

Sistema modular de contenedores para recolección y transporte de mora de castilla mediante diseño generativo

Modular container system for the collection and transport of blackberries using generative design

Recibido: 9, julio de 2026

Aceptado: 27, julio 2026

Publicado

online: 31, julio 2026

Como Citar: A. Lopez-Llanos, "Sistema modular de contenedores para recolección y transporte de mora de castilla mediante diseño generativo", *Revista Digital Científica Causalidad (caui3)*, vol. 2, no. 2, pp. 60-71, Jul. 2026, doi: 10.70929/caui3.v2i2.0026.

Alejandro López-Llanos ¹

¹Escuela de Hábitat, Infraestructura y Creatividad, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

ISSN: 3073-1518

Creative Commons CC BY 4.0



Autor de correspondencia: axlopez@pucesa.edu.ec

Resumen:

La mora de castilla representa uno de los cultivos agrícolas de mayor relevancia económica en la provincia de Tungurahua, Ecuador. Sin embargo, las pérdidas poscosecha superan el 30% de la producción total debido al uso de contenedores sin ventilación adecuada y al aplastamiento mecánico provocado por los continuos transvases del fruto durante las fases de recolección y transporte. En este estudio se ha desarrollado el diseño y la validación técnica de un sistema modular de contenedores optimizado mediante herramientas de diseño generativo e inteligencia artificial. La metodología adoptada se fundamenta en el enfoque del Doble Diamante (Descubrir, Definir, Desarrollar y Entregar), integrando un diagnóstico de campo con doce productores de la región, la formulación de un brief con requisitos funcionales, ergonómicos y de ventilación, y la modelación computacional en SolidWorks y Autodesk Fusion 360. Los resultados demuestran que el sistema propuesto, compuesto por un módulo de recolección individual y un módulo de transporte colectivo con patrón de ventilación hexagonal, elimina por completo los transvases del fruto, cumple con los límites biomecánicos ergonómicos (≤ 7 kg e incrementa la tasa de flujo de aire por convección natural ($\geq 5\%$ de área abierta lateral), ofreciendo una solución técnicamente viable para la conservación del fruto sin requerir infraestructura de refrigeración activa. **Palabras Clave:** Diseño generativo, diseño industrial, ergonomía, mora de castilla, pérdidas poscosecha, sistema modular.

Abstract:

The Andean blackberry is one of the most economically important agricultural crops in the province of Tungurahua, Ecuador. However, post-harvest losses exceed 30% of total production due to the use of containers without adequate ventilation and the mechanical crushing caused by the continuous transfer of the fruit during harvesting and transport. This study developed the design and technical validation of an optimized modular container system using generative design tools and artificial intelligence. The methodology adopted is based on the Double Diamond approach (Discover, Define, Develop, and Deliver), integrating a field diagnosis with twelve producers in the region, the formulation of a brief with functional, ergonomic, and ventilation requirements, and computational modeling in SolidWorks and Autodesk Fusion 360. The results demonstrate that the proposed system, composed of an individual collection module and a collective transport module with a hexagonal ventilation pattern, completely eliminates fruit transfers, complies with ergonomic biomechanical limits (7 kg), and increases the airflow rate by natural convection (5% of lateral open area), offering a technically viable solution for fruit preservation without requiring active refrigeration infrastructure.

Keywords: Generative design, industrial design, ergonomics, blackberry, post-harvest losses, modular system.

1 Introducción

La producción y comercialización de frutas de baya a escala global enfrentan elevadas pérdidas poscosecha asociadas a deficiencias en los sistemas de empaque, manipulación y transporte. En el contexto andino latinoamericano, la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) constituye un rubro agrícola prioritario para la economía campesina [1], [2], [3]. En Ecuador, la producción nacional alcanza aproximadamente 29.920 toneladas anuales, siendo la provincia de Tungurahua el núcleo productivo líder con 7.098 toneladas distribuidas en 868 hectáreas y más de 12.000 trabajadores vinculados a la cadena de valor, predominantemente mano de obra familiar y femenina [4], [5], [6].

A pesar del impacto socioeconómico del cultivo, la literatura técnica reporta que la fragilidad estructural de la drupa y su elevada tasa de respiración celular acortan drásticamente su vida útil poscosecha, la cual oscila entre 2 y 5 días bajo condiciones normales [7].

