

Diseño para la reducción del desperdicio alimentario: un estudio de caso del sistema modular inteligente para hogares chilenos

Designing for food waste reduction: a case study of a smart modular system for Chilean homes

Francisco Huidobro Marín^{1*}

 <https://orcid.org/0009-0005-6765-6770>

Juan Carlos Briede-Westermeyer¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5746-0169>

Bélgica Pacheco-Blanco²

 <https://orcid.org/0000-0002-3955-660X>

Recibido 12 de octubre de 2024, aceptado 20 de noviembre de 2024

Received: October 12, 2024 Accepted: November 20, 2024

RESUMEN

El desperdicio de alimentos es un problema global que impacta en la seguridad alimentaria y en el medio ambiente. En Chile, una cantidad significativa de alimentos termina en la basura, generando pérdidas económicas y desperdiciando recursos valiosos. Este estudio propone un sistema modular inteligente como solución innovadora para reducir el desperdicio de alimentos en los hogares chilenos. A través de una combinación de estrategias de diseño, como la provisión de información clara y oportuna (eco-información), la retroalimentación visual sobre el estado de los alimentos (eco-feedback) y la creación de un sistema intuitivo y fácil de usar (diseño hábil), se busca influir en los comportamientos de los usuarios y fomentar prácticas más sostenibles. La investigación se basó en un análisis exhaustivo del problema global y local, incluyendo un estudio cualitativo en hogares chilenos para identificar las principales causas del desperdicio. Los resultados de este estudio permitieron desarrollar un diseño conceptual que no solo organiza y almacena los alimentos de manera eficiente, sino que también proporciona herramientas para planificar las comidas y maximizar el aprovechamiento de los productos. Los hallazgos de esta investigación demuestran el potencial del Diseño para el Comportamiento Sostenible (DfSB) para abordar el problema del desperdicio de alimentos. El sistema modular inteligente propuesto representa una solución prometedora para reducir el desperdicio en los hogares chilenos, contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos y a una mayor seguridad alimentaria.

Palabras clave: Desperdicio alimentario, diseño sostenible, comportamiento sostenible.

ABSTRACT

Food waste is a global problem that affects food security and the efficient use of resources. In Chile, a significant amount of food is thrown in the trash, leading to economic losses and wasting valuable resources. This study proposes an intelligent modular system as an innovative solution to reduce household food waste in Chile. The aim is to influence user behavior and promote more sustainable practices through a combination of design strategies, such as providing clear and timely information (eco-information), visual feedback on food conditions (eco-feedback), and creating an intuitive and user-friendly system

¹ Universidad Técnica Federico Santa María. Departamento de Ingeniería en Diseño. Valparaíso, Chile. E-mail: francisco.huidobro@sansano.usm.cl; juancarlos.briede@usm.cl

² Universitat Politècnica de València. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Centro de Investigación en Dirección de Proyectos, Innovación y Sostenibilidad (PRINS). Valencia, España. E-mail: blpacbla@dpi.upv.es

* Autor de correspondencia: francisco.huidobro@sansano.usm.cl

(skillful design). The research was based on a thorough analysis of the problem at a global and local level, including a qualitative study in Chilean households to identify the main causes of waste. The results of this study led to the development of a conceptual design that not only organizes and stores food efficiently but also provides tools for meal planning and maximizing product use. The findings of this research demonstrate the potential of Sustainable Behavior Design (SBD) to address the issue of food waste. The proposed intelligent modular system represents a promising solution to reduce waste in Chilean households, contributing to more efficient resource management and greater food security.

Keywords: Food waste, sustainable design, sustainable behavior.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible busca un equilibrio justo entre las necesidades actuales y las del futuro, evitando la dictadura del presente sobre las generaciones venideras y asegurando un progreso equitativo y duradero [1]. En esta línea, la pérdida y el desperdicio de alimentos ha generado una atención global [2], representan una seria amenaza y consecuencias sociales, económicas y ambientales [3].

