantenimiento y durabilidad	260
Complejidad de la tecnología	112
Eficacia del compostaje	167
Visualización de lombrices	78

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 7** Resultados pregunta 7

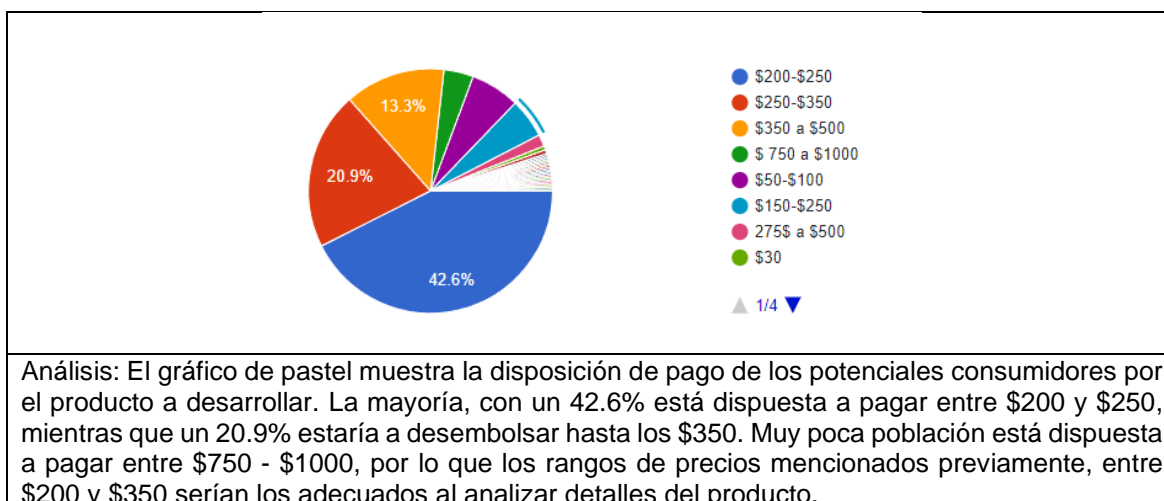
Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Resultados pregunta 8

Pregunta: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una vermicompostera con tecnología IoT?	
Indicadores	Frecuencia
\$150-\$250	5.2%
\$200-\$250	42.6%
\$250-\$350	20.9%
\$350 a \$500	13.3%
\$750 a \$1000	3.9%
\$50-\$100	6.5%

Fuente: elaboración propia

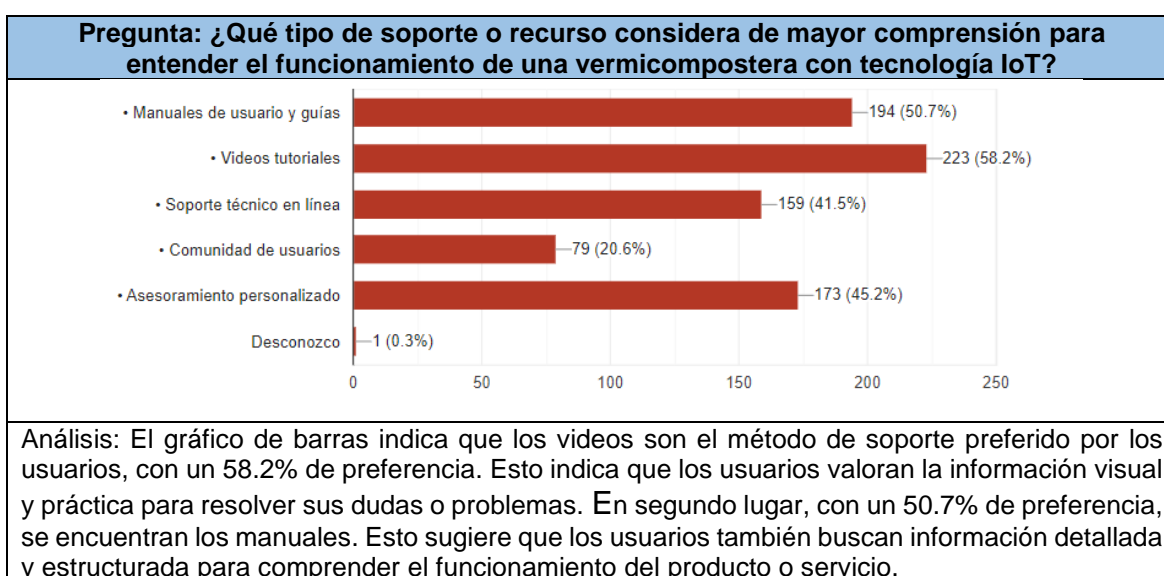
Gráfico 8 Resultados pregunta 8



Análisis: El gráfico de pastel muestra la disposición de pago de los potenciales consumidores por el producto a desarrollar. La mayoría, con un 42.6% está dispuesta a pagar entre \$200 y \$250, mientras que un 20.9% estaría a desembolsar hasta los \$350. Muy poca población está dispuesta a pagar entre \$750 - \$1000, por lo que los rangos de precios mencionados previamente, entre \$200 y \$350 serían los adecuados al analizar detalles del producto.

Fuente: elaboración propia

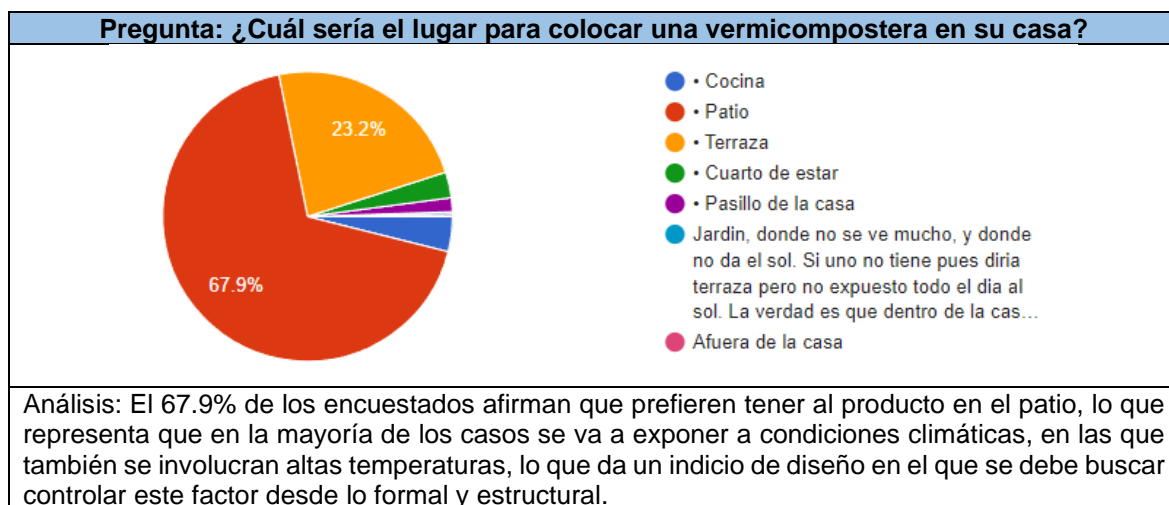
Gráfico 9 Resultados pregunta 9



Análisis: El gráfico de barras indica que los videos son el método de soporte preferido por los usuarios, con un 58.2% de preferencia. Esto indica que los usuarios valoran la información visual y práctica para resolver sus dudas o problemas. En segundo lugar, con un 50.7% de preferencia, se encuentran los manuales. Esto sugiere que los usuarios también buscan información detallada y estructurada para comprender el funcionamiento del producto o servicio.

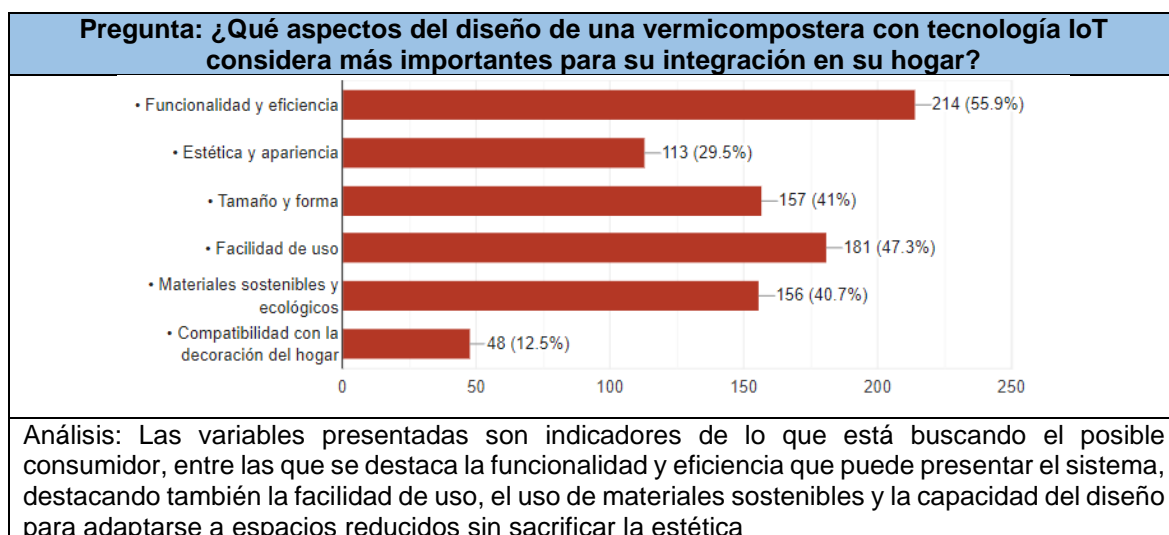
Fuente: elaboración propia

Gráfico 10 Resultados pregunta 10



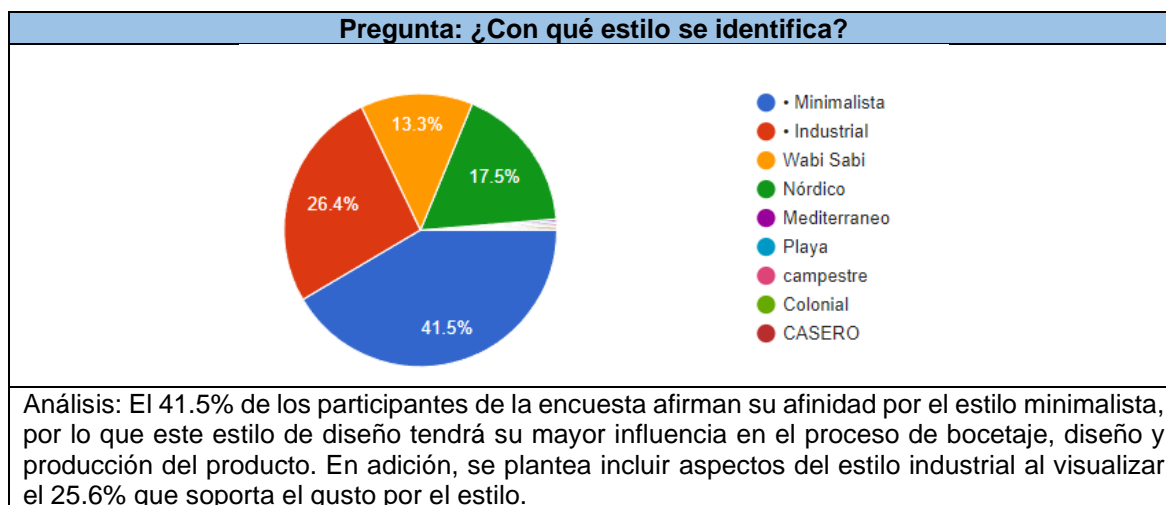
Fuente: elaboración propia

Gráfico 11 Resultados pregunta 11



Fuente: elaboración propia

Gráfico 12 Resultados pregunta 12



Fuente: elaboración propia

Esta investigación participativa representa un enfoque integral que abarca una recolección meticulosa de datos para ser analizados y aplicados. La comparación con la literatura existente y la implementación práctica de los hallazgos aseguran su relevancia y sostenibilidad.

### Fichas de observación

Otro medio de recolección de datos, son las fichas de observación, considerando la acogida de tres hogares con diferencias en estilo de vida y edad de sus integrantes, determinando los siguientes parámetros para evaluar:

1. Clasificación de residuos
2. Tipos de residuos orgánicos y estado de estos
3. Cantidad y Frecuencia
4. Tipo de contenedor y ubicación.

<b>Ficha de observación 1</b> <b>Recopilación de residuos en hogares de la ciudad de Ambato</b>						
<b>Objetivo:</b> Observar la clasificación de residuos, los tipos de residuos orgánicos y su estado, la cantidad y frecuencia de desechos orgánicos y los tipos de contenedores, así como su localización en los hogares. Además, se adiciona las observaciones de los dueños de la casa en base al tema						
<b>Responsable:</b> Gerson Ariel Valle Bustillos		<b>Fecha:</b> 22/03/2024				
<b>Imagen</b>		<b>Observaciones</b>				
		<b>1. Clasificación de Residuos</b>  En el primer hogar si realizan la clasificación de desperdicios entre desechos orgánicos y desechos plásticos.	<b>2. Tipos de residuos orgánicos y estado</b>  Se registran cáscaras de banano, maduro, limones, aguacates, zanahoria, cáscara de huevo y lechuga. La mayoría de los residuos se encuentran en buen estado	<b>3. Cantidad y Frecuencia</b>  El peso que registra de forma diaria es de 1.65 Kg, teniendo en cuenta que este hogar tiene 5 miembros en la familia. La frecuencia con la que se tira al eco tacho es de 2 a 3 veces por semana	<b>4. Tipo de contenedor y ubicación</b>  El contenedor es plástico, al cual se le aplica una funda plástica. La localización es debajo del fregadero para lavar platos, por lo que se expone a líquidos.	<b>5. Observaciones de los dueños de hogar</b>  La ama de casa menciona que se desecha con frecuencia estos residuos por los olores, así como los líquidos que suele deshechar. Además, se observa la presencia de moscos de la fruta alrededor de estos desechos.
		El segundo hogar representa a una persona de tercera edad, la cual no posee contenedores para clasificar los residuos	Los residuos orgánicos que presenta el hogar son: pimienta, zanahoria, pepinillo y tomate. Todos los elementos se encuentran en buen estado	El peso registrado para este hogar, teniendo en cuenta que es para un individuo es de 0,20 kg por día. La frecuencia de desecho total es semanal o cada 3 días.	El contenedor de plástico sin tapa usa una funda y un periódico en la parte inferior, se lo ubica junto a la cocina, debajo de una mesa de preparación y corte de alimentos.	No presenta olores fuertes debido a la baja cantidad de desperdicio generado y el buen manejo de líquidos generados.
		El tercer hogar representa a una familia con cuatro integrantes, dos de ellos son niños menores de doce años. No se clasifican los residuos.	Los residuos orgánicos que presenta el hogar son cáscaras de huevo, sábila, cebolla y otros.	El peso de residuos orgánicos es bajo debido a que sólo desayunan y meriendan en su hogar, con frecuencia consumen por <i>delivery</i> . Se registra un peso inferior a 1kg diario y	El contenedor plástico tiene una funda plástica, está colocado debajo del lavamanos en un compartiment o del mueble, por lo que tiene mejor asepsia y menor	No hay muchos comentarios por parte del dueño de la familia. Se visualiza mayor contenido de desechos plásticos frente a los orgánicos, no presenta malos olores ni presencia de exceso de líquidos.

			se tira la basura cada 2 o 3 días.	presencia de mosquitos.	
Análisis: Acorde a los parámetros planteados para la evaluación, se puede identificar que 1 de los tres hogares observados no posee contenedores para clasificar residuos. Por otra parte, se observan residuos orgánicos no aptos para el vermicompostaje, como la cebolla y el limón, por lo que esta observación sustenta la necesidad de adicionar algún elemento o recurso de soporte para que el usuario pueda identificar el material apropiado para el vermicompostaje. Por otra parte, también se determina que la cantidad promedio de desechos orgánicos persona/día es de 0.26kg. Además, se determina que la frecuencia promedio con la que se retira el material es cada 3 días.					

Fuente: elaboración propia

## Propuesta de la investigación

El uso de metodologías de diseño representa un papel esencial al proporcionar una guía estructurada para la planificación, ejecución y evaluación de proyectos. González M. (s.f), define a una metodología como el conjunto de procedimientos y recursos fundamentados en bases científicas, técnicas y creativas, cuyos resultados abordan de forma eficiente y efectiva la solución a problemas. La adaptación de una metodología influye en las etapas del proceso, por lo cual, se promueve un enfoque sistematizado y lógico en la resolución de problemas.

Se puede resaltar que el enfoque metodológico debe integrar creatividad y racionalidad, , no solo beneficia al diseñador en términos de eficiencia y calidad de trabajo sino también al cliente, asegurando soluciones que cumplen con expectativas y añaden valor al producto o servicio. Es así como, en el presente estudio, propone indagar sobre el uso metodológico del **Design Sprint**, focalizado en el diseño ágil, sin perder el enfoque en el usuario.

Knapp, Zeratsky, & Kowitz (2016), miembros de *Google Ventures*, esta práctica se trata de un taller colaborativo que involucra a un equipo multidisciplinario de hasta siete personas en donde se puede encontrar roles como el decisor, el facilitador y el reclutador. Su objetivo principal es crear y validar un prototipo de un producto o servicio con usuarios reales, minimizando el riesgo y el tiempo de desarrollo.