Los daños mecánicos de la mora comienzan al momento de la cosecha. La presión acumulada del fruto en los recipientes sin ventilación provoca la ruptura de las drupas y la liberación de jugos que puede acelerar procesos de fermentación. Jamramillo y Martinez [8] documentan este deterioro en el transporte, mientras que la literatura científica revisada reporta que el hongo *Botrytis cinerea* es el principal agente patógeno que prolifera sobre los frutos lesionados, incluso estando a temperaturas de refrigeración [9], [10], [11]. La estructuración de ambos estudios permite concluir que el deterioro comienza en el campo con la cosecha y se profundiza en el transcurso del tránsito, por lo cual la solución de diseño debe intervenir en todas las etapas simultáneamente.

En específico, en las unidades productivas de Tungurahua, la cosecha y el transporte se ejecutan mediante recipientes domésticos rudimentarios, como baldes plásticos cerrados, bolsas de tela y cajas de madera sin orificios de ventilación. Esta práctica origina un incremento en la temperatura interna del contenedor por efecto del calor metabólico, así como daños mecánicos por compresión vertical, lo que resulta en pérdidas que superan el 30% del volumen cosechado.

Por otra parte, es importante destacar que el embalaje agrícola cumple funciones que van más allá de la contención del producto. La FAO (s.f.) establece que los envases deben proteger al producto de daños de todo tipo, garantizar una buena ventilación,

facilitar el transporte y reducir pérdidas durante la comercialización [12]. Para frutas perecederas como la mora, el diseño de un buen contenedor determina la calidad con la que el producto le llega al consumidor. Por tanto, la selección del embalaje adecuado pretende equilibrar tres prioridades que frecuentemente terminan siendo contrarias, como la conservación del producto, eficiencia logística e impacto ambiental [13]. Finalmente, se debe destacar que en Ecuador, esta selección es empírica y sin criterio técnico, misma condición que muestra la significativa pérdida de producto postcosecha.

Frente a esta problemática, la presente investigación ha abordado la siguiente interrogante: ¿de qué manera el diseño de un sistema modular de contenedores, con ventilación optimizada mediante diseño generativo y criterios ergonómicos, contribuye a reducir las pérdidas poscosecha de la mora de castilla en Tungurahua? En respuesta, se ha asumido como hipótesis de trabajo que una arquitectura modular de bajo costo, concebida bajo parámetros de diseño generativo e ingeniería ergonómica, resulta técnicamente viable para mitigar el deterioro mecánico y fisiológico de la fruta sin depender de cadenas de frío comerciales.

El objetivo general de este estudio ha consistido en diseñar y validar un sistema modular de contenedores para la recolección y el transporte de mora de castilla en la provincia de Tungurahua mediante el uso de diseño generativo asistido por inteligencia artificial. Se ha aplicado una metodología de Doble Diamante, además, técnicas de modelado; la sección de Resultados expone las especificaciones del diseño, las simulaciones de elementos finitos y las caracterizaciones del material; finalmente, la sección de Discusión analiza el desempeño ergonómico y estructural del prototipo frente al estado del arte.

2 Metodología y planteamiento del problema

Para el desarrollo del sistema modular de contenedores se ha adoptado una metodología de investigación de enfoque mixto y alcance descriptivo-aplicado, articulada a través del marco metodológico del Doble Diamante. Así, este proceso estructurado que se muestra en la Figura 1, describe cuatro fases secuenciales, siendo: Descubrir, Definir, Desarrollar y Entregar.



Figura 1. Método Doble Diamante.

2.1 Diagnóstico de campo e investigación documental

En este sentido, la recolección de datos primarios se ha efectuado mediante dos instrumentos de investigación, siendo la Observación directa estructurada, implementada mediante fichas de campo para registrar las dimensiones de los recipientes actuales, las capacidades de carga reales, la frecuencia de transvases, el tipo de transporte vehicular y las posturas adoptadas por los cosechadores. Por otra parte, se han realizado entrevistas semiestructuradas que han sido aplicadas a los 12 productores para evaluar la percepción de pérdidas poscosecha, los costos de producción y las afecciones físico-posturales sufridas durante la jornada laboral.

La observación de campo valida los riesgos biomecánicos, donde los recolectores mantienen una inclinación del torso significativa durante entre el 60% y el 70% de su tiempo de trabajo, mientras alcanzan los frutos en las ramas inferiores y medias del arbusto. Así, trasladar el recipiente de recolección colgado del cuello o sostenido con una mano causa una carga desigual, resultando en ajustes posturales adicionales.