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o se desperdicia. Lo que equivale a 1.300 millones de toneladas, a lo largo de toda la cadena de suministro mundial [4]. En Europa, el desperdicio de alimentos alcanza 89 toneladas anuales [5] de los cuales 42% proviene de hogares, de los cuales el 60% sería evitable. En América Latina se desperdicia el 34% de su masa comestible disponible, lo cual equivale a 127 millones de toneladas de residuos por año [6]. Finalmente, el desperdicio de alimentos representa alrededor del 10% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero [7].

El desperdicio alimentario en Chile

Cerca del 53%, de los desperdicios se produce en el hogar, lo cual muestra la necesidad de buscar una solución de raíz [5]. Sin embargo, los datos llaman la atención si se tiene en cuenta que un porcentaje significativo de la población chilena aún enfrenta inseguridad alimentaria [8]. Las causas han sido analizadas por Merino y Vilà [9], como: falta de conciencia sobre el valor de los alimentos, prácticas inadecuadas de almacenamiento y conservación en los hogares, y una cultura de consumo excesivo. En este contexto, es prioritario encontrar soluciones innovadoras que permitan modificar comportamientos

y hábitos de consumo en los hogares promoviendo una cultura de mayor responsabilidad y eficiencia en el uso de los alimentos.

Estrategias de solución usadas para abordar el desperdicio alimentario

La identificación de estrategias para cambiar comportamientos y reducir el problema del desperdicio alimentario ha sido trabajado por [10], identificando se trata de un problema conductual influenciado por: factores, actitudes, normas sociales y el contexto. A partir de los cuales propone una agenda de investigación basada en seis etapas que se describen en la Figura 1.

En primer lugar, se recomienda investigar a fondo los 1) factores impulsores del desperdicio alimentario. Lo cual equivale a entender bien cuáles son y de qué manera influyen en el comportamiento. Seguidamente, se deben 2) diseñar intervenciones con base en “palancas”, que son acciones específicas para gestionar las malas prácticas sobre desperdicio. A continuación, 3) es necesario identificar los grupos con mayor probabilidad de incurrir en malas prácticas y dirigir intervenciones personalizadas. Luego, 4) se debe desarrollar un marco teórico, que ayude a comprender los impulsores y su impacto según el tipo de consumidor. Posteriormente, 5) hay que estandarizar métodos de medición, para obtener resultados comparables y evaluar el impacto de las intervenciones. Finalmente, 6) es prioritario explorar nuevas tecnologías de medición, que ayuden a superar las limitaciones de la autoevaluación y tener una mayor precisión de los datos recogidos.

Aloysius, Ananda, Mitsis y Pearson [11], analizan el desperdicio alimentario en los hogares, identificando algunos factores que influyen en este comportamiento, como las percepciones, actitudes, hábitos, normas sociales, el estilo de vida, habilidades culinarias y

Fuente: En [10].

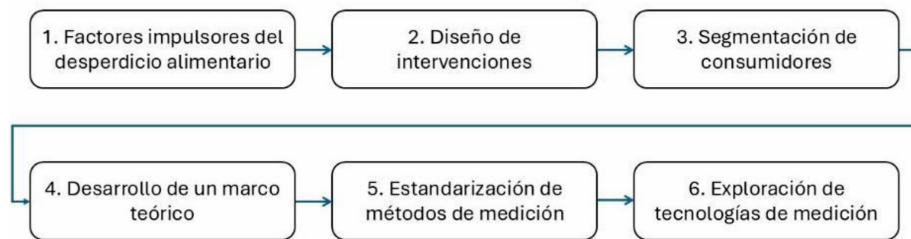


Figura 1. Agenda de investigación del desperdicio alimentario.

acceso a infraestructura adecuada en el hogar. A partir de estos datos, los autores proponen intervenciones prácticas, como: planificar las comidas, cocinar cantidades adecuadas, fomentar el uso de excedentes en nuevas recetas, congelación adecuada de alimentos y el conocimiento sobre este tipo de prácticas. Asimismo, destacan la importancia de los consumidores jóvenes para mejorar el impacto de estas iniciativas.