Esta metodología se destaca por su utilidad en proyectos de alto riesgo, con limitado tiempo o estancados, logra una visión compartida y proporciona un

*feedback* rápido y confiable de los usuarios. Es una herramienta para innovar y experimentar, generando valor tanto para el negocio como para los clientes. Por lo tanto, se puede inferir que la implementación del *Design Sprint* en el diseño de productos, como las vermicomposteras, destacará por su impacto en la generación y desarrollo del proyecto. Esta metodología condensa el proceso de ideación, prototipado y testeo en un lapso de cinco días, ofreciendo una estructura eficiente y colaborativa.

El proceso se desglosa en cinco fases, inicialmente se establecen las preguntas del *sprint* y el mapa del recorrido del usuario, además de entrevistar a expertos. Luego, se busca inspiración y se crean bocetos de soluciones. Secuencialmente, se elige la mejor solución y se elabora un *storyboard*. Para a posterior construir el prototipo y finalmente realizar la prueba con usuarios potenciales.

**Tabla 14.** Proceso de desarrollo metodología *design sprint*

ACTIVIDADES	Descripción de Actividad
1. COMPRENDER	Se establece el horizonte temporal del proyecto, se formulan las preguntas clave y se traza el mapa de la experiencia del usuario. La jornada incluye consultas con expertos para obtener valiosa información. Se procede a la selección del tipo de usuario y se identifica un aspecto específico de su experiencia para concentrarse durante el <i>sprint</i> .
2. BOCETAR	Búsqueda de inspiración en soluciones existentes, presentando demostraciones rápidas. Se fomenta el trabajo individual para esbozar ideas, seleccionar la más idónea y plasmarla en un boceto completo y auto explicativo.
3. DECIDIR	Toma de decisiones sobre qué solución prototipar mediante un proceso de votación. Se elabora un guion en forma de <i>storyboard</i> para visualizar la muestra del prototipo
4. PROTOTIPAR	Construcción de prototipo y aplicación de testeo pre-usuario.
5. VALIDAR	Aplicación de lista de cotejo con 10 posibles usuarios, cuyas respuestas se registran minuciosamente

Fuente: modificado a partir de Knapp, Zeratsky, & Kowitz (2016)

## 1. Comprender

Bajo la metodología, se hallaron importantes avances en el estado del arte que contribuyen a esta fase, reflejando información que valida y apoya al desarrollo del proyecto, partiendo de conceptos e investigaciones previas que incluyen a la tecnología en ámbitos agropecuarios, como es el caso de Sustenta Vermi, así como el correcto cuidado de los agentes de transformación de residuos a vermicompost.

Por tanto, el cuadro de necesidades y requerimientos refleja lo revisado en la literatura en correlación con la información provista en las encuestas y entrevistas.

**Tabla 15.** Tabla de necesidades y requerimientos

Necesidades	Requerimiento
<b>Estético</b>	
Estilo minimalista	Menos, es más. Predominancia de formas rectas y sencillas, ajuste a tonos básicos de fácil adaptación a cualquier entorno.
Acabados	El usuario exige acabados de primera debido a su relación costo - percepción de calidad, acorde a lo expresado en las encuestas y siendo parte de la estrategia de introducción al mercado
Paleta cromática neutra	Acorde al estilo minimalista y en apoyo a su a la armonía con la decoración del hogar
<b>Funcional</b>	
Proceso de compostaje y buena aireación	El proceso de compostaje debe ser sencillo para el usuario, intuitivo y de buena calidad. También debe ayudar a acelerar este proceso, en donde los procesos aeróbicos son importantes por lo que requiere de una correcta ventilación, y así, minimizar los problemas de cuidado de las lombrices.
Identificación de parámetros de manera visual	El objeto debe mostrar los indicadores de humedad, temperatura, pH y capacidad de contenido de forma visual y, en lo posible, mediante el mismo dispositivo.
Sistema energético apropiado	Buscar el medio de alimentación energético más apropiado para la mayoría de los usuarios, ya sea mediante baterías o por conexión directa con enchufe.
Mantenimiento sencillo	Extracción fácil de lombrices, humus, lixiviado y componentes electrónicos para su reemplazo
<b>Material/Estructural</b>	
Alta resistencia a exteriores	Al usuario le preocupa el mantenimiento, por lo que el producto debe cumplir con las expectativas de resistencia y estar adaptado para soportar condiciones exteriores, debido a la respuesta de los encuestados.
Materiales de fácil mantenimiento y reutilización. Impermeable, sistema de drenaje y de control térmico	El producto debe exigir poco mantenimiento y presentar la capacidad de reutilizar su material o darle otra función después de su ciclo de vida. Debe ser impermeable y con una salida de líquidos para el humus líquido. Además, la selección del material es importante para la regulación térmica interna.
<b>Salud/Higiene/Bienestar</b>	
Fácil limpieza y control de olores	El producto requiere ser de fácil limpieza, permitir que el usuario con un paño húmedo retire suciedad. Además, apoyarse en la ventilación para evitar malos olores.
Control de mosquitos y hormigas	El proyecto debe procurar el control de mosquitos de la fruta y la entrada de hormigas al contenedor, pues suponen una amenaza para las lombrices.
<b>Económico</b>	
Producto de consumo doméstico	El producto debe procurar estar en el rango de \$200 a \$250 de precio de venta al público para plantearse como una propuesta interesante para el público en general.
Bajo costo de operación y mantenimiento	Producción adaptada a procesos industriales y producción en masa. Adaptado para tener poco mantenimiento o mantenimiento de bajo costo.

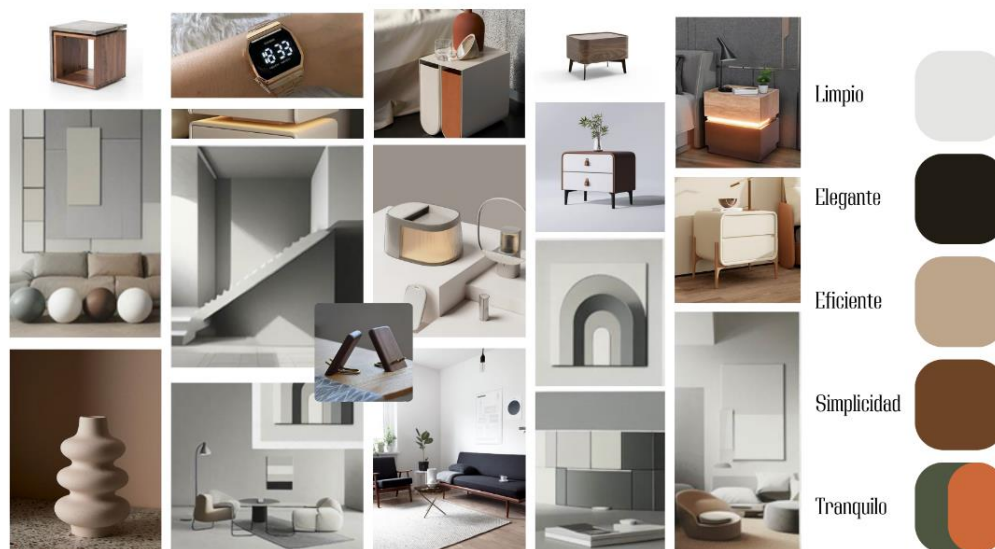
Fuente: elaboración propia

Además, como parte del manejo de la sistemática se presenta una página web <https://aimredi.my.canva.site/ecovermic>, que incluye hipervínculos a la página oficial de la metodología en la que se extienden los pasos y herramientas de implementación, con la finalidad de presentar el progreso detallado de cada etapa ejecutada, con fines de representación se adiciona una captura del home page de esta web en anexos.

## 2. Bocetar

En la segunda fase se incluye el *moodboard* como herramienta inspiracional y referencial de lo que se ejecutará a nivel formal, estético, cromático, emocional y funcional en producto. Cabe destacar que el desarrollo de este proceso se ejecuta bajo el diseño minimalista con ciertos toques industriales, sustentado en la información de las encuestas (véase tabla 17).

**Figura 4.** *Moodboard*



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, también se ejecuta el “problema comparable”, ejecutando una búsqueda de ideas relacionadas al problema presentado, así como de las soluciones existentes en el mercado. El *Design Sprint*, se caracteriza por presentar una variedad de opciones en un corto tiempo, la estrategia de *Crazy 8's* resulta

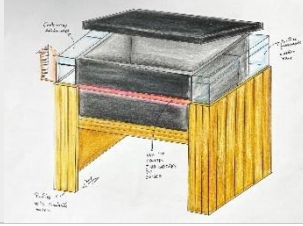
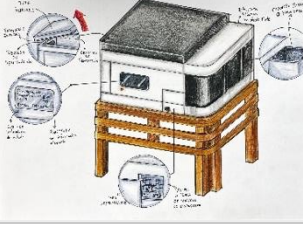

atractiva para evaluar las ideas en un tiempo reducido, al exhortar la generación de 8 bocetos o ideas iniciales en tan sólo 8 minutos, por lo que obliga al diseñador a sintetizar las ideas, obviando el detalle y buscando posibles opciones y recursos. Para el presente, se amplió el tiempo para la actividad a una duración de 40 minutos. El resultado de esta actividad se ve reflejada en el anexo 6.

### **3. Decidir**

En el siguiente punto se aplica el mapa de calor, para realizar un breve sondeo con diferentes usuarios, quienes marcan las características, formas y funciones a través de colores y puntos en las propuestas según su consideración. Para esta actividad, se registró la participación de 28 personas, dando paso a la selección de los tres planteamientos con mayor aceptación. Posteriormente, se redibujaron en mayor tamaño, añadiendo color y vistas de detalle, estas propuestas mejoradas se sometieron a una nueva revisión con docentes de Diseño Industrial y expertos en IoT.

Estos bocetos se evaluaron sobre diez parámetros, adaptando la matriz de decisión de la metodología *Design Sprint*, manteniendo el análisis de impacto – esfuerzo en los criterios planteados, permitiendo valorar las propuestas en función de criterios específicos para agilizar la toma de decisiones, sin perder la visión objetiva y estructurada del proceso creativo. En la tabla adjunta se presentan los resultados de esta evaluación.

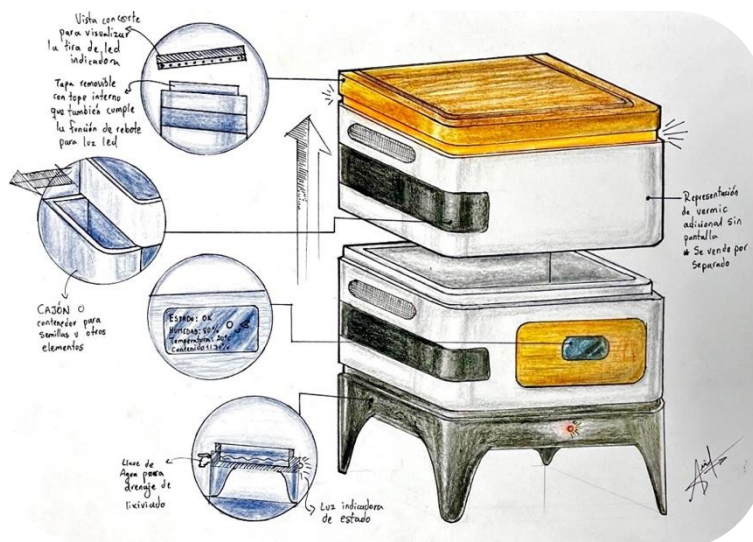
**Tabla 16.** Matriz de decisión

Parámetros	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Imagen de boceto			
Capacidad	5	3.5	4.5
Tamaño Total	3.75	4	4
Modularidad	2.5	3.5	5
Materiales (Durabilidad)	4	4.5	4.5
Colores	3.75	5	4.25
Forma	3.75	5	4.25
Limpieza	3.5	4	5
Indicadores de Estado	3	4	5
Accesorios y componentes	3	4	5
Costo proyectado	5	4.5	3.75
<b>Total</b>	<b>37.25</b>	<b>42</b>	<b>45.25</b>

Fuente: elaboración propia

Acorde a la matriz de decisión, el boceto 3 obtuvo una puntuación de 45.25 puntos sobre 50 posibles, obteniendo la más alta puntuación para su ejecución. A continuación, se presenta el boceto a ejecutar, con sus detalles constructivos, materiales y funcionalidades, así como ideas complementarias de distribución y venta.

**Figura 5.** Propuesta seleccionada



Fuente: elaboración propia

## Prototipar 4

En una primera instancia el producto es asistido mediante herramientas digitales de modelado paramétrico y 3D, como el programa Inventor, lo que brinda la posibilidad de generar modificaciones de forma sencilla y ágil. Además, se efectúa una visualización en realidad aumentada, gracias a la aplicación móvil ARki. Seguidamente, se ejecutan prototipos de baja y mediana fidelidad, con materiales de bajo costo para constatar dimensiones y un primer testeo de usabilidad; recalcando que, el planteamiento va a ser sometido de forma constante a evaluaciones, principalmente de viabilidad económica y constructiva.

**Figura 6.** Modelado 3D en ARki



Fuente: elaboración propia

Después de la realidad aumentada del modelado 3D en formato fbx, se desarrolló el modelo físico, iniciando con la estructura metálica de la base en acero dulce, permitiendo así visibilizar las dimensiones del objeto para realizar ciertos ajustes dimensionales, principalmente en altura, en favor de la usabilidad. Después de soldar y verificar su resistencia, el siguiente paso es la construcción del módulo de compostaje, a escala real. Para su desarrollo, se trabajó en fibra de vidrio, MDF y aditivos, ejecutando modificaciones en el espesor por recomendación de los expertos.

**Figura 7.** Estructura metálica base



**Figura 8.** Proceso de prototipado



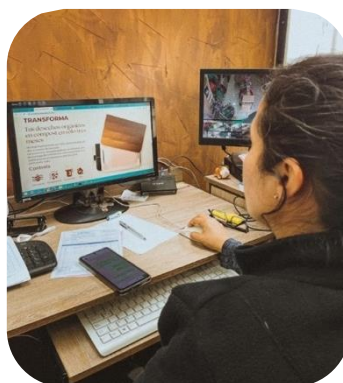
Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Análisis del usuario

Para el análisis de los resultados, se seleccionaron diez posibles usuarios de entre los participantes de la investigación. Empleando un prototipo digital con renders de alta fidelidad se creó una experiencia con animaciones que reproducen el modo de uso de la vermicompostera, un acercamiento al hardware que se manejará en el producto final, fotomontaje de ambientación y un formulario con parámetros relacionados a la tabla de necesidades y requerimientos, con la finalidad de conocer el nivel de cumplimiento de los objetivos.

**Figura 9.** Encuestado en fase de validación



Fuente: elaboración propia

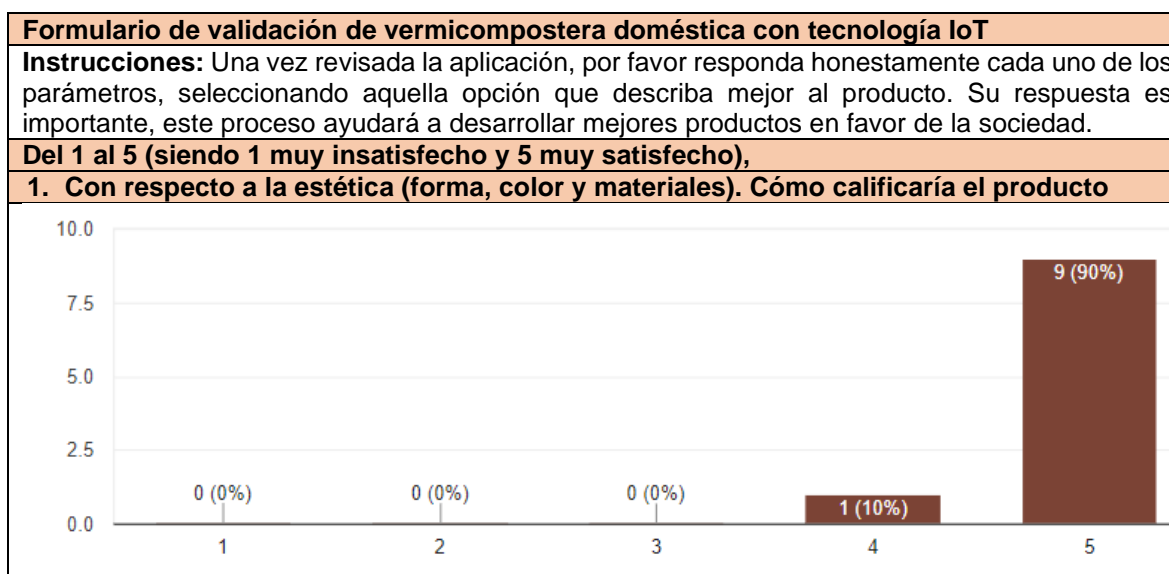
Esta validación se ejecutó en el enlace <https://aimredi.my.canva.site/ecovalidar>. Durante el proceso se procuró intervenir de forma ocasional para aclarar únicamente ciertas dudas, con el fin de evitar influir en la percepción de los evaluadores. Esta aplicación permite que el usuario pueda revisar varias veces el producto desde diferentes ángulos sin necesidad de un espacio físico, el tiempo aproximado para ejecutar la prueba fue de 25 minutos.