Es importante destacar que el peso del balde lleno supera los 7 kg en la mayoría de las situaciones observadas. De acuerdo con las tablas de peso máximo recomendadas por el INSST [19], [20], el límite seguro para cargas sostenidas de pie sin asistencia mecánica es de 25 kg para hombres y 15 kg para mujeres, aunque estos límites disminuyen considerablemente si la carga se realiza con el torso girado o agachado. Dado que la mayoría de los recolectores de Tungurahua son mujeres, el diseño del contenedor debe garantizar que el peso máximo del recipiente lleno no supere los 7 kg, estableciendo así una restricción de diseño.

2.2 Definición de Brief de diseño y requerimientos técnicos

A partir del procesamiento de la información cualitativa y cuantitativa del diagnóstico, se ha procedido a formalizar el brief de diseño. Se han categorizado las necesidades operativas en cinco envoltentes de requisitos técnicos cuantificables:

- a) Funcionales: Integración de un Módulo de Recolección Individual (MRI) y un Módulo de Transporte Colectivo (MTC) interoperables que eliminen los transvases directos del fruto.
- b) Ergonómicos: Limitación de la masa total del módulo de cosecha lleno a un valor ≤ 7 kg, altura máxima de 20 cm en uso y adaptación de asas anatómicas de sujeción simétrica.
- c) De Ventilación: Apertura de un área perforada de ventilación en paneles laterales no inferior al 5% de la superficie total, con geometrías alineadas en columnas de apilamiento.
- d) Modulares: Compatibilidad de ensamble intuitivo sin herramientas, apilabilidad estable hasta en 4 niveles y capacidad de anidamiento en vacío.
- e) De Fabricación: Empleo de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de grado alimentario procesable por moldeo por inyección.

En este sentido, la tabla 1, describe el conjunto de requerimientos técnicos del brief.

Tabla 1. Requerimientos de diseño y restricciones técnicas del sistema modular de contenedores para mora.

Categoría	Requerimiento / Restricción	Parámetro
Funcional	Módulo de recolección individual + módulo de transporte colectivo sin trasvase	2 módulos ensamblables
Funcional	Interfaz de ensamble intuitiva, operable sin instrucción	Sin formación técnica previa
Ergonómico	Peso máximo del módulo de recolección lleno	≤ 7 kg
Ergonómico	Altura máxima del módulo de recolección en uso	≤ 20 cm
Ergonómico	Asas anatómicas en ambos módulos	Agarre con ambas manos
Ventilación	Área de orificios en paneles laterales	$\geq 5\%$ del área lateral total
Ventilación	Geometría y distribución de orificios optimizada por diseño generativo	Análisis de ventilación + IA
Ventilación	Alineación de orificios entre módulos apilados	Flujo continuo en pila
Modular	Apilamiento estable sin sujeción adicional	Mínimo 4 módulos de transporte
Modular	Anidamiento del módulo de recolección dentro del módulo de transporte vacío	Reducción de volumen de almacenamiento
Fabricación	Material: polietileno de alta densidad (PEAD)	Moldeo por inyección
Costo	Costo unitario módulo de recolección $\leq$ balde doméstico 10 L local	Viabilidad económica para pequeños productores
Restricción	Sin refrigeración activa en ninguna fase del sistema	Restricción de diseño central

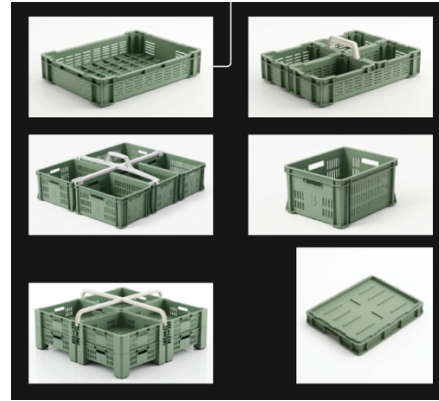
2.3 Diseño generativo y modelado CAD

Una primera exploración conceptual del sistema modular, se ha definido la arquitectura del sistema, la relación con el módulo de recolección y el de transporte, y las posibles configuraciones de la interfaz de ensamble. El estudio de campo, la recolección de información mediante la ficha de observación y las imágenes, permite desarrollar la idea respecto a la mejora del contenedor de mora, donde la fruta este ventilada, la recolección sea sencilla y cómoda, que los contenedores se puedan apilar y tengan una mejor distribución al momento de transportarlos al lugar de venta. Observando todas las necesidades que tienen los contenedores de mora es evidente el diseño de un sistema modular para la recolección y transporte de mora.