Diseño para el comportamiento sostenible (DfSB)

El desarrollo sostenible (DS) no solo ha recibido atención por la academia, la industria y en el ámbito de los tomadores de decisiones en el contexto político [12]; durante los últimos años se ha vuelto evidente que el diseño sostenible ha aumentado su relevancia e importancia en la sociedad pudiendo contribuir al alcance de metas sustentables [13], ya que los diseñadores comparten el poder de formar el desarrollo de productos y servicios teniendo un impacto directo en su ambiente [14], de esta forma el uso de diseño sustentable puede significar gran importancia cuando se trata de encontrar nuevas e innovativas formas de abordar problemas ambientales. Existen diferentes enfoques que pueden ser adoptados en el desarrollo de un producto de esta índole, como son el diseño con biomateriales [15], la economía circular [16], diseño con materiales reciclados [17], entre otros. Abordando, según [18], el desarrollo de soluciones locales a problemas globales.

Frente a la necesidad de soluciones innovadoras para abordar el desperdicio de alimentos, el Diseño para el Comportamiento Sostenible (del término en inglés: Design for Sustainable Behaviour - DfSB) surge como un enfoque prometedor [19].

Este enfoque DfSB es una estrategia del diseño sostenible cuyo objetivo es reducir el impacto

medioambiental y social de los productos moderando la forma en que los usuarios interactúan con ellos [14]. A diferencia del ecodiseño tradicional [20] es un planteamiento de diseño destinado a reducir el impacto ambiental de los productos y servicios a lo largo de todo su ciclo de vida, garantizando al mismo tiempo servicios similares o mejores al cliente final [21]. El enfoque se basa en la premisa de que los comportamientos de las personas son la clave para lograr un futuro sostenible y que el diseño puede ser una herramienta poderosa para influir en ellos. A través de la aplicación de principios como la provisión de información clara y relevante (eco-información), la retroalimentación sobre el impacto de las acciones (eco-feedback/retroalimentación) y la creación de productos y sistemas que faciliten las elecciones sostenibles (diseño hábil), el DfSB busca facilitar y motivar la adopción de prácticas beneficiosas para el medio ambiente.

El Diseño para el Comportamiento Sostenible (DfSB) analiza tres estrategias para modificar el comportamiento del usuario y evalúa su aceptabilidad y eficacia a través de un estudio de caso y entrevistas con profesionales del diseño. Estas son:

- Intervenciones pasivas (informativas): Proporcionan información al usuario para fomentar una acción consciente.
- Intervenciones asertivas (persuasivas): Incentivan al usuario a adoptar el comportamiento deseado.
- Intervenciones agresivas (coercitivas): Obligan al usuario a adoptar el comportamiento deseado.

El ámbito del Diseño para un Comportamiento Sostenible (DfSB) ha transitado de la teoría a la práctica, materializándose en productos y servicios que buscan tangiblemente moldear las elecciones

de consumo hacia la sostenibilidad. Dentro de las soluciones-productos que se han desarrollado desde investigaciones en el contexto de la DfSB, se destacan:

Visualización del consumo e información ecológica: Un área donde se aprecia un progreso notable es la visualización del consumo de recursos en tiempo real. Productos como el “Power Aware Cord” (cable de alimentación que se ilumina con mayor intensidad a medida que aumenta el consumo energético) ejemplifican el Diseño para la Información Ecológica, haciendo tangible el consumo energético y fomentando la conciencia sobre el uso de la energía [22].

Para comunicar la sostenibilidad de forma efectiva, Heslenfeld y De Koeijer [23] desarrollaron un “*Tool Pack*” dirigido a empresas de envasado de alimentos. Este paquete busca salvar la brecha de conocimiento entre empresas y consumidores sobre el impacto ambiental de los envases mediante un cubo físico con información básica, una infografía interactiva y un informe teórico detallado.

Facilitar la elección ecológica y la organización: En el ámbito doméstico, el Diseño para la Elección Ecológica se materializa en electrodomésticos con interfaces que guían al usuario hacia opciones más sostenibles. Un ejemplo destacado en esta línea es el “BreakFAST BOX”, un sistema de organización interna para refrigeradores desarrollado por [24]. Este sistema, mediante la sectorización estratégica del espacio y cajones específicos para diferentes tipos de alimentos, facilita el acceso rápido a los ingredientes del desayuno y la preparación del almuerzo, reduciendo la apertura de la puerta y, por ende, el consumo energético.