**Figura 10.** Experiencia web de validación de producto

Fuente: elaboración propia

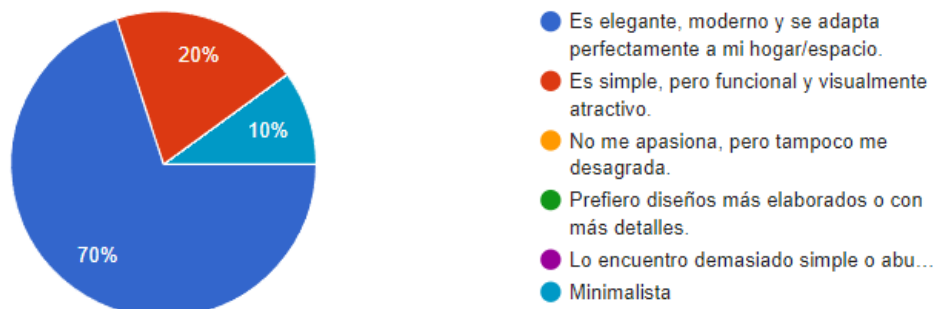
Desde este sentido, es apropiado adicionar fichas de presentación del producto final, en representación de lo mostrado a los diferentes usuarios, en sus distintos apartados, tales como: aspecto estético, funcional y constructivo. Estas fichas se presentan en el Anexo 7 como fichas de presentación, mientras que en el Anexo 8 y 9 se presentan esquemas para los sensores y su representación en la plataforma de Blynk IoT.

Finalmente, los resultados obtenidos son contemplados bajo 12 preguntas, para determinar el nivel de satisfacción en diferentes apartados: estética, capacidad, usabilidad, funcionalidad, limpieza y precio; descritos a continuación:

**Tabla 17.** Resultados validación usuarios

**Interpretación:** El 90% de los encuestados calificaron al producto con un 5, manifestando una alta satisfacción con el diseño de la vermicompostera. No se obtuvieron calificaciones negativas. Por tanto, se puede afirmar que el diseño actual es aceptado, pudiendo considerarse algunas variaciones cromáticas para ampliar el público.

**2. Considerando que el producto está manejado con un estilo minimalista. Cuál de los siguientes enunciados representa de mejor forma su criterio personal.**



**Interpretación:** Un alto porcentaje de los encuestados manifiestan que encuentran al producto elegante, moderno y capaz de adaptarse a su hogar. Con este porcentaje se puede dar por cumplido el objetivo del desarrollo del producto en base al estilo minimalista.

**3. Considerando que las dimensiones del producto (sólo un módulo de compostaje) son de 60x37x38 cm, lo cual equivale a una capacidad aproximada de 30 kg de compost y tomando como referencia que diariamente una familia de 5 miembros produce 1.65 kg de residuos orgánicos. ¿Afirmaría que es una capacidad apropiada para ser manejada en una vivienda?**



**Interpretación:** El 100% de los encuestados consideran que las dimensiones son apropiadas para las necesidades actuales. Sin embargo, se sugiere ofrecer alternativas del producto en dimensiones que faciliten al usuario una mayor capacidad de almacenamiento y producción de compost.

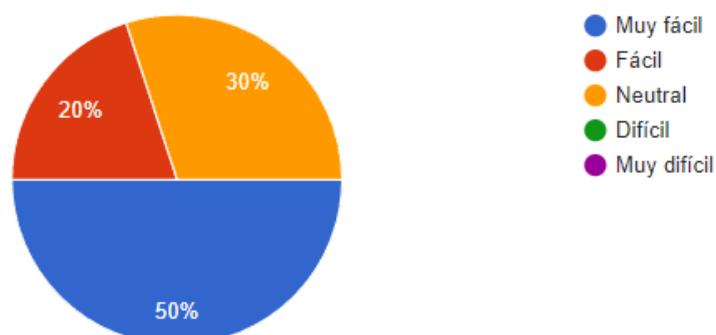
**4. Capacidad: Considerando las dimensiones del producto total de 60x46x76 cm. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones representa de mejor forma su criterio personal?**



**Interpretación:** En esta sección, 8 de cada 10 encuestados sostienen que es adecuado para el espacio que disponen. Sin embargo, reforzando el criterio de análisis de la anterior pregunta, se

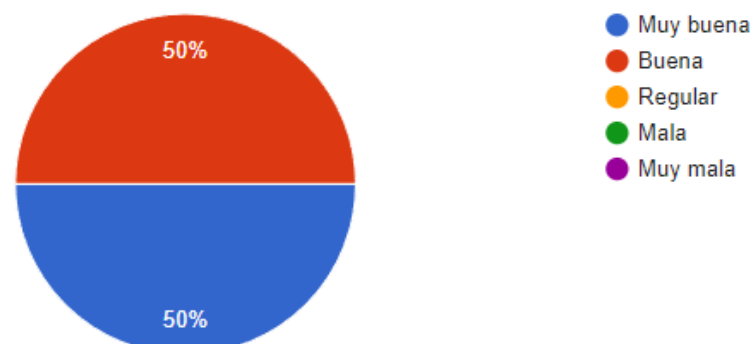
proponen variantes del producto, de menores dimensiones que se adapten a espacio más reducidos en la zona urbana.

**5. Usabilidad: ¿En qué medida considera que el diseño de la vermicompostera facilita el ensamblaje, modificación o separación de sus componentes?**



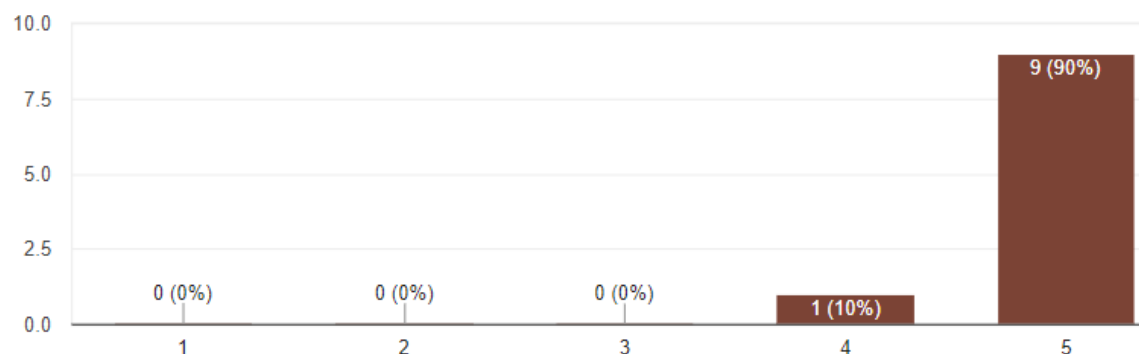
**Interpretación:** El 50% de los validadores consideran que es muy fácil ensamblar, modificar o separar los componentes y un 20% considera que es fácil. El 30% menciona que es neutral. Estos porcentajes brindan la perspectiva de que se puede trabajar en la usabilidad del producto, simplificando aún más su construcción para facilitar al usuario el montaje y desmontaje.

**6. Usabilidad: ¿Cómo calificaría la cualidad de colocar más módulos de compostaje de forma apilable?**



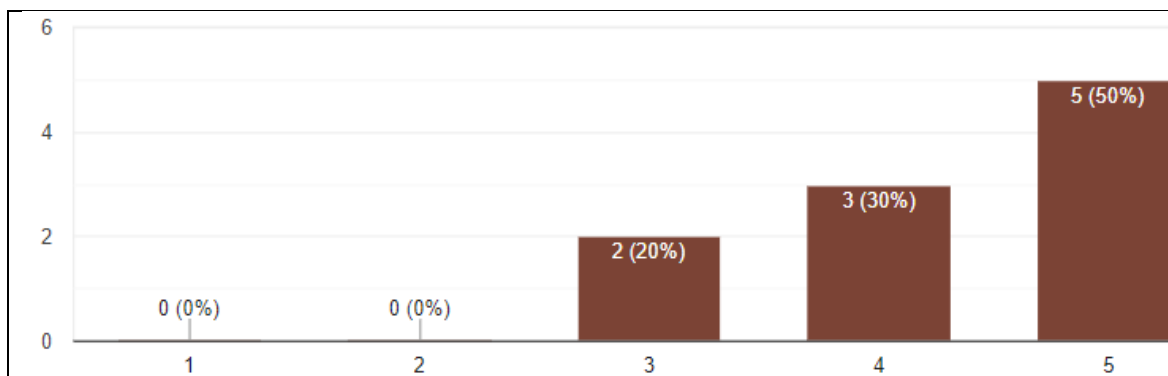
**Interpretación:** Para esta pregunta se dividen las posiciones de los encuestados, afirmando que la forma de apilar los módulos es muy buena o buena, por lo que se puede intuir que la alternativa es bien recibida. No obstante, se puede haber mejoras para que el 100% de los usuarios se sientan satisfechos al usarla.

**7. Funcionalidad: Encuentro que las diversas funciones del producto están bastante bien integradas. Siendo 1 - Estoy en desacuerdo total y 5 - Muy de acuerdo.**



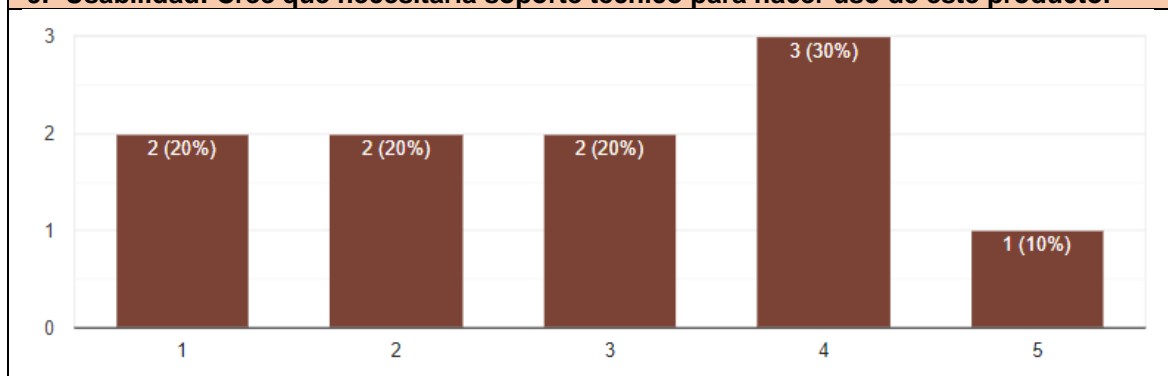
**Interpretación:** Los resultados son positivos, sosteniendo que 9 de cada 10 encuestados encuentran las funciones del producto bien integradas, pudiéndose aludir que se encuentra bien diseñado en términos de usabilidad y funcionalidad, complementándose de manera efectiva.

**8. Limpieza: Considera que el producto es de fácil limpieza.**



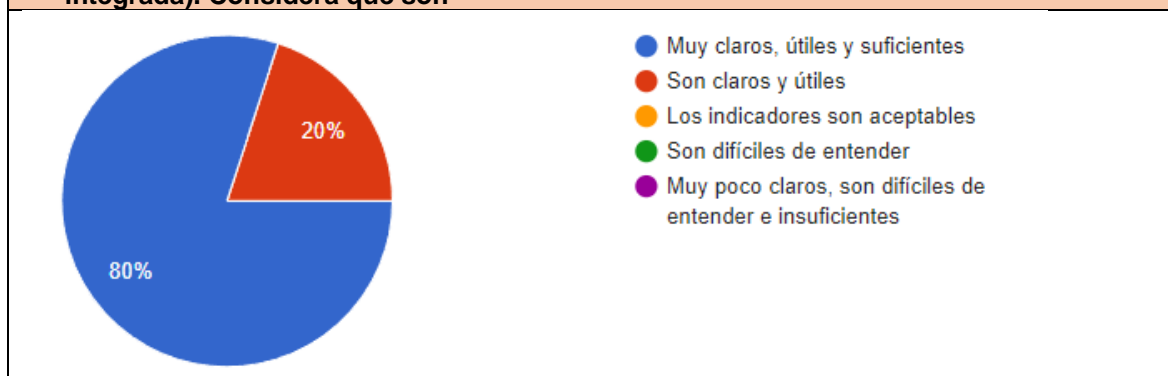
**Interpretación:** La mayoría de encuestados consideran que el producto es de fácil limpieza, el 20% se sostiene en una postura neutral. En general, es un resultado positivo que sugiere que el producto ha tenido en cuenta estos parámetros durante su desarrollo.

**9. Usabilidad: Cree que necesitaría soporte técnico para hacer uso de este producto.**



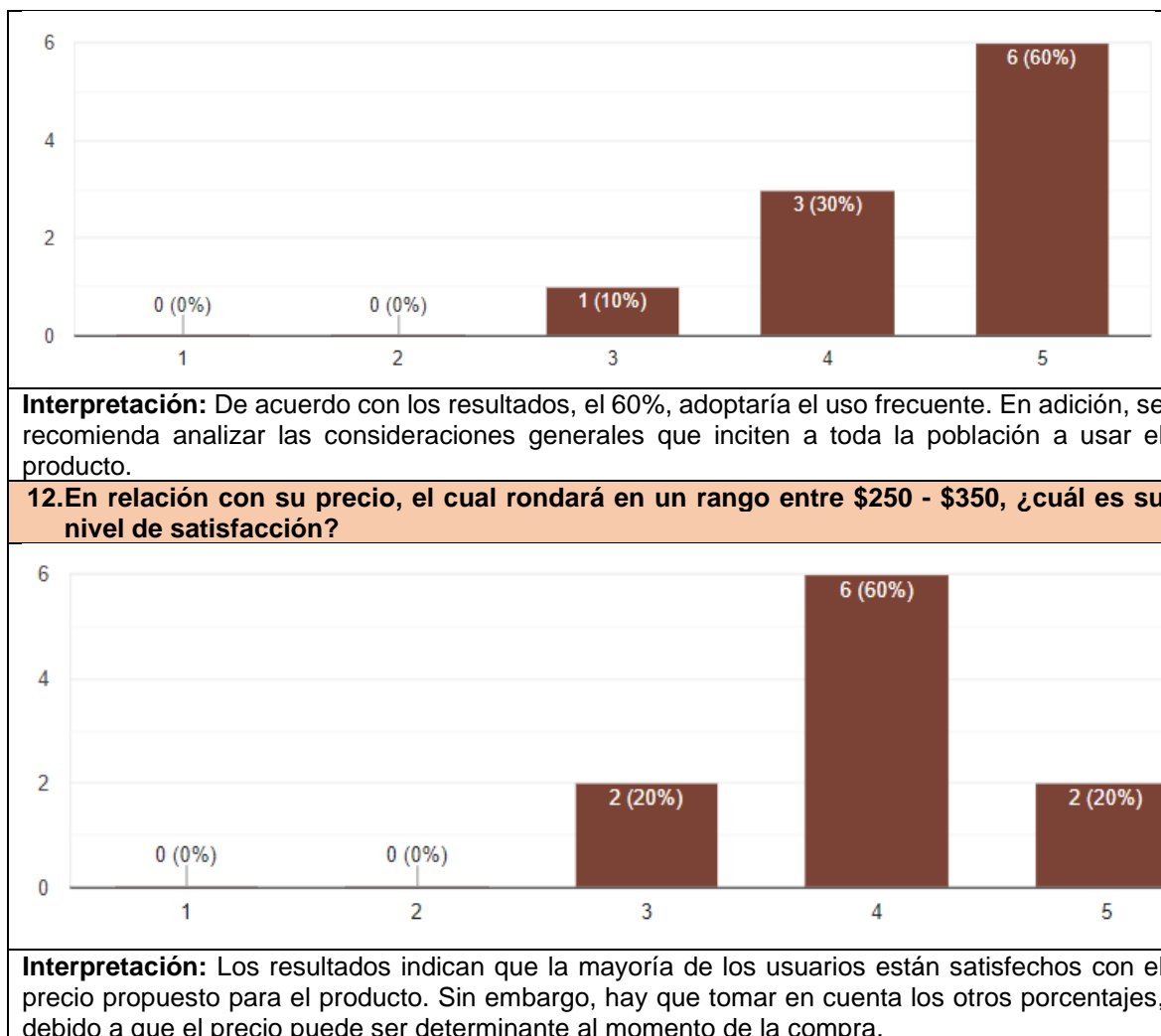
**Interpretación:** Los porcentajes se encuentran dispersos, pudiéndose intuir que el usuario no se encuentra asociado a la tecnología implementada o la considera poco intuitiva, por lo que se recomienda la ejecución de un manual y/o herramientas de apoyo para su uso.

**10. Usabilidad: En relación con los indicadores de estado (luz de notificación y pantalla integrada). Considera que son**



**Interpretación:** A pesar de que los usuarios reportaron cierta dificultad en la tecnología, los mismos sostienen que los indicadores del estado son muy claros, útiles y suficientes, con una validación del 80%. Por otra parte, el 20% reporta que las luces no serían suficientes, por lo que la integración de la pantalla es apropiada para cubrir este segmento.