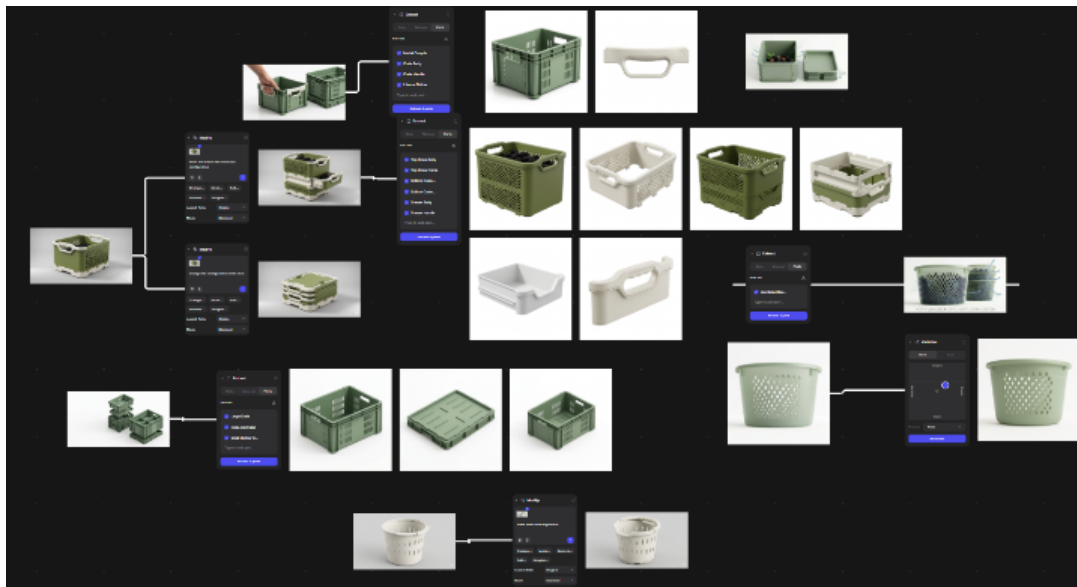
Tomando en cuenta las consideraciones y requerimientos de los usuarios, se ha realizado los primeros bocetos del contenedor (ver Figura 2), usando como inspiración contenedores ya existentes en el mercado, cajas de plástico con ventilación que no son específicamente para el transporte de fruta, pero que es una idea base para el diseño final del sistema modular de contenedores.



(a) Caja de plástico existente en el mercado.



(b) Bocetaje digital generativo.



(c) Bocetaje generativo digital (Moodboard).

Figura 2. Sistema modular de contenedores.

Se han empleado dos entornos de software de trabajo, primero, SolidWorks, para la construcción de la estructura sólida base, configurando la geometría general, el árbol de operaciones (Boss-Extrude, Shell, Loft) y las restricciones mecánicas de ensamble. Segundo, Autodesk Fusion 360, empleado para ejecutar los algoritmos de diseño generativo en las zonas de perforación lateral.

Así, la Figura 3 describe el flujo de trabajo computacional avanzado que combina el modelado paramétrico y la optimización topológica generativa asistida por inteligencia artificial. En este sentido, se ha definido un caso de carga que combina esfuerzos mecánicos de apilamiento con transferencia térmica por convección natural, evaluando diferentes entramados (patrones Voronoi, gaussianos y hexagonales) para maximizar el área de ventilación sin comprometer el factor de seguridad estructural.

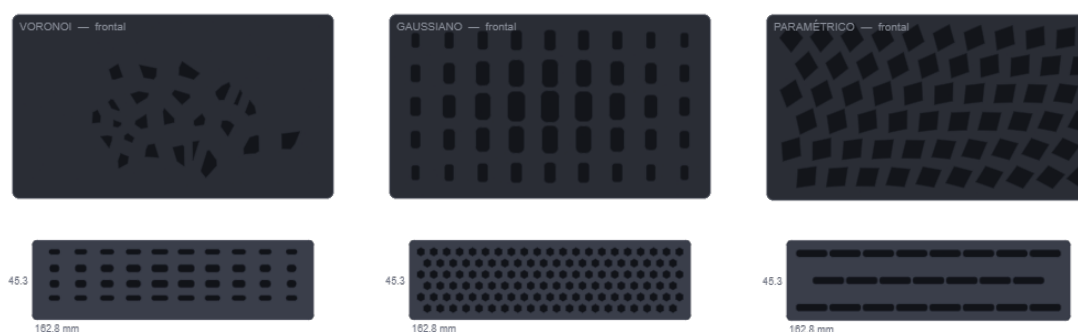


Figura 3. Generación de patrones con Claude.