**11. Usabilidad: Le gustaría utilizar este producto frecuentemente.**



Fuente: elaboración propia

En resumen, los resultados de la validación confirman que el producto tiene un alto nivel de aceptación y satisfacción, cumpliendo las necesidades planteadas. Con este proceso se cumple la fase 5 de la metodología de diseño, brindando datos adicionales que fungirán como base para mejoras continuas del producto y cuyas cualidades se podrán implementar en otras versiones.

### 3.2. Análisis de resistencia

Para la verificación de la resistencia del objeto se emplea el software Inventor en su versión 2024, en donde se somete el modelado 3D a simulaciones de esfuerzos mediante una aproximación de pesos de los residuos orgánicos que albergará el módulo del compostaje de la vermicompostera, mientras que, para la estructura

metálica de la base, elaborada en acero dulce, se considera el peso de los residuos sumado al peso del módulo. Con este programa se determina la resistencia máxima y mínima acorde al material con el que se construye el producto final, véase Tabla 22.

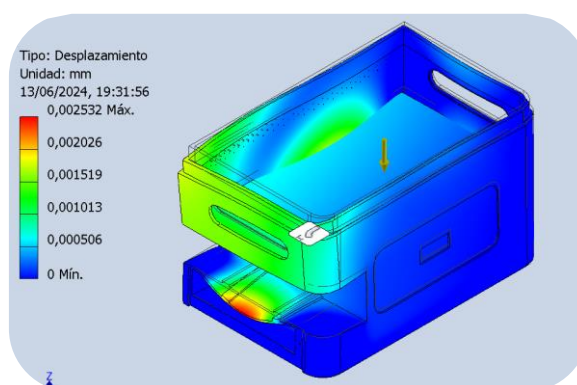
**Tabla 18.** Parámetros de módulo de compostaje

Nombre	Plástico reforzado con fibra de vidrio	
General	Densidad de masa	1,75 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	58,1 MPa
	Resistencia máxima a tracción	194 MPa
Tensión	Módulo de Young	13,9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,39 su
	Módulo cortante	5 GPa
Nombre(s) de pieza	MÓDULO DE COMPOSTAJE.ipt	

Fuente: elaboración propia

El material definido para la elaboración de los contenedores es el plástico reforzado con fibra de vidrio, el cual presenta diferentes ventajas y aplicaciones. De entre las que se puede mencionar su ligereza, facilitando su manejo, transporte e instalación. Otra cualidad es su resistencia a la tracción, compresión e impacto, así como su durabilidad frente a la corrosión, intemperie y productos, observar Tabla 22.

**Figura 11.** Desplazamiento módulo de compostaje

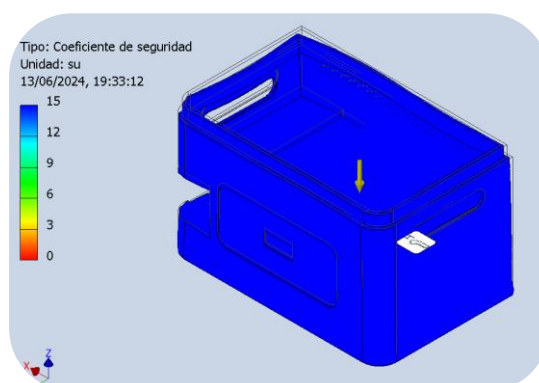


Fuente: elaboración propia

Como se mencionó, el material presenta excelentes propiedades de resistencia, el análisis de simulación de esfuerzos percibe un desplazamiento máximo ínfimo de apenas 0.0025 mm. Lo que indica que el módulo no tendrá una deformación

significativa al momento de almacenar los residuos orgánicos, garantizando su vida útil. Por otra parte, la Figura 14, confiere un coeficiente de seguridad de 15, esto en relación con una fuerza aplicada de 294 N, correspondiente a los 30 kg de residuos orgánicos que tiene por capacidad.

**Figura 12.** Coeficiente de seguridad de módulo de compostaje



Fuente: elaboración propia

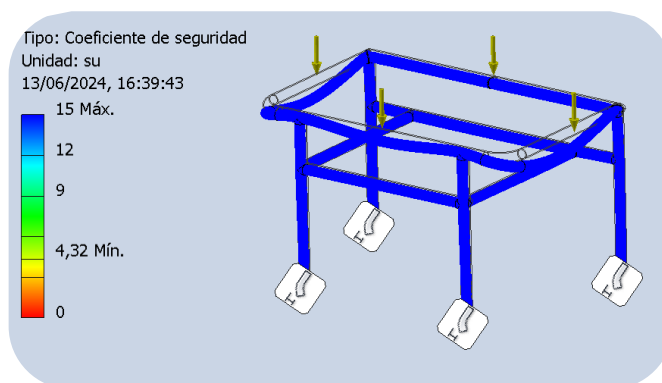
La base metálica, es una estructura sólida de soporte, esta debe poseer resistencia y durabilidad para soportar el peso del sistema apilable de las bandejas. La estructura se fabrica en tubo de media pulgada, con un espesor aproximado de 2 mm, cuyas propiedades se exhiben en la tabla 23.

**Tabla 19.** Parámetros de estructura base

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa

Fuente: elaboración propia

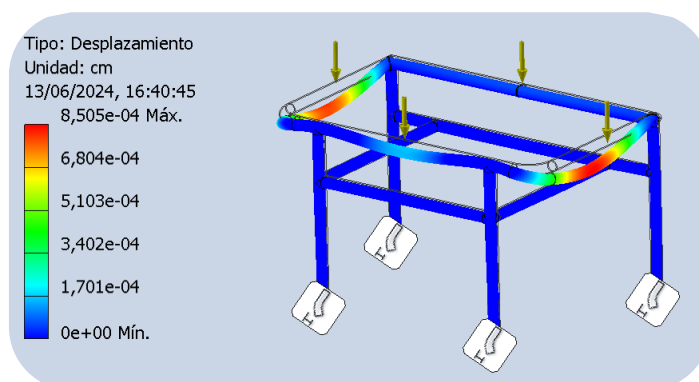
**Figura 13.** Factor de seguridad de estructura base



Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la figura 15, la estructura posee un coeficiente de seguridad mínimo de 4.32, lo cual asegura que presentará buena resistencia frente al peso de los residuos orgánicos, sumado al peso del módulo de compostaje y a la bandeja de lixiviados.

**Figura 14.** Desplazamiento de estructura base



Fuente: elaboración Propia

Por otra parte, en relación con el desplazamiento presentado, se puede afirmar que la deformación que podría sufrir es insignificante, el máximo a experimentar es de 8.5 elevado a la -4, esto en unidades de centímetros. La visualización gráfica de las zonas de afectación, brindan una guía de mejora del diseño para versiones posteriores, a pesar de no representar mayor debilidad.

## CONCLUSIONES

- El proceso de identificación de las condiciones apropiadas en la producción de humus de lombriz resultó de gran aporte para desarrollar un sistema de control eficaz mediante tecnologías IoT en zonas urbanas, formulando de forma estratégica el planteamiento adecuado de los sensores. En consecuencia, se identificó que el monitoreo de humedad y temperatura, así como el de pH, son fundamentales para el éxito del vermicompostaje, en donde el ajuste de estos parámetros da como resultado una mayor eficiencia y calidad en el proceso. De esta forma se sientan las bases en este formato de gestión de residuos orgánicos en zonas urbanas, acorde a las necesidades actuales y favoreciendo a las posibilidades de un entorno más sostenible y cuidado del planeta.
- El análisis de las necesidades de gestión de residuos en el área doméstica de Ambato reveló la cantidad de desechos que el producto tienen que gestionar, asociado a la capacidad de la vermicompostera, mientras que el acercamiento a los posibles usuarios mediante las encuestas revela una clara preferencia por el diseño minimalista, permitiendo que se integre de forma armoniosa con el entorno del hogar. En el mismo sentido, los potenciales usuarios valoran la facilidad de uso, la durabilidad y el bajo mantenimiento, así como la cualidad de apilamiento de módulos que amplíen la capacidad de producción de humus de lombriz, brindando flexibilidad y adaptación acorde a las necesidades del consumidor. De tal manera, el diseño de la vermicompostera ha considerado todos estos aspectos, utilizando materiales resistentes y de fácil limpieza, como el plástico reforzado con fibra de vidrio y la adopción de un enfoque modular que permite expandir la capacidad del sistema.
- Se determinó que la resina reforzada poliéster con fibra de vidrio resulta una excelente opción para la construcción del producto, debido a sus cualidades, teniendo en cuenta su ligereza, resistencia, durabilidad, capacidad de mantenimiento, tolerancia a condiciones ambientales y costos. Además, se

identificó que una estructura metálica, elaborada con tubos negros de acero de  $\frac{1}{2}$  pulgada, los cuales se expenden con un largo de 6 m y un grosor de 2 mm, es una buena medida de apoyo para la base, sin necesidad de incrementar el precio para el consumidor.

- Se culmina el proyecto con el desarrollo de una vermicompostera doméstica apoyada en tecnologías IoT, siendo una alternativa viable para reducir la cantidad de residuos orgánicos en viviendas de la ciudad de Ambato, obteniendo resultados altamente positivos en su validación, con un 90% de los usuarios expresando su satisfacción con el diseño y con un 80% considerando los indicadores de estado como claros y útiles. De esta forma, se establece una alternativa para la reducción de residuos enviados a vertederos, con la producción de abono orgánico de alta calidad y la adopción de prácticas sostenibles en los hogares. De igual forma, la adopción de tecnologías IoT representan una excelente herramienta de recolección de datos que contribuirán a la mejora continua del diseño y funcionalidad de la propuesta.

## RECOMENDACIONES

- Se propone ejecutar una investigación en condiciones industriales o comerciales, como puede ser el nivel de desperdicio en restaurantes y cadenas de comida, así como la reacción frente a otro tipo de residuos, con la finalidad de relacionarlos con la integración de sensores que aporten en el rendimiento de producción de un mejor compost a grandes escalas, así como en la evaluación de alternativas que puedan instaurar la eficacia del producto. Además, se recomienda explorar la posibilidad de incorporar algoritmos de inteligencia artificial que puedan optimizar todas las fases de obtención de humus de lombriz y que al mismo tiempo ofrezcan al usuario recomendaciones personalizadas basadas en los datos recopilados.
- Se sugiere examinar herramientas y dispositivos de alerta y acción, que permita cubrir el control y gestión automatizada de residuos de forma remota, que brinde información y contenidos formativos, con el objetivo de reducir procesos e interacción del usuario con el producto de forma presencial, sin necesidad de incrementar en gran medida el precio de venta al público del producto, así mismo, definir una plataforma de recopilación de datos que implique un recurso valioso para la toma de decisiones en mejoras del producto.
- Se recomienda explorar diferentes materiales, cuyo origen sea amigable con el medioambiente o, a su vez, de procedencia reciclada, y estrategias de producción sostenible, que permitan la escalabilidad de los proyectos, formulando posturas que incrementen la calidad y durabilidad, sin dejar de lado las capacidades de fabricación, asegurando de esta manera la accesibilidad y asequibilidad al público. A su vez, es apropiado considerar para este tipo de proyectos alianzas estratégicas con instituciones afines a la agricultura, con empresas locales especializadas en IoT, así como con organizaciones gubernamentales y comunidades para promover una producción y distribución a gran escala.

- Finalmente, dentro del contexto de desarrollo sostenible, se aconseja el planteamiento de diseños e implementación de objetos, a nivel de exhibición del producto, que permitan promover la concientización del cuidado de los recursos y del entorno; así como también, que en el ámbito tecnológico se fomenten los beneficios de utilizar tecnologías IoT, que consienten conocer el funcionamiento de un producto y sus múltiples beneficios, pues el uso de estos implementos puede tener un gran impacto en la vida de las usuarios y sus comunidades, frente al desarrollo del mundo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benito, Á. (2019). Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32. (U. D. ALCALÁ, Ed.) Alcalá, España.
- Cando, C. (2021). *Boletín Técnico. Estadística de Información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. Obtenido de Ecuador en cifras: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2020/Residuos\\_solidos\\_2020/Bol etin\\_Tecnico\\_Residuos\\_2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Residuos_solidos_2020/Bol etin_Tecnico_Residuos_2020.pdf)
- Chávez, M., & Tréboles, K. (2023). EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE COMPOSTAJE A PARTIR DE DIFERENTES TAMAÑOS DE RESIDUOS ORGÁNICOS. En U. P. SALESIANA (Ed.), (pág. 109). Quito, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24312/1/TTS1174.pdf>
- Coyachamín, J. (2021). *“DISEÑO DE UN BIORREACTOR PARA LA OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE HOJAS DE MORA Y ESTIÉRCOL DE CUY*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba. Obtenido de ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14896/1/96T00612.pdf>
- Dehradun, S. (2022). *PH Sensor interfacing with New Blynk2.0 using NuttyFi, NodeMCU & ESP32 with Programming code- DIY* [Video de Youtube]. Obtenido de <https://bit.ly/47jgOJP>
- FAO. (2013). MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. Santiago de Chile. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>
- Feria, H., Matilla, M., & Mantecón, S. (2020). LA ENTREVISTA Y LA ENCUESTA: ¿MÉTODOS O TÉCNICAS DE INDAGACIÓN EMPÍRICA? (pág. 18). Cuba: Revista Didasc@lia. doi:ISSN 2224-2643

- García, A. (2021). Diseño e implementación de un sistema IoT mediante la plataforma ESP32 para la automatización del proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos., (pág. 83). Valencia, España. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/174747>
- González, L., Sofía, O., Laguía, D., Gesto, E., & Hallar, K. (2020). Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT. Santa Cruz, Argentina. doi:<http://doi.org/10.22305/ict-unpa.v12.n3.744>
- González, M. (s.f). Metodología del Diseño. (pág. 57). Universidad de Londres.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción. *ReciMundo* (pág. 11). Babahoyo, Ecuador: Saberes del Conocimiento. doi:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- Hassan, Y. (2015). Experiencia de Usuario: . (pág. 139). Calmly Writer.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). Metodología de la investigación (3ra ed.). Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Honobe, Y. (2013). Método Takakura, herramienta de responsabilidad ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Knapp, J., Zeratsky, K., & Kowitz, B. (2016). Sprint: El método para resolver problemas y testar nuevas ideas en sólo cinco días. (pág. 300). Google Ventures.
- Martín, A., Gaetán, G., Saldaño, V., Cardozo, C., Carrizo, A., & Villagra, S. (2018). Diseño y Evaluación de Experiencia de Usuario (UX) para Multi-Dispositivos2. (pág. 5). Patagonia Austral: Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Caleta Olivia (UNPA-UACO).

Martín, C. (2023). *SUSTENTA VERMI: Vermicompostera con internet de las cosas para el hogar*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/173536/sustenta-vermi.pdf?sequence=1>

Montiel, A., Nayeli, M., Rubén, P., & Fernández, G. (2021). *INDUSTRIA 4.0 COMO HERRAMIENTA EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN.*, (pág. 20). n. Purísima del Rincón-México. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/358099513\\_Industria\\_40\\_como\\_herramienta\\_en\\_la\\_agricultura\\_de\\_precision-monitoreo\\_y\\_control\\_de\\_produccion\\_agricola\\_Una\\_sintesis\\_de\\_la\\_literatura](https://www.researchgate.net/publication/358099513_Industria_40_como_herramienta_en_la_agricultura_de_precision-monitoreo_y_control_de_produccion_agricola_Una_sintesis_de_la_literatura)

ORGÁNICOS, R. (2020). *¿CÓMO COMPOSTAR O VERMICOMPOSTAR EN CASA?* Chile. Obtenido de <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/10/Mini-libro-de-bolsillo-Como-compostar-en-casa.pdf>

Pastor, C. (2019). *Proyecto de Diseño de un Biorreactor para la Producción de Compost a partir de Biorresiduos*. Obtenido de UNIVERSITAT JAUME I: <https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/183933/TFG%20C.Pastor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Prada, L., & Martínez, M. (2022). *Diseño e implementación de un sistema de compostaje en la huerta la granja feliz del municipio de Madrid*. Obtenido de Universidad de la Salle: Bogotá: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=3041&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=3041&context=ing_ambiental_sanitaria)




Salazar, J., & Silvestre, S. (2016). *Internet de las cosas.*, (pág. 34). Technická, Czech Republic. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf)


- Salinas, C., León, M. d., Pérez, M., & Yagello, J. (2018). *Manual de compostaje para zonas frías*. Obtenido de Universidad de Magallanes: <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Manual-de-Compostaje.pdf>
- Salinas, E., Anacona, J., Patiño, O. F., & Millán, E. E. (2021). Desarrollo de un contenedor y clasificador automático de material reciclable como estrategia de economía circular en el contexto educativo. (págs. 157-173). Caquetá, Colombia: Universidad del Norte. doi:<https://doi.org/10.14482/unrf.39.1.414.01>
- Santos, S., & Urquiaga, R. (2013). *Compostaje y Vermicompostaje Doméstico*. (E. a. Medio", Ed.) Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-04-santos-urquiaga\\_tcm30-163607.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-04-santos-urquiaga_tcm30-163607.pdf)
- Singh, S. G. (2023). . "*Vermicompost Production Technology*". Obtenido de (<https://phys.org/news/2023-07-korean-team-room-temperature-ambient-pressure-superconductor.html>)
- Vilchis, L. (2002). *Metodología del Diseño: Fundamentos Teóricos*. México: Claves Latinoamericanas.
- Ynzunza, C., Izar, J., Bocarando, J., Aguila, F., & Larios, M. (2017). *El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras.*, (pág. 19). México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/94454631006.pdf>

## ANEXOS

## Anexo 1. – Formato encuesta para usuarios


Pontificia Universidad Católica del Ecuador		 <b>PUCE</b>		
<b>VERMICOMPOSTERA DOMÉSTICA APOYADA EN TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA REDUCCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS</b>				
<b>Objetivo:</b> Determinar datos valiosos para el diseño de vermicomposteras domésticas apoyadas en tecnologías IoT. Lea de forma detenida y responda en base a su experiencia y opinión. Se agradece su tiempo y colaboración.				
<b>Nombre del investigador</b>	Gerson Ariel Valle Bustillos			
<b>Fecha:</b>				
<b>DESARROLLO</b>				
<b>Pregunta 1: ¿Conoce lo que es una vermicompostera?</b>				
Si		No		
<b>Pregunta 2: ¿Ha realizado compostaje en su hogar?</b>				
Si		No		
<b>Pregunta 3: ¿Qué le motivó o le motivaría a comenzar a usar una vermicompostera?</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conciencia ambiental</li> <li>• Reducción de residuos</li> <li>• Producción de compost para jardinería</li> <li>• Curiosidad o interés personal</li> <li>• Todas las anteriores</li> </ul>				
<b>Pregunta 4: ¿Está familiarizado con el concepto de Internet de las Cosas (IoT)?</b>				
Si		No		
<b>Pregunta 5: ¿Cómo calificaría la importancia de integrar Tecnologías IoT en una vermicompostera? En escala del 1 al 5, siendo uno no importante y 5 muy importante.</b>				
1. No importante	2. Poco importante	3. Neutra	4. Importante	5. Muy importante
<b>Pregunta 6: ¿Qué características considera esenciales en una vermicompostera con tecnología IoT? (Marque todas las que apliquen)</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo de temperatura</li> <li>• Monitoreo de humedad</li> <li>• Control de pH (Acidez del suelo)</li> <li>• Automatización del proceso de compostaje</li> <li>• Alertas y notificaciones</li> <li>• Facilidad de uso y configuración</li> <li>• Diseño y estética</li> </ul>				
<b>Pregunta 7: ¿Cuál sería su principal preocupación al usar una vermicompostera con tecnología IoT?</b>				

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Privacidad y seguridad de los datos</li> <li>• Costo del dispositivo</li> <li>• Mantenimiento y durabilidad</li> <li>• Complejidad de la tecnología</li> <li>• Eficacia del compostaje</li> <li>• Visualización de lombrices</li> </ul>		
<b>Pregunta 8: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una vermicompostera con tecnología IoT?</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$150 - \$250</li> <li>• \$250 - \$350</li> <li>• \$350 - \$500</li> <li>• \$750 - \$1000</li> </ul>		
<b>Pregunta 9: ¿Qué tipo de soporte o recursos considera necesarios para adoptar una vermicompostera con tecnología IoT en su hogar?</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales de usuario y guías</li> <li>• Videos tutoriales</li> <li>• Soporte técnico en línea</li> <li>• Comunidad de usuarios</li> <li>• Asesoramiento personalizado</li> </ul>		
<b>Pregunta 10: ¿Cuál sería el lugar para colocar una vermicompostera en su casa?</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocina</li> <li>• Patio</li> <li>• Terraza</li> <li>• Cuarto de estar</li> <li>• Pasillo de la casa</li> </ul>		
<b>Pregunta 11: ¿Qué aspectos del diseño de una vermicompostera con tecnología IoT considera más importantes para su integración en su hogar?</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionalidad y eficiencia</li> <li>• Estética y apariencia</li> <li>• Tamaño y forma</li> <li>• Facilidad de uso</li> <li>• Materiales sostenibles y ecológicos</li> <li>• Compatibilidad con la decoración del hogar</li> </ul>		
<b>Pregunta 12: ¿Con qué estilo se identifica?</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimalista</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wabi Sabi</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nórdico</li> </ul> 

<ul style="list-style-type: none"><li>Industrial</li></ul> 	<ul style="list-style-type: none"><li>Otro (Por favor, especifique _____</li></ul>	
--	--	--

Fuente: elaboración propia

## Anexo 2. – Formato entrevista experto agropecuario o temas afines


Pontificia Universidad Católica del Ecuador		 <b>PUCE</b>	
<b>VERMICOMPOSTERA DOMÉSTICA APOYADA EN TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA REDUCCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS</b>			
<b>Objetivo:</b> Determinar datos valiosos para el diseño de vermicomposteras domésticas apoyadas en tecnologías IoT			
<b>Nombre del investigador</b>		Gerson Ariel Valle Bustillos	
<b>Fecha:</b>		05/03/24	
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Nombre del entrevistado:</b>			
<b>Cargo:</b>			
<b>Tiempo de experiencia:</b>			
<b>Experiencia laboral, estudios, certificaciones, reconocimientos</b>			
<b>DESARROLLO</b>			
<b>¿Cuáles son los principales beneficios del vermicompostaje en comparación con otros métodos de compostaje?</b>			
<b>¿Cómo influyen las condiciones ambientales en la eficacia del vermicompostaje?</b>			
<b>¿Qué recomendaciones daría para el mantenimiento óptimo de una vermicompostera doméstica?</b>			
<b>¿Qué parámetros de calidad del compost producido considera más importantes y cómo se pueden medir?</b>			
<b>¿Cómo pueden las tecnologías IoT mejorar el proceso de vermicompostaje y la calidad del compost resultante?</b>			

## Anexo 3. – Formato entrevista expertos IoT o afín

<b>VERMICOMPOSTERA DOMÉSTICA APOYADA EN TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA REDUCCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS</b>	
<b>Objetivo:</b> Determinar datos valiosos para el diseño de vermicomposteras domésticas apoyadas en tecnologías IoT.	
<b>Nombre del investigador</b>	Gerson Ariel Valle Bustillos
<b>Fecha:</b>	05/12/23
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>	
<b>Nombre del entrevistado:</b>	
<b>Cargo:</b>	Experto en IoT o afín
<b>Tiempo de experiencia:</b>	
<b>Experiencia laboral, estudios, certificaciones, reconocimientos</b>	
<b>DESARROLLO</b>	
¿Cuáles son los desafíos más comunes al integrar tecnologías IoT en dispositivos de compostaje doméstico?	Respuesta
¿Qué sensores y tecnologías IoT recomendaría para monitorear y optimizar una vermicompostera doméstica?	
¿Cómo pueden las interfaces de usuario ser diseñadas para facilitar la interacción con las vermicomposteras IoT?	
¿Qué papel juega el análisis de datos en tiempo real en la mejora continua del proceso de vermicompostaje?	
¿Cómo se puede garantizar la seguridad y privacidad de los datos recopilados por las vermicomposteras con tecnología IoT?	

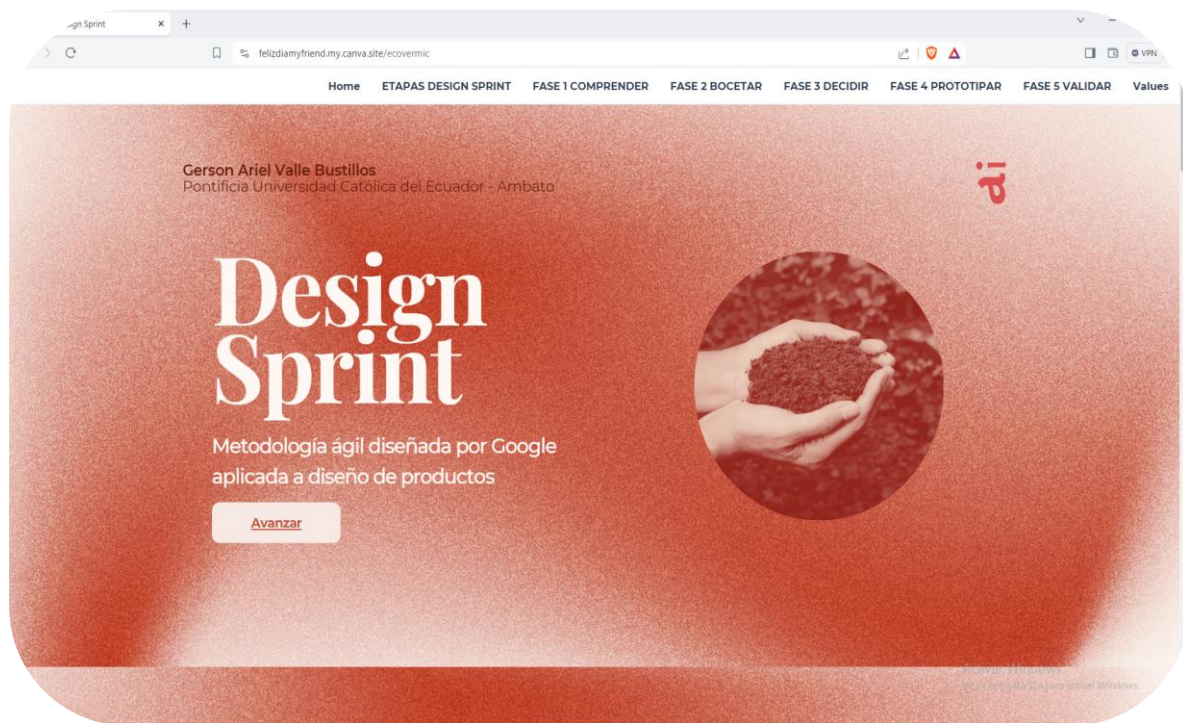
Fuente: elaboración propia

## Anexo 4. – Formato ficha de observación

Pontificia Universidad Católica del Ecuador					
<b>Ficha 1</b>					
<b>Recopilación de residuos en hogares de la ciudad de Ambato</b>					
<b>Objetivo:</b> Observar la clasificación de residuos, los tipos de residuos orgánicos y su estado, la cantidad y frecuencia de desechos orgánicos y los tipos de contenedores, así como su localización en los hogares. Además, se adiciona las observaciones de los dueños de la casa en base al tema					
<b>Responsable:</b> Gerson Ariel Valle Bustillos	<b>Fecha:</b> 22/03/2024				
<b>Imagen</b>	<b>Observaciones</b>				
<b>Hogar 1</b>	<b>1. Clasificación de Residuos</b>	<b>2. Tipos de residuos orgánicos y estado</b>	<b>3. Cantidad y Frecuencia</b>	<b>4. Tipo de contenedor y ubicación</b>	<b>5. Observaciones de los dueños de hogar</b>
<b>Hogar 2</b>					
<b>Hogar 3</b>					

Fuente: elaboración propia

## Anexo 5. – Web de avances

**Figura 15.** Web de avances vermicompostera Metodología Design Sprint

Fuente: Obtenido de <https://aimredi.my.canva.site/ecovermic>





## ELEMENTOS DE LA VERMICOMPOSTERA

TAPA UNIVERSAL CON TIRA DE LUZ LED

MÓDULO DE MIGRACIÓN

MÓDULO ALPHA FULL CON PANTALLA

CAJÓN

SECCIÓN DE ALMACENAMIENTO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

BANDEJA DE LIXIVIADOS

BASE CON ESTRUCTURA DE TUBO NEGRO CON LÁMINA



Proyecto de grado - Gerson Valle - PUCE Ambato

## Anexo 8. – Ficha de presentación: Estructural – Componentes Electrónicos

Ficha de presentación: Estructural - Componentes electrónicos

# ECOVERMIC

“LA POSIBILIDAD DE UN MUNDO MÁS VERDE CONTENIDO EN ESTILO **MINIMALISTA**”

## COMPONENTES ELECTRONICOS



ESP32

Pantalla LCD 2X16

Sensor de Humedad de suelo FC - 28

Modulo Y Sensor De PH-4502c

Sensor de temperatura y humedad DHT22

Cajón plástico para material y heramientas de jardinería urbana

\*Componentes varios  
Incluye: resistencias, conectores, cables, tira led RGB, transistores, espadines. etc

Proyecto de grado - Gerson Valle - PUCE Ambato

Fuente: elaboración propia

## Anexo 9. – Ficha de presentación: Estética - Materiales

Ficha de presentación: Estética - Materiales

# ECOVERMIC

"LA POSIBILIDAD DE UN MUNDO MÁS VERDE CONTENIDO EN ESTILO **MINIMALISTA**"

## MATERIALES

- Madera, color de tinte: roble dorado
- Resina plástica reforzada con fibra de vidrio, color blanco tiza, semi mate, tacto suave.
- Resina plástica reforzada con fibra de vidrio color negro, semi mate, tacto suave.
- Madera, color de tinte: roble dorado
- Lamina de acero con terminado semi mate
- Tubo redondo negro de acero de 1/2"

Proyecto de grado - Gerson Valle - PUCE Ambato

Fuente: elaboración propia

## Anexo 10. – Ficha de presentación: Aspectos Funcionales

Ficha de presentación: Aspectos funcionales

# ECOVERMIC

"LA POSIBILIDAD DE UN MUNDO MÁS VERDE CONTENIDO EN ESTILO MINIMALISTA"

## FUNCIONAMIENTO E INTERACCION USUARIO PRODUCTO

**Paso 1:** Saca tu ecovermic de su empaque y ármalo según las instrucciones. Reserva el módulo de migración y el manual incluido.

**Paso 2:** Enciende la ecovermic y descarga la aplicación de Blynk IoT desde Play Store o App Store

**Paso 3:** Ingresa con tu usuario, presiona "añadir nuevo dispositivo" y conecta tu celular a la red wifi generada por la ecovermic y revisa que se registre en el inicio.

**Paso 4:** Levanta la tapa universal y coloca una cama para las lombrices con cartón troceado semihúmedo y, si es posible, fibra de coco húmeda.

**Paso 4:** A la cama también puedes agregar material como paja, hojas y ramas secas, papel y periódicos picados o el mismo humus.

**Paso 5:** Una vez tengas una cama de 2 a 4 cm de altura, espera entre 3 días a una semana hasta que se adapten las lombrices a su nuevo hogar. Sólo controla la humedad durante este período.

**Paso 6:** Una vez pasada la adaptación, coloca tus residuos orgánicos en tu ecovermic, ten en cuenta cuáles son aptos según el manual.

**Paso 7:** Repite el proceso, coloca residuos, controla los parámetros mediante los indicadores (pantalla, tira led y celular) y deja que las lombrices hagan su trabajo. Después de 3 meses podrás cosechar

**Paso 8:** Es momento de usar el módulo de migración, cosecha el humus según las indicaciones del manual. Limpia la ecovermic con un paño húmedo, revisa el contenido de lixiviados con frecuencia y que el ciclo continúe.