Con el propósito es seleccionar, refinar y validar en condiciones reales de uso la mejor solución determinada durante el desarrollo, hasta elaborar el resultado final del proceso de diseño, se ha confrontado el diseño con la realidad de los usuarios y el contexto productivo, ya que no hay simulaciones computacionales que sustituyen el uso de un prototipo físico.

Se ha fabricado en material y mediante el proceso definido en el brief de diseño (impresión 3D, PLA O PET-G), e incorporado la geometría de ventilación elaborada computacionalmente (ver Figura 4), así como los elementos ergonómicos definidos en los requerimientos.



(a) Render isométrico – plegada.



(b) Render frontal/lateral – abierta.



(c) Varias cajas llenas de mora apiladas en el platón de una camioneta.



(d) Persona recolectando mora en el campo y depositándola en la caja.

Figura 4. Render de sistema modular de contenedor.

3 Resultados

Con el objetivo de validar y determinar el grado en el que el sistema modular cumple con los requisitos definidos en el brief, se ha diseñado un sistema modular compuesto por el Módulo de Recolección Individual (MRI) y el Módulo de Transporte Colectivo (MTC). El MRI posee una geometría compacta adaptable al torso del cosechador mediante un arnés ergonómico ajustable, permitiendo la cosecha con ambas manos libres. El MTC funciona como contenedor receptor que alberga las unidades de recolección o se configura directamente para el transporte masivo de fruta en camionetas. Se han eliminado completamente los transvases directos entre recipientes, ya que el diseño permite el encaje directo del módulo de cosecha dentro de la estructura colectiva.

La geometría final de los paneles de ventilación lateral se ha resuelto a través de un patrón hexagonal parametrizado obtenido por diseño generativo. Las pruebas computacionales han demostrado que la trama hexagonal proporciona una distribución uniforme del flujo de aire (ver Tabla 2), alcanzando un área abierta efectiva del 22,8% en cada panel lateral, valor que supera significativamente la restricción mínima del 5% establecida en el brief de diseño.

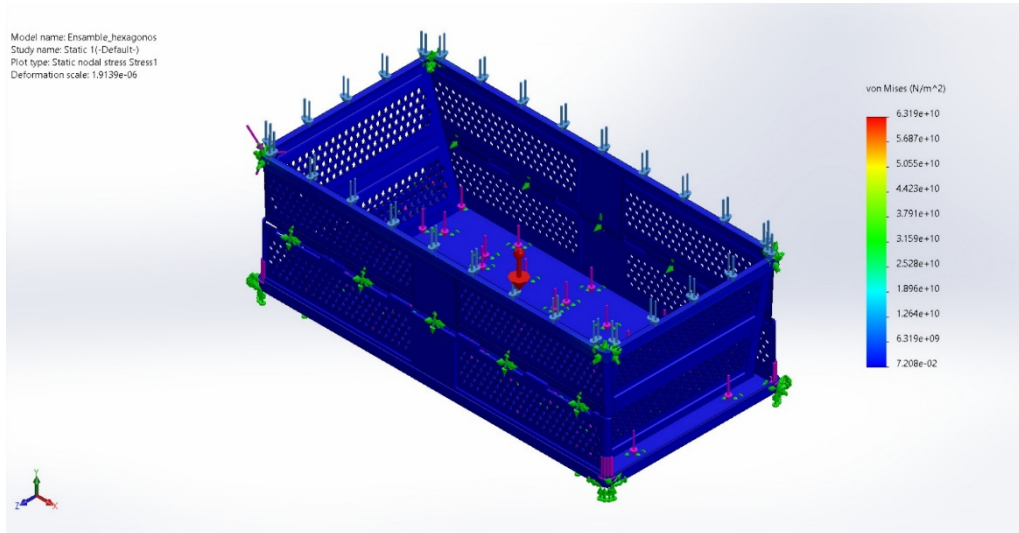
Tabla 2. Análisis comparativo del sistema modular propuesto frente a recipientes de uso actual y comercial.

Criterio de Evaluación	Balde Doméstico (5-20 L)	PP (5-20 L)	Gaveta Agrícola Convencional	Canasto Artesanal	Sistema Modular Propuesto
Ventilación lateral (CV-01)	Nula apertura)	(0%	Parcial (no optimizada)	Alta pero irregular	Patrón hexagonal generativo (22,8%)
Masa llena y porte (CE-01, CE-03)	> 7 kg; agarre asimétrico	15--25 kg; sin porte corporal	Variable; estructura deformable	Requiere transvase	MRI ≤ 7 kg; porte simétrico colgado
Transvases de fruto (CF-02)	Requiere de 3 a 7 transvases	Requiere transvase continuo	Requiere transvase continuo	Requiere transvase	Cero transvases (MRI encajable en MTC)
Modularidad y apilado (CM-01, CM-05)	Apilamiento inestable	Apilable, no integra recolección	No apilable de forma segura	Apilado y anidado coordinado (4 niveles)	Apilado y anidado coordinado (4 niveles)
Inocuidad alimentaria (CF1-01)	Material certificado	no	Variable según fabricante	Poroso; retiene humedad y hongos	PEAD inocuo, lavable y desinfectable