3 meses

SEÑALES

COSECHA

pH

HUMEDAD

TEMPERATURA

2-4 cm

Proyecto de grado - Gerson Valle - PUCE Ambato

Fuente: elaboración propia

## Anexo 11. – Ficha de presentación: Estética – Ambientación y Detalles

Ficha de presentación: Estética - Ambientación y detalles

# ECOVERMIC

"LA POSIBILIDAD DE UN MUNDO  
MÁS VERDE CONTENIDO EN  
ESTILO **MINIMALISTA**"

## PRODUCTO CON AMBIENTACION



## RENDER DE DETALLE

Pantalla



Rejilla de ventilación



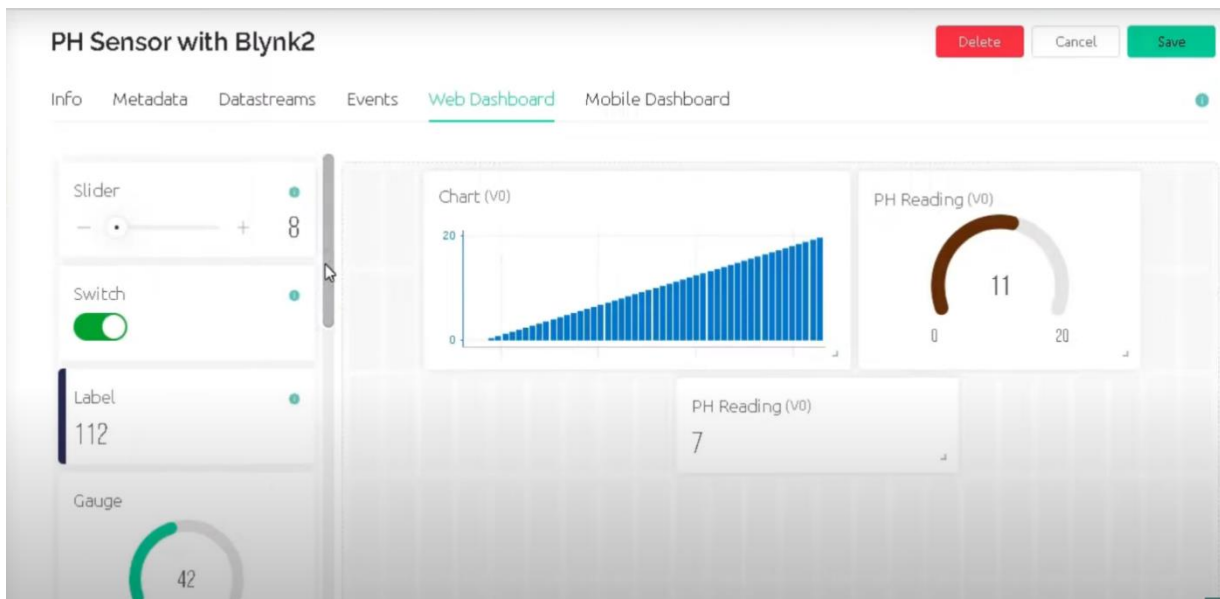
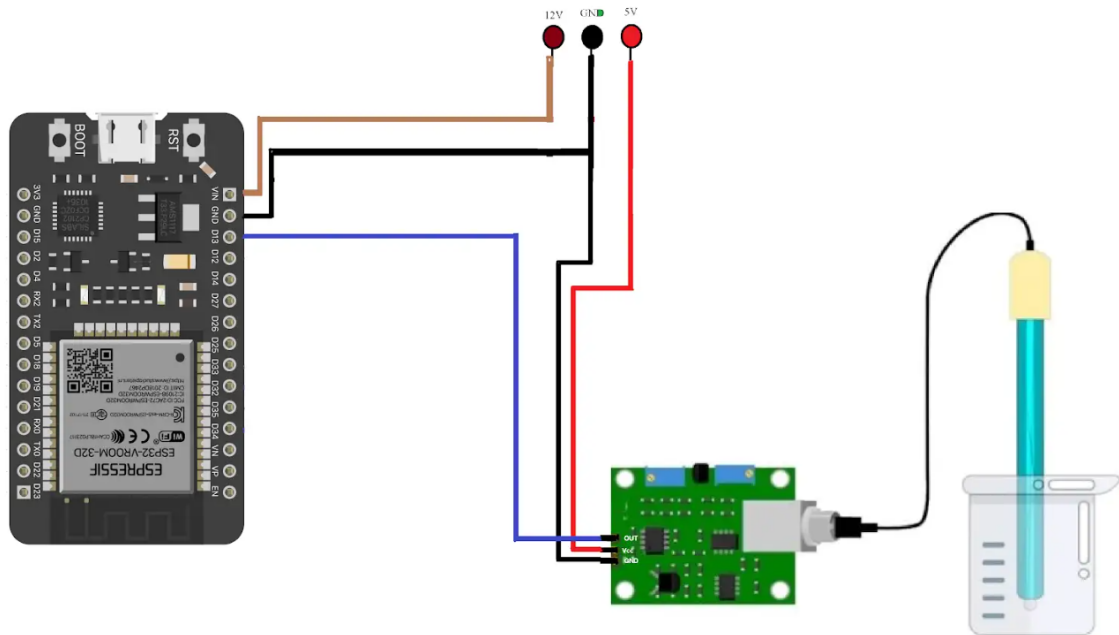
Tubo negro de 1/2 "



Proyecto de grado - Gerson Valle - PUCE Ambato

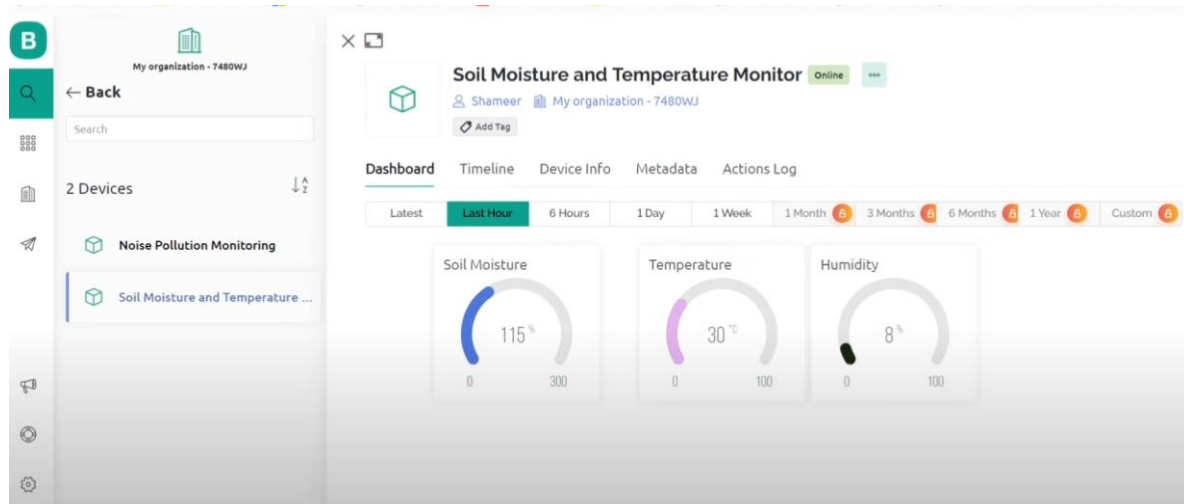
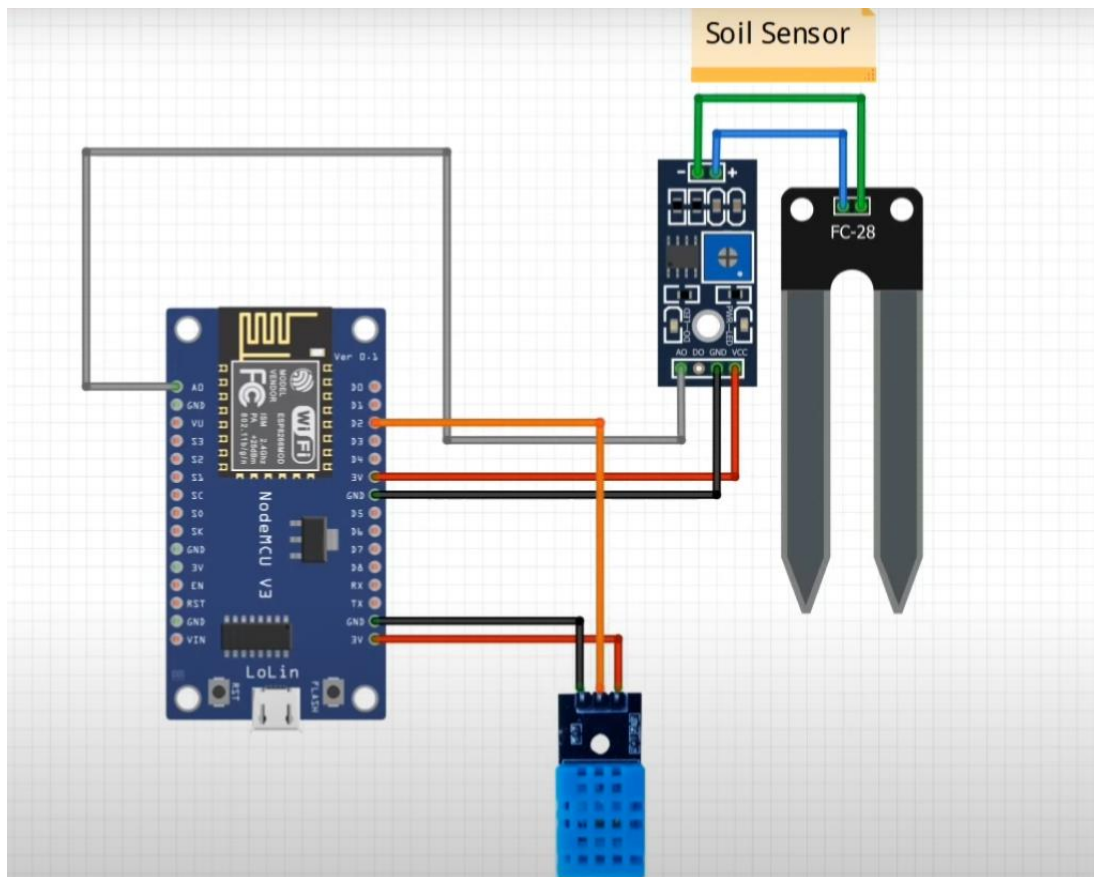
Fuente: elaboración propia

## Anexo 12. – Esquema para sensor de pH y visualización en dashboard web de Blynk IoT



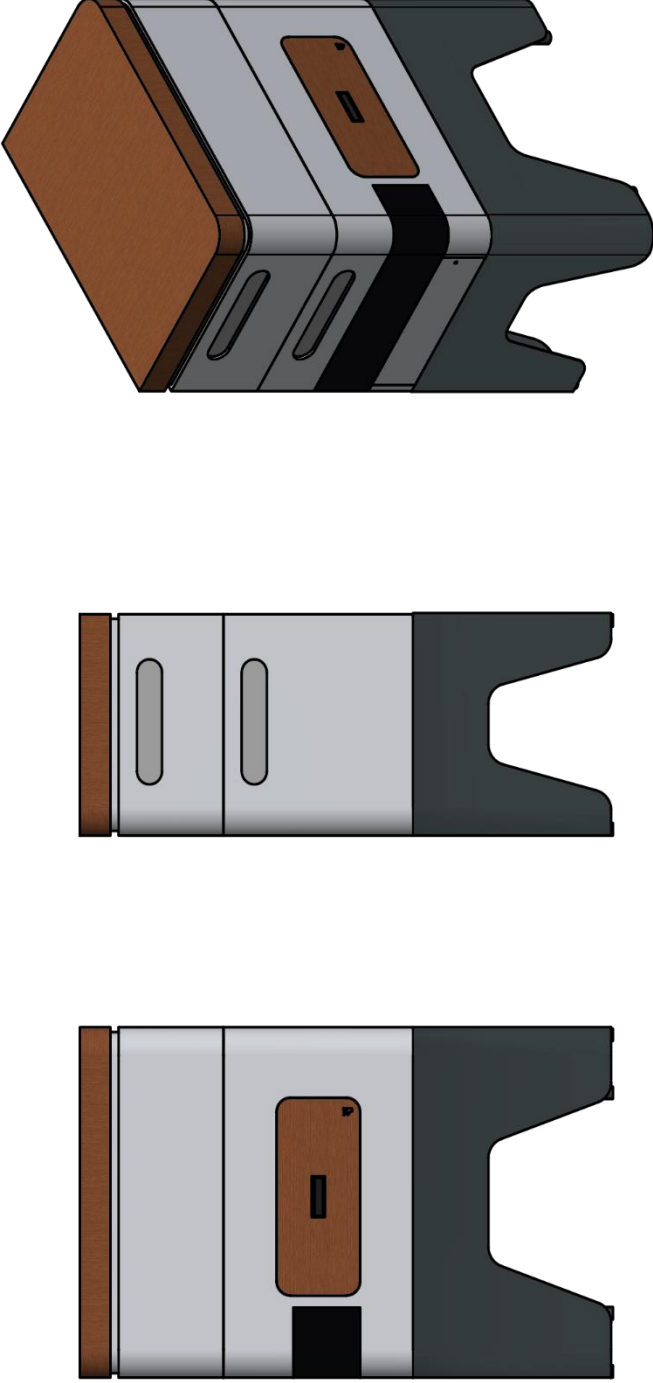
Fuente: tomado a partir de SME Dehradun, 2022


Anexo 13. – Esquema para sensor de humedad en suelo y visualización en dashboard web de Blynk IoT



Fuente: tomado a partir de SME Dehradun, 2022

Anexo 14 - Planos constructivos



Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por: MG. QUISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 08/05/2024	
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO</b>			ECOVERMIC		Unidades: mm
			VISTA DE PRODUCTO		ESCALA: 1:10
					Hoja: 1

LISTA DE PIEZAS		LISTA DE PIEZAS	
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	
1	1	ESTRUCTURA METÁLICA BASE	
2	1	BANDEJA PARA MIGRACIÓN	
3	1	BANDEJA DE LIXIVIADOS	
4	1	MÓDULO DE COMPOSTAJE	
5	1	CAJÓN	
6	1	CHAPA DE MADERA	
7	1	LÁMINA BASE CHAPA METÁLICA	
8	1	TAPA DE ELECTRÓNICA	
9	1	TAPA UNIVERSAL	
10	1	SIMULACIÓN DE PANTALLA COMPLETA	
11	4	REJILLA V2.1	
12	1	ESP32	
13	1	SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA	
14	1	SENSOR DE HUMEDAD FC28	
15	1	SENSOR DE PH 4502C	

Estructura metálica de tubo negro de 1/2 pulgada

**Diseño de:** VALLE. G

**Revisado por:** MG. QUISPE

**Aprobado por:** MG. QUISPE

**Sistema:** EUROPEO

**Fecha:** 08/05/2024

**Unidades:** mm

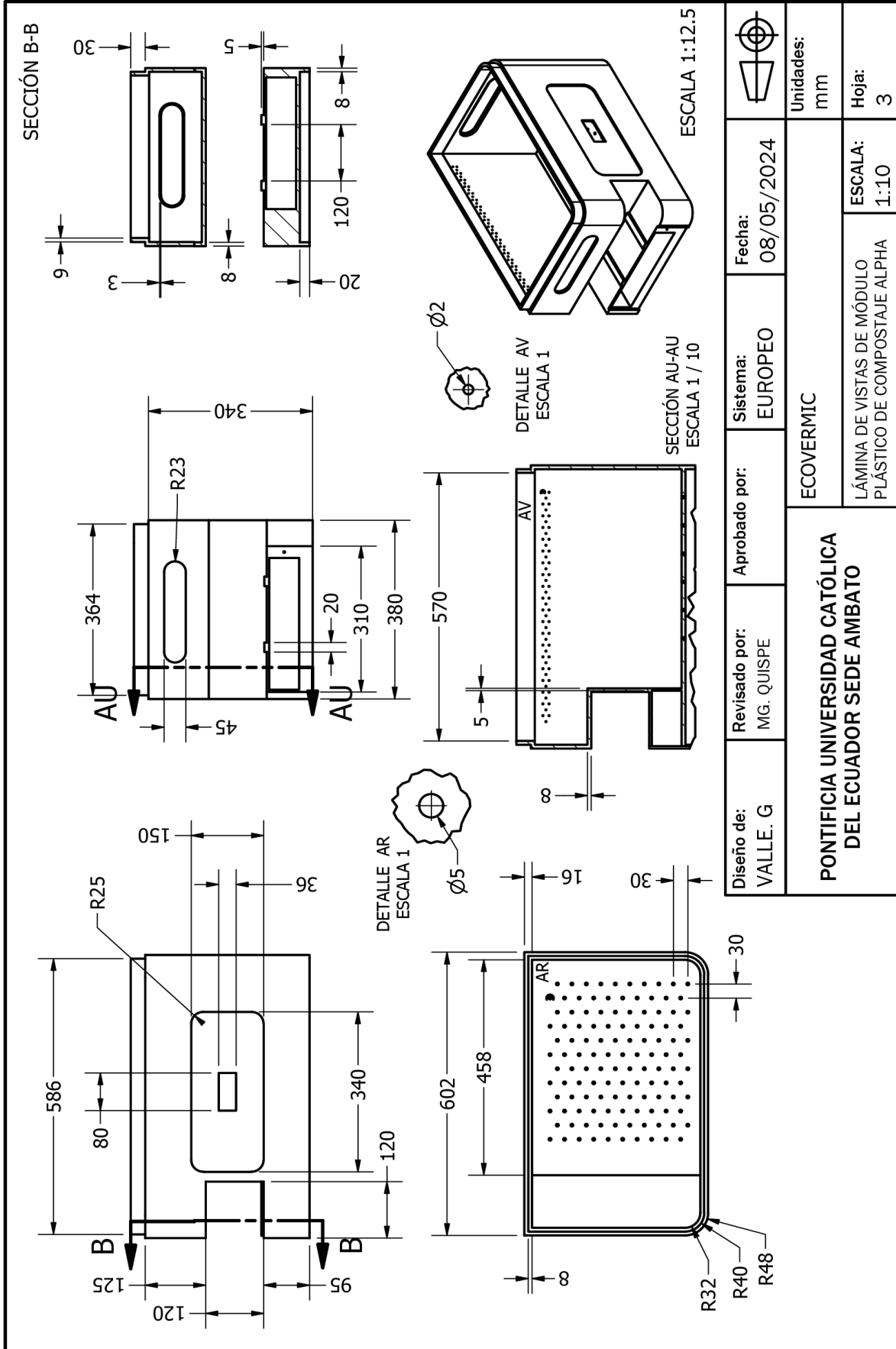
**Hoja:** 2

**ESCALA:** 1:20

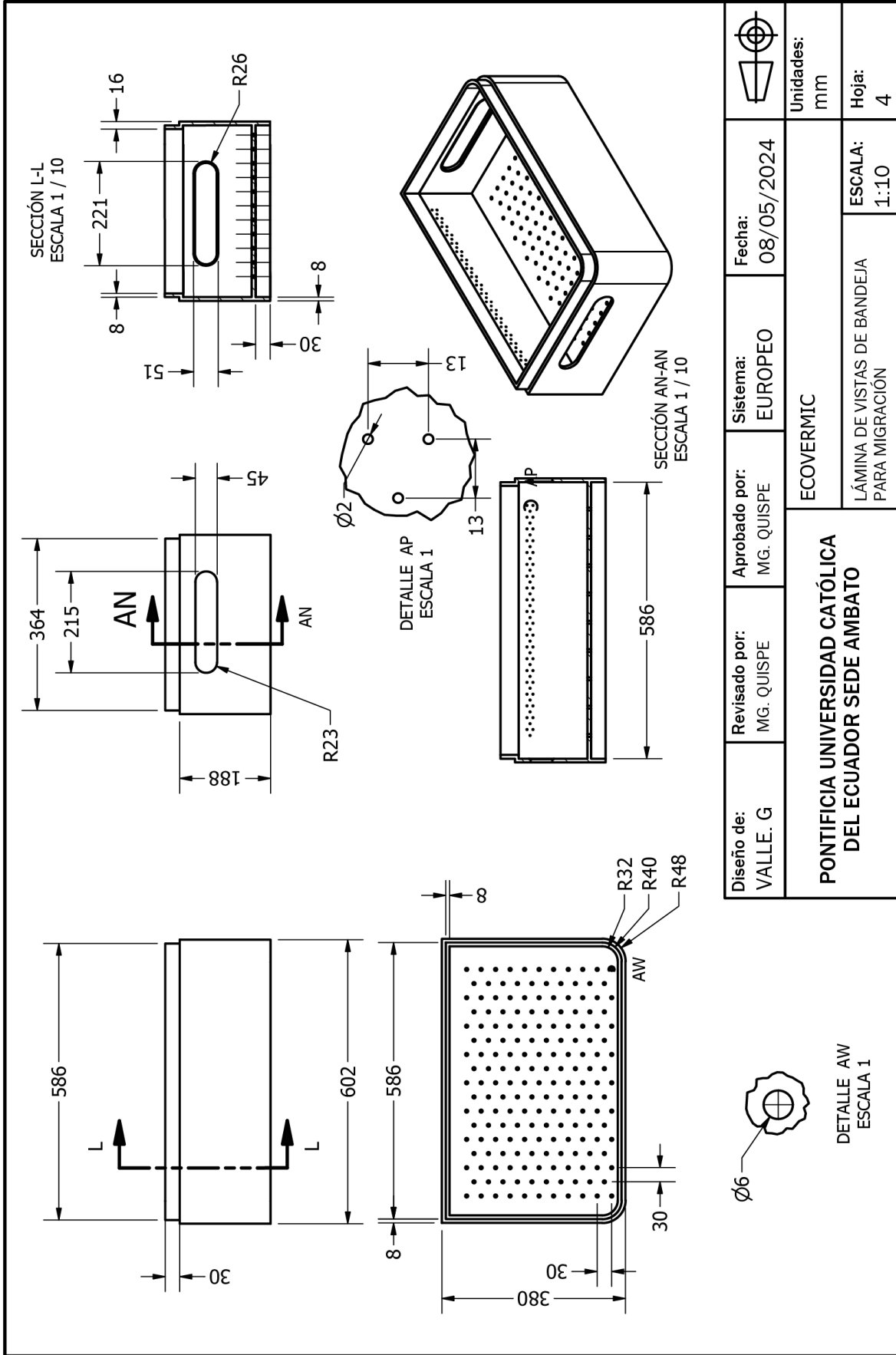
**ECOVERMIC**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO**

LÁMINA DE VISTA EXPLOTADA Y LISTA DE PIEZAS



Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUIJSE	Aprobado por:	Sistema: EUROPEO	Fecha: 08/05/2024	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO			ECOVERMIC		
			LÁMINA DE VISTAS DE MÓDULO PLÁSTICO DE COMPOSTAJE ALPHA		ESCALA: 1:10
					Hoja: 3

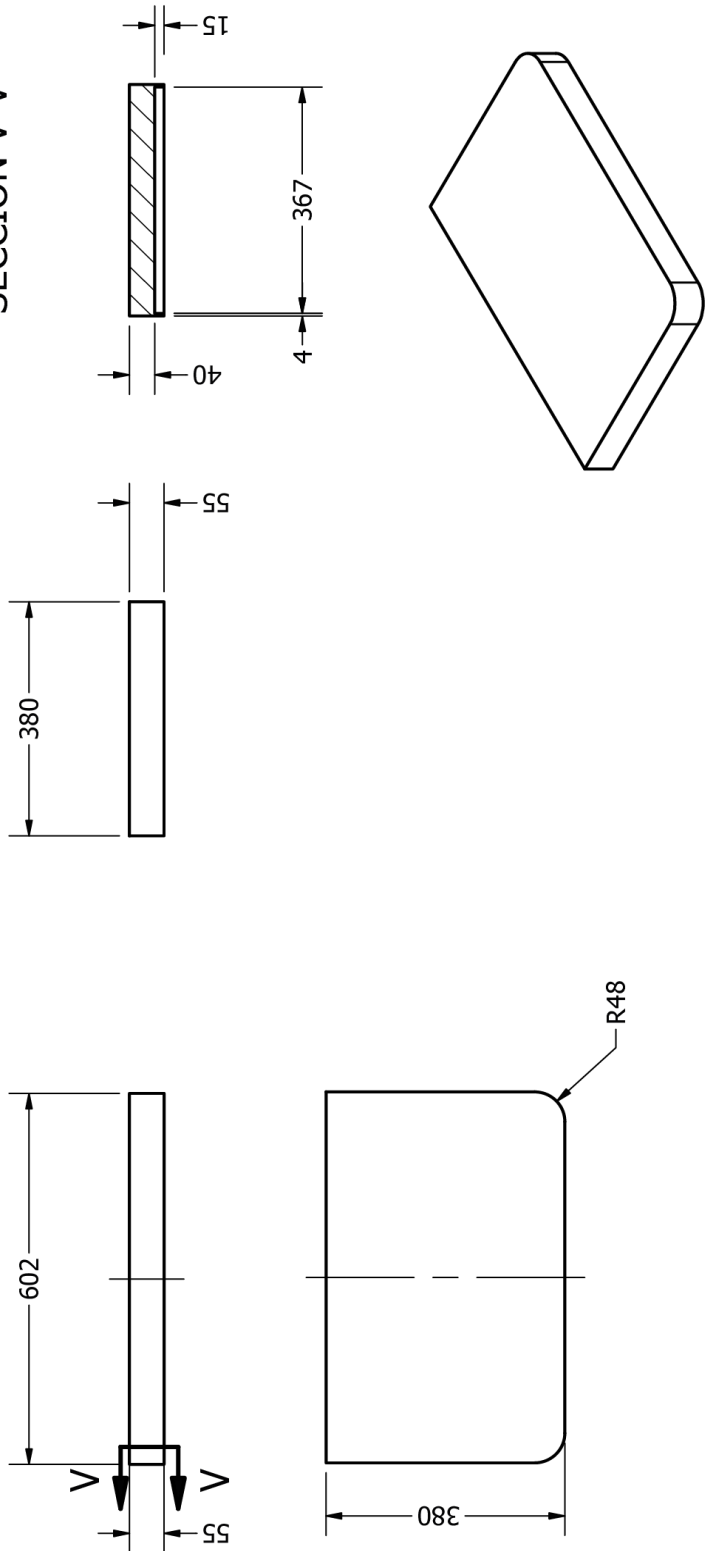


Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por: MG. QUISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 08/05/2024	Unidades: mm
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO</b>			ECOVERMIC		Hoja: 4
			LÁMINA DE VISTAS DE BANDEJA PARA MIGRACIÓN		

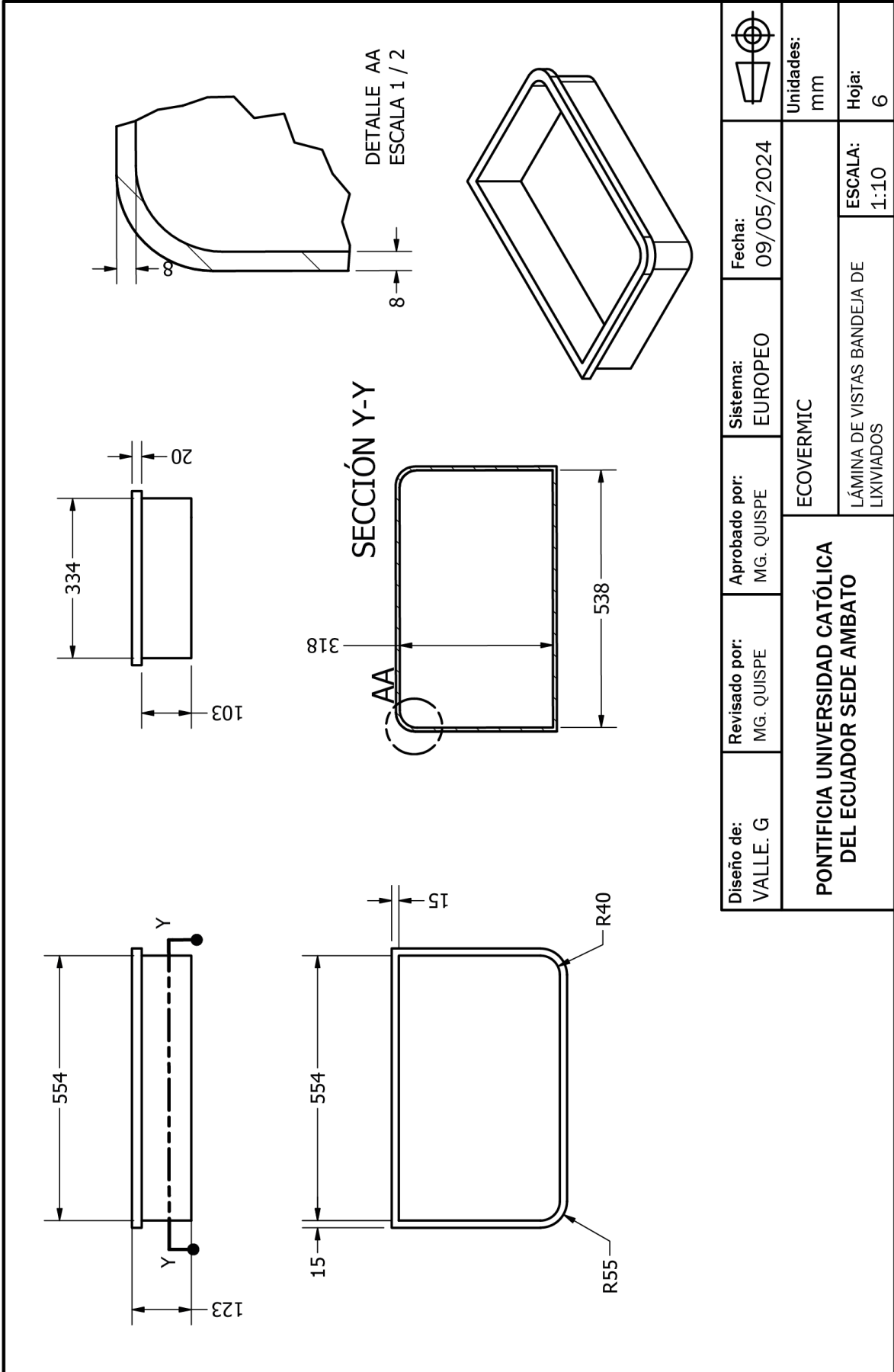


DETALLE AW  
ESCALA 1

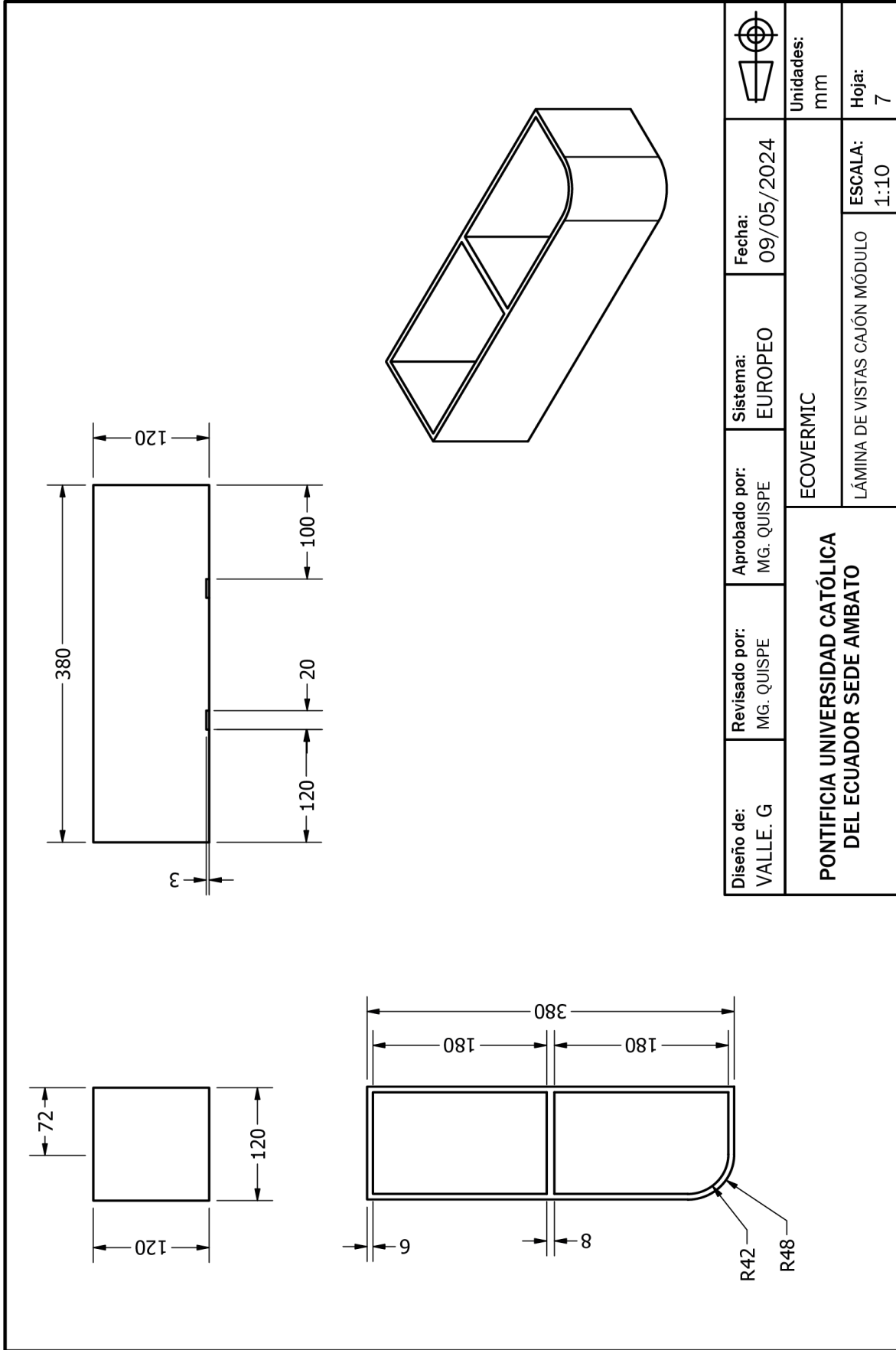
SECCIÓN V-V





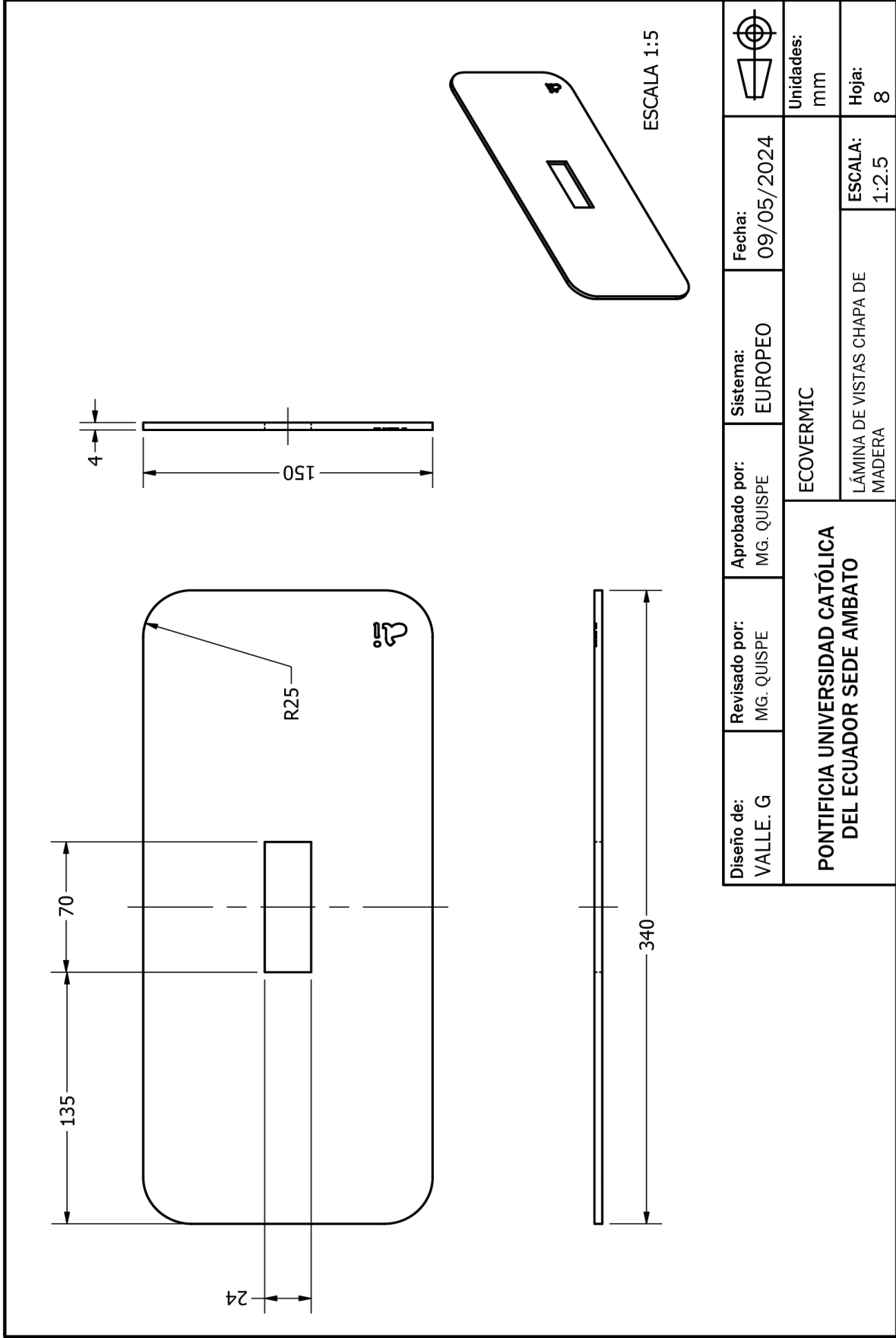
Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUIISPE	Aprobado por: MG. QUIISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 09/05/2024	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO			ECOVERMIC		Unidades: mm
			LÁMINA DE VISTAS DE TAPA UNIVERSAL		ESCALA: 1:10 Hoja: 5