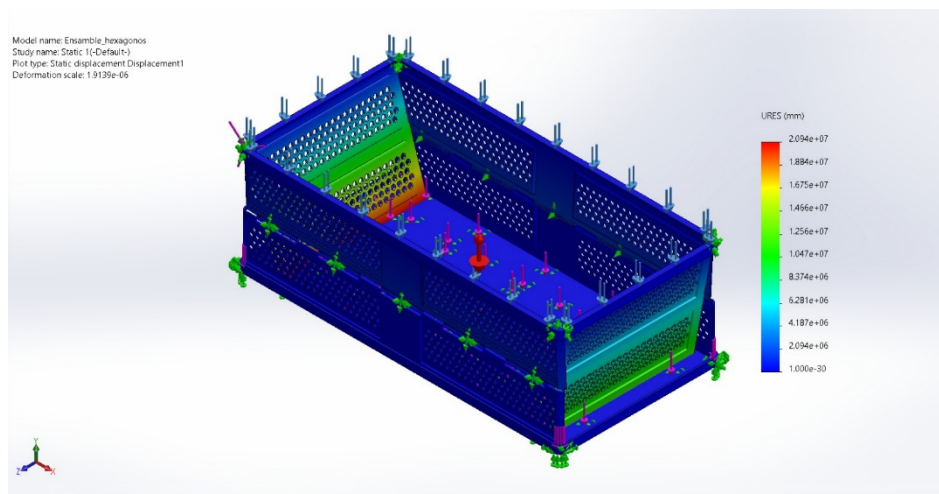
3.1 Simulación Estática de Cargas y Esfuerzos por Elementos Finitos (FEA)

Se ha ejecutado un análisis estático de elementos finitos sobre el ensamble completo del Módulo de Transporte Colectivo (MTC) en SOLIDWORKS Simulation para validar la integridad estructural de los paneles perforados bajo condiciones de carga real de apilamiento. El conjunto modelado (masa total de 0,449 kg) se ha discretizado mediante una malla sólida de curvatura combinada de alta calidad, compuesta por 312.842 nodos y 180.320 elementos tetraédricos.

Las condiciones límite del estudio han incluido una fijación en la base del contenedor, restricciones de bisagra en los soportes y un sistema de carga distribuida que simula el peso de 4 módulos apilados llenos (fuerza normal de 10 kgf) más una presión lateral accidental de 34 kgf/cm². Así, la Figura 5, muestra las distribuciones de tensión y desplazamiento en el ensamble.



(a) Distribución de la tensión de von Mises en el ensamble del MTC.



(b) Distribución del desplazamiento resultante (URES) en el ensamble del MTC.

Figura 5. Reporte de SOLIDWORKS Simulation, estudio Static.

Los resultados numéricos generales han confirmado el equilibrio estático del modelo, registrando una reacción total de 24.226,6 N. La distribución de esfuerzos mecánicos ha indicado que la masa principal del cuerpo del contenedor y las celdas hexagonales de ventilación operan dentro del régimen elástico del material, manteniéndose ampliamente por debajo del límite elástico del polímero. Los picos máximos observados de tensión de von Mises y desplazamiento URES se han localizado de forma aislada en nodos de contención rígidos con aristas vivas, identificándose como singularidades numéricas propias de la discretización del software que no comprometen la rigidez global de la estructura. Por consiguiente, se ha verificado que las perforaciones generativas no perjudican la resistencia mecánica al apilamiento.

Por tanto, con el objetivo de garantizar la fabricabilidad industrial y el cumplimiento de las regulaciones higiénicas alimentarias, se ha seleccionado el

polietileno de alta densidad Terralene® HD 4527. Las propiedades mecánicas y térmicas reportadas por el fabricante se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades mecánicas y físicas del PEAD Terralene® HD 4527.

Propiedad Técnica	Valor Obtenido	Norma de Ensayo
Módulo de elasticidad a tracción	1.845 MPa	ISO 527
Resistencia a la tracción	26 MPa	ISO 527
Módulo de elasticidad a flexión	1.745 MPa	ISO 178
Impacto Charpy con entalla (23 °C)	2,2 kJ/m ²	ISO 179-1
Índice de fluidez (190 °C / 2,16 kg)	16 g/10 min	ISO 1133
Temperatura de fusión	130--140 °C	ISO 3146-C
Densidad	1,07 g/cm ³	ISO 1183

Por otra parte, desde una perspectiva ergonómica, el sistema ha sido evaluado adaptando los datos antropométricos de la población trabajadora de la Sierra centro ecuatoriana. La incorporación del arnés de porte suspendido para el Módulo de Recolección Individual (MRI) mantiene el centro de gravedad cercano al eje corporal del usuario, reduciendo el momento flector en la columna lumbar a un valor aproximado de:

$$M = m \cdot g \cdot d = 7 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,22 \text{ m} \approx 15,1 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (1)$$

Adicionalmente, la aplicación de la ecuación revisada de NIOSH para la tarea de levantamiento y apilamiento del contenedor ha arrojado un Límite de Peso Recomendado (RWL) de 14,2 kg, lo que establece un Índice de Levantamiento (LI) de:

$$LI = \frac{7 \text{ kg}}{14,2 \text{ kg}} \approx 0,49 \quad (2)$$

Al ser el valor de $LI < 1$, se confirma que la operación de carga del contenedor propuesto se sitúa en una zona de trabajo segura para la población recolectora, compuesta mayoritariamente por mujeres rurales.

El uso del diseño generativo ha representado un aporte metodológico original dentro del diseño industrial aplicado al sector agroindustrial regional. Mientras que las soluciones comerciales tradicionales recurren a calados estándar de patrones rectangulares sin criterio de dinámica de fluidos, la optimización topológica ejecutada mediante inteligencia artificial ha permitido crear paneles laterales con trama hexagonal de rigidez variable que disipan el calor de respiración celular y minimizan la masa final del contenedor.

4 Discusión

Los hallazgos derivados de esta investigación han comprobado que la intervención desde el diseño industrial sobre la cadena de valor agrícola permite reducir directamente las causas que originan las pérdidas poscosecha. Los resultados concuerdan con los planteamientos teóricos de la FAO y Kader, quienes sostienen que la vida útil de los frutos no climatéricos depende directamente de la ventilación y del control del daño mecánico en la recolección.

No obstante, la evaluación integral del prototipo ha identificado aspectos susceptibles de mejora para futuras iteraciones de diseño. Se ha determinado la conveniencia de integrar perforaciones de drenaje en el panel inferior de la base para evitar la acumulación de jugos en caso de rotura accidental de bayas, así como la incorporación de texturas antideslizantes en las superficies de agarre para mejorar la sujeción en condiciones de alta humedad en campo.

Conclusiones

Se ha desarrollado exitosamente un sistema modular de contenedores para la recolección y transporte de mora de castilla en la provincia de Tungurahua mediante el uso de metodologías de diseño generativo e inteligencia artificial. El diagnóstico de campo ha demostrado que el aplastamiento mecánico dentro de baldes sin ventilación constituye la causa primaria de las pérdidas poscosecha, las cuales superan el 30% del volumen cosechado. La integración del Módulo de Recolección Individual y el Módulo de Transporte Colectivo ha eliminado completamente los transvases directos del fruto, preservando la integridad física de las drupas. La optimización generativa mediante Autodesk Fusion 360 ha resuelto un patrón de ventilación hexagonal que alcanza un 22,8% de área abierta lateral, superando el requerimiento técnico mínimo del 5% y garantizando la disipación térmica por convección natural. Las simulaciones mecánicas por elementos finitos y la caracterización del Polietileno de Alta Densidad (Terralene® HD 4527) han validado la resistencia estructural del sistema para soportar cargas verticales por apilamiento de hasta 4 niveles sin deformación permanente.

La evaluación biomecánica ha confirmado la factibilidad ergonómica de la propuesta, manteniendo la carga colgada por debajo del límite biomecánico seguro (≤ 7 kg) con un índice de levantamiento NIOSH de 0,49.

Financiación

Los autores agradecen a la Pontificia universidad Católica del Ecuador, sede Ambato por su apoyo en la publicación de este trabajo.

Declaración de conflicto de intereses

El autor o autores no han declarado ningún posible conflicto de intereses en relación con esta investigación, la autoría y/o la publicación de este artículo.