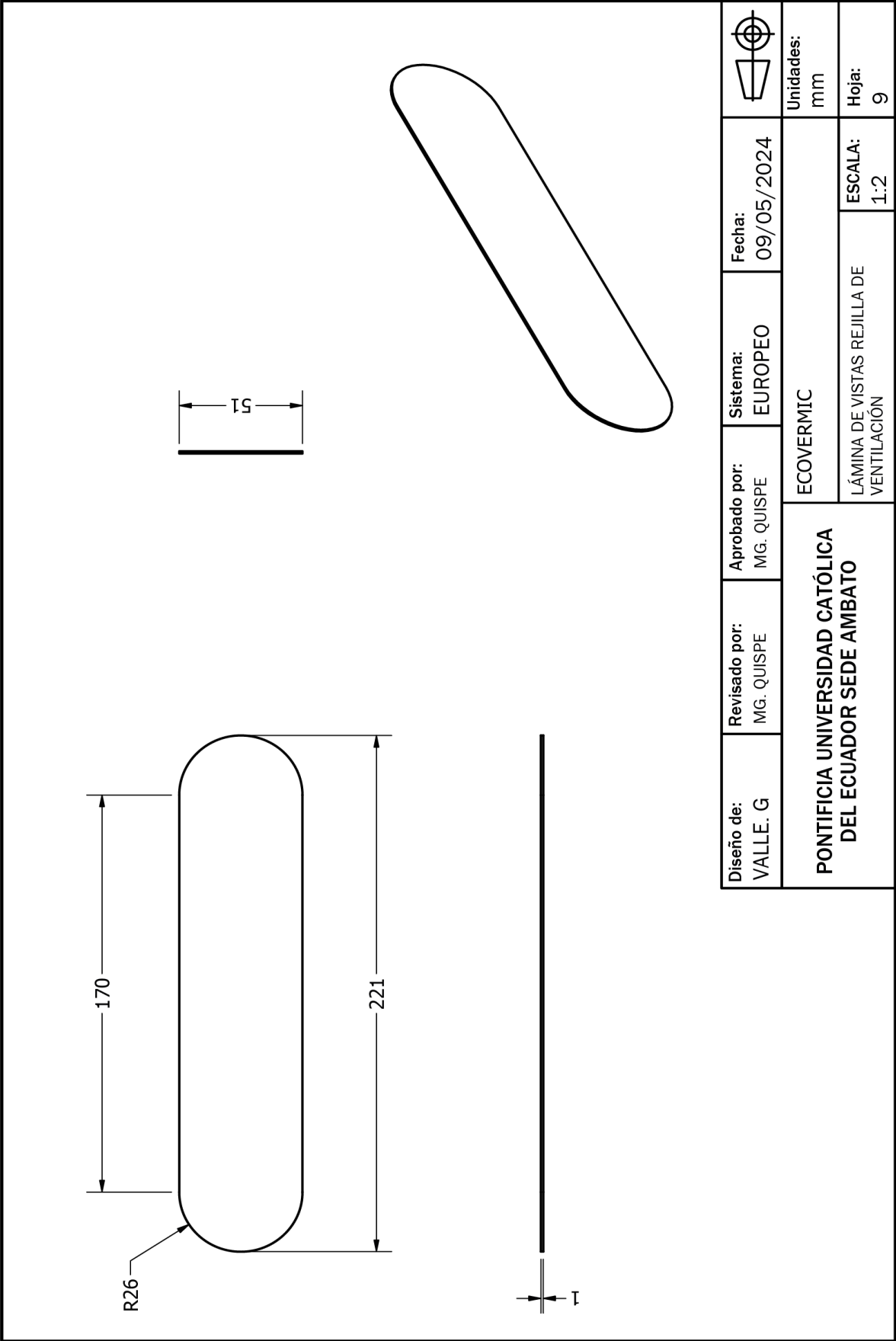
Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por: MG. QUISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 09/05/2024	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO			ECOVERMIC		Unidades: mm
			LÁMINA DE VISTAS BANDEJA DE LIXIVIADOS		ESCALA: 1:10 Hoja: 6

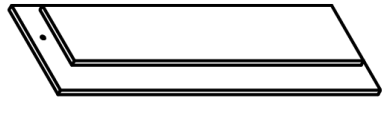
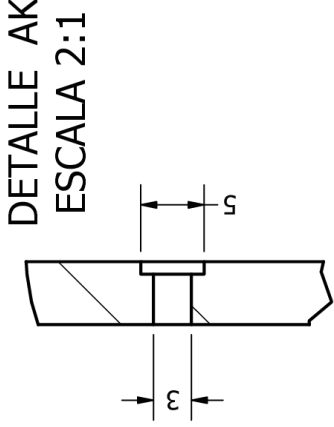
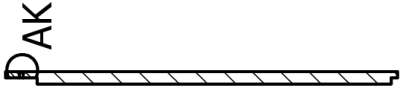
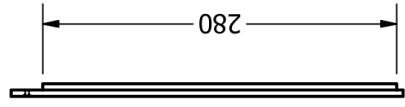
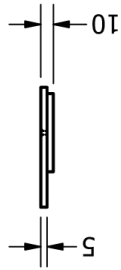
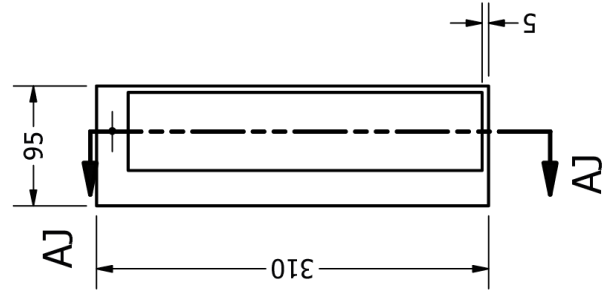


Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por: MG. QUISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 09/05/2024	 
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO			ECOVERMIC		Unidades: mm
			LÁMINA DE VISTAS CAJÓN MÓDULO		ESCALA: 1:10
					Hoja: 7



Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por: MG. QUISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 09/05/2024	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO			ECOVERMIC		Unidades: mm
			LÁMINA DE VISTAS CHAPA DE MADERA		ESCALA: 1:2.5 Hoja: 8

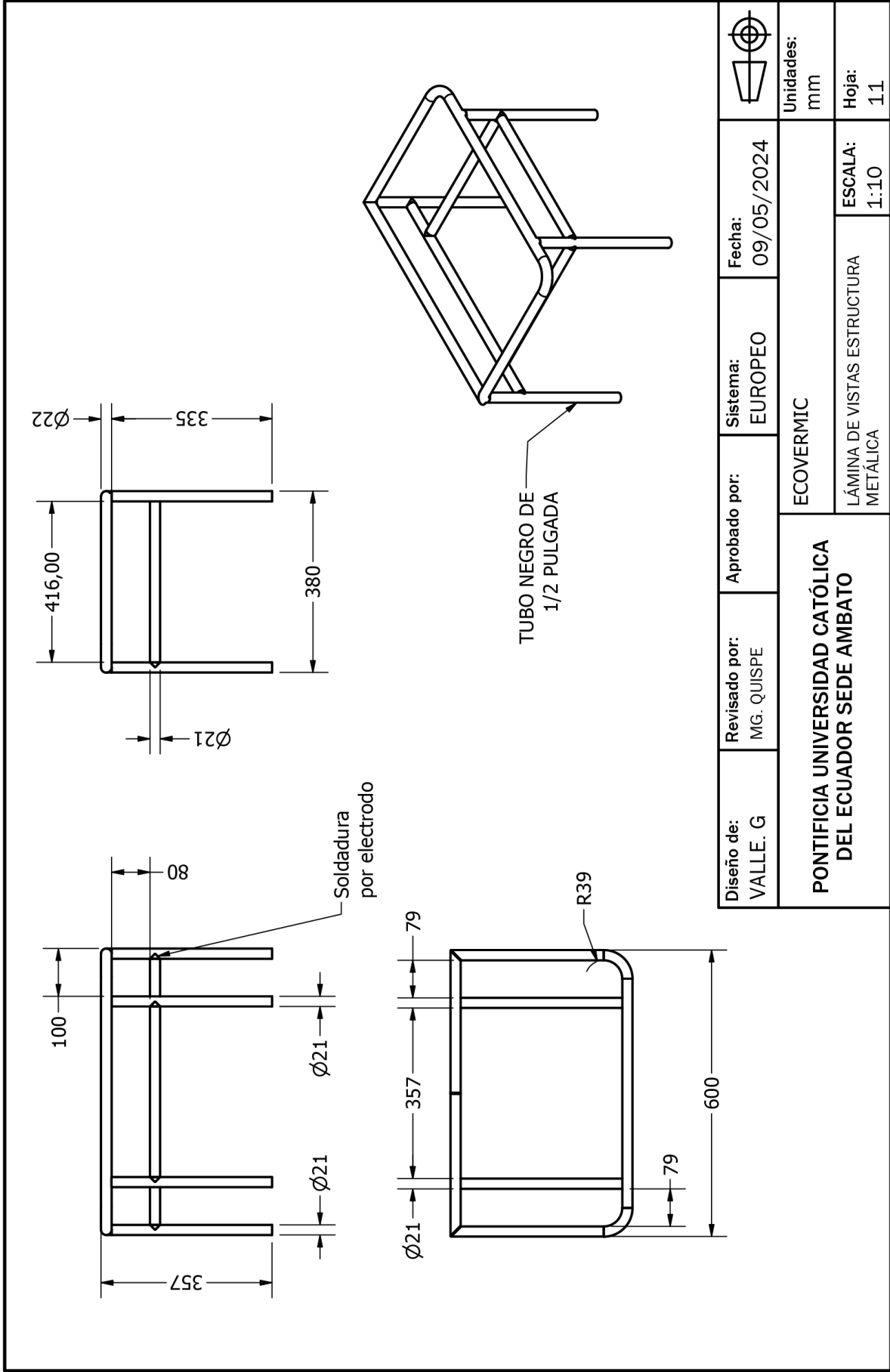


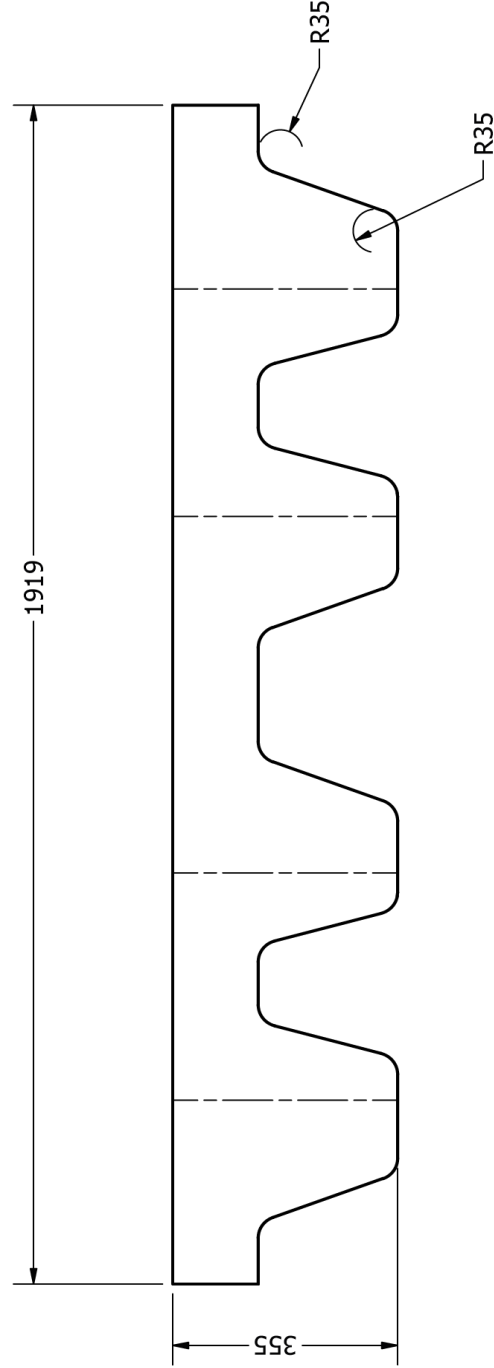


DETALLE AK  
ESCALA 2:1

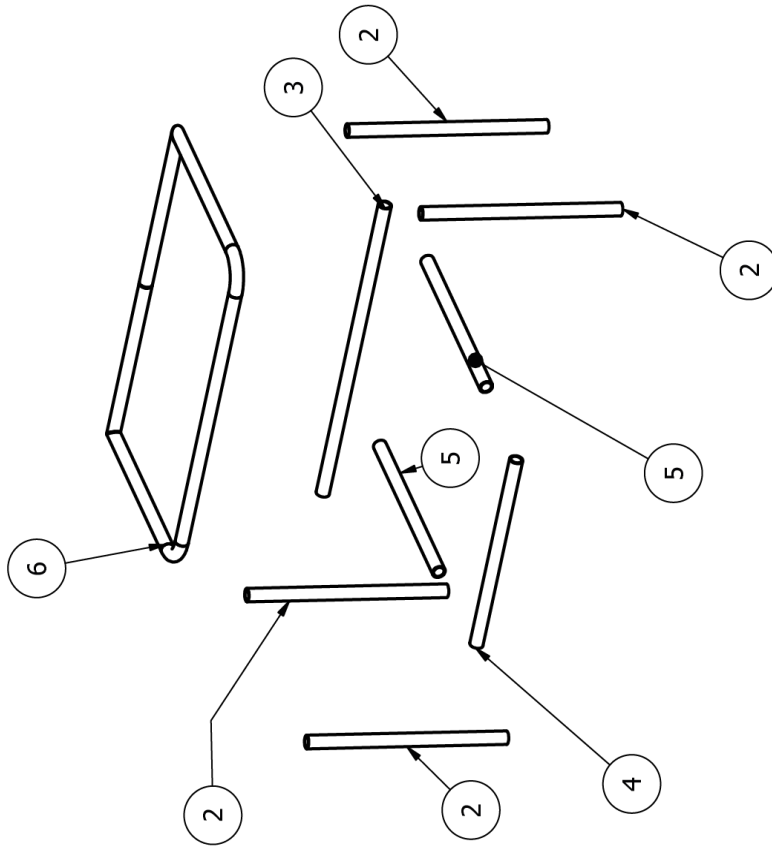
SECCIÓN AJ-AJ  
ESCALA 1 / 5

Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por: MG. QUISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 09/05/2024	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO			ECOVERMIC	Unidades: mm	
			LÁMINA DE VISTAS CHAPA DE MADERA	ESCALA: 1:5	Hoja: 10





Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por:	Sistema: EUROPEO	Fecha: 25/05/2024	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO			ECOVERMIC		Unidades: mm
			PATRÓN LÁMINA DE ACERO	ESCALA: 1:10	Hoja: 12



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTIDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
2	4	ISO 10799-2 - 21.3x2.0 - 335	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
3	1	ISO 10799-2 - 21.3x2.0 - 557,4	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
4	1	ISO 10799-2 - 21.3x2.0 - 357,4	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
5	2	ISO 10799-2 - 21.3x2.0 - 337,4	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
6	1	ISO 10799-2 - 21.3x2.0 - 1960	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío

Diseño de: VALLE. G	Revisado por: MG. QUISPE	Aprobado por: MG. QUISPE	Sistema: EUROPEO	Fecha: 25/05/2024	
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO</b>			ECOVERMIC		Unidades: mm
			VISTA EXPLOTADA ESTRUCTURA METÁLICA		ESCALA: 1:10
					Hoja: 13