Referencias

- [1] A. Díaz *et al.*, "Procesos agroindustriales en mora de Castilla."
- [2] A. Rico A. and J. C. Suárez S., "Biomasa de raíces finas en arreglos agroforestales con cacao en la amazonia occidental colombiana," *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 35, no. 1, p. 26, Jun. 2018, doi: 10.22267/rcia.183501.80.
- [3] A. Sora, G. Fischer, and R. Flores, "Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada," *Argonomía Colombiana*, vol. 24, no. 2, pp. 306–316, Jan. 2006.
- [4] V. Barrera *et al.*, *La cadena de valor de la mora y sus impactos en la Región Andina del Ecuador*. ARCOIRIS Producciones Gráficas, 2017.
- [5] M. Iza, P. Viteri, M. Hinojosa, A. Martínez, A. Sotomayor Correa, and W. Viera, "Diferenciación morfológica, fenológica y pomológica de cultivares comerciales de mora (*Rubus glaucus* Benth)," *Enfoque UTE*, vol. 11, no. 2, pp. 47–57, Apr. 2020, doi: 10.29019/enfoque.v11n2.529.

- [6] Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG), "Tungurahua, líder en la producción de mora en Ecuador," Quito, Ecuador, 2024. [Online]. Available: <https://sipa.agricultura.gob.ec>
- [7] C. Villegas and W. Albarraçín, "Edible coating application and effect on blackberry (*Rubus glaucus* Benth) shelf life," *Vitae*, vol. 23, no. 3, pp. 202–209, 2016, doi: 10.17533/udea.vitae.v23n3a06.
- [8] J. Camilo Restrepo Salazar *et al.*, *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Universidad de Antioquia Corporación Universitaria Lasallista Editora académica / Academic editor Comité Editorial / Editorial Board Correctora de texto / Proofreader Traductor /Translator Apoyo Editorial / Editorial assistance Diagramación e impresión / Layout and printing.*
- [9] Y. ELAD, "RESPONSES OF PLANTS TO INFECTION BY BOTRYTIS CINEREA AND NOVEL MEANS INVOLVED IN REDUCING THEIR SUSCEPTIBILITY TO INFECTION," *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, vol. 72, no. 3, p. S0006323197005057, Aug. 1997, doi: 10.1017/S0006323197005057.
- [10] A. E. Santana Rizzo, "Efecto de la intensidad de luz infrarroja sobre moho gris (*Botrytis* sp.) en frutilla (*Fragaria ananassa*) Weston.," 2024.
- [11] Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski, and N. Delen, *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. doi: 10.1007/978-1-4020-2626-3.
- [12] OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE, "Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas," 1987. Accessed: May 02, 2026. [Online]. Available: <https://www.fao.org/4/x5055s/x5055s00.htm>
- [13] A. Sánchez, V. Real, and B. Pérez, "VARIABLES DETERMINANTES DE LA MADUREZ COMERCIAL EN LA MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus* BENTH) VARIABLES DETERMINING THE COMMERCIAL MATURITY OF CASTILLA BLACKBERRY (*Rubus glaucus* BENTH)," 2013.
- [14] H. TSENG, C. CHANG, and J. LI, "Modular design to support green life-cycle engineering," *Expert Syst. Appl.*, vol. 34, no. 4, pp. 2524–2537, May 2008, doi: 10.1016/j.eswa.2007.04.018.
- [15] P. J. Newcomb, B. Bras, and D. W. Rosen, "Implications of Modularity on Product Design for the Life Cycle," *Journal of Mechanical Design*, vol. 120, no. 3, pp. 483–490, Sep. 1998, doi: 10.1115/1.2829177.
- [16] Y. Umeda, S. Fukushige, and K. Tonoike, "Evaluation of scenario-based modularization for lifecycle design," *CIRP Annals*, vol. 58, no. 1, pp. 1–4, 2009, doi: 10.1016/j.cirp.2009.03.083.
- [17] P. Gu, M. Hashemian, S. Sosale, and E. Rivin, "An Integrated Modular Design Methodology for Life-Cycle Engineering," *CIRP Annals*, vol. 46, no. 1, pp. 71–74, 1997, doi: 10.1016/S0007-8506(07)60778-1.
- [18] J. K. Gershenson, G. J. Prasad, and Y. Zhang, "Product modularity: Definitions and benefits," *Journal of Engineering Design*, vol. 14, no. 3, pp. 295–313, Sep. 2003, doi: 10.1080/0954482031000091068.
- [19] "Metodología de evaluación ginsht. Guía técnica del insht para manipulación manual de cargas * Assessment methodology ginsht. insht Technical Guide for Manual Handling of Loads."
- [20] L. Ruiz Ruiz, "MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS GUÍA TÉCNICA DEL INSHT."