El congelador doméstico inteligente (HighChest), diseñado para optimizar el almacenamiento de alimentos congelados, promover un comportamiento eco-eficiente y reducir el desperdicio. Una de sus aportaciones es ayudar a gestionar el almacenamiento y la conservación mediante recordatorios a los usuarios sobre las fechas de vencimiento. Contribuye en esencia a la monitorización del aparato y los productos [25].

Un sistema basado en el Internet de las Cosas (IoT) para la gestión integral de residuos de alimentos (RFA) en Suzhou, China. Se basa en las etapas

del manejo de residuos de alimentos, desde su generación hasta su disposición final, incluyendo la recolección y el transporte. Mediante la incorporación de tecnologías como RFID, sensores de peso, GPS y cámaras de vigilancia, se puede monitorizar la cantidad de RFA generada, la trazabilidad de su transporte y el control del proceso de tratamiento [26].

La ludificación (gamificación) también ha encontrado su espacio en el DfSB, principalmente en servicios digitales. Aplicaciones móviles que recompensan con puntos o logros virtuales la reducción del consumo de agua o energía en el hogar, o que permiten a los usuarios comparar su desempeño con el de otros miembros de la comunidad, ejemplifican el Diseño para el Estímulo Ecológico [27].

Para sistemas más complejos, el Human Behaviour Inefficiency Model [28] propone una metodología para identificar y abordar las ineficiencias en la interacción humano-máquina que generan un mayor impacto ambiental. Este modelo combina el análisis del comportamiento humano y el funcionamiento del producto para guiar el diseño hacia soluciones más sostenibles.

A pesar del creciente interés en el DfSB y la proliferación de soluciones innovadoras en el terreno global, existe un vacío significativo en la aplicación de estos conceptos al contexto chileno, especialmente en lo que respecta a la problemática del desperdicio de alimentos. Si bien se han desarrollado herramientas para la industria del envasado, como el “Tool Pack” de [23], estas se enfocan principalmente en la comunicación de la sostenibilidad del envase y no abordan directamente el problema del desperdicio en los hogares.

Considerando que Chile se encuentra entre los países de Latinoamérica que más alimentos desperdician, existe una oportunidad latente para desarrollar soluciones de diseño centradas en el usuario que, a través de la visualización del consumo, la organización inteligente del espacio del refrigerador y la motivación conductual, empoderen a los consumidores chilenos para reducir el desperdicio de alimentos en sus hogares.

Metodología

El estudio de carácter exploratorio [29] aborda mediante una metodología de investigación mixta

[30] para abordar la complejidad multidimensional de la gestión eficiente de frutas y verduras en el contexto doméstico. Este abordaje se representa en el diagrama en la Figura 2. Este se implementó a través de tres macro etapas: Se inicia con una etapa de investigación documental (investigaciones y artículos) relacionados con el desperdicio de alimentos en lo global, el diseño para el comportamiento sustentable. Posteriormente se aborda una etapa de investigación exploratoria [31] para indagar el tema del desperdicio de alimentos en hogares chilenos, lo que será la base para abordar la etapa final relacionada con el diseño conceptual de la propuesta de solución [32].

La primera fase consiste en investigar temas generales relacionados con el desperdicio de alimentos y el Diseño para el Comportamiento Sustentable. La segunda fase aborda la investigación exploratoria en el contexto chileno y la definición del enfoque DfSB. La cuarta fase aborda el diseño conceptual del producto, la validación con usuarios y finalmente la validación con expertos.

1) Etapa de investigación documental (contexto global) desperdicio de alimentos

El desperdicio de alimentos representa una problemática global con cifras alarmantes. Cada año, 1300 millones de toneladas de alimentos terminan en la basura, lo que equivale a un tercio de la producción mundial. De esta cifra, 569 millones de toneladas son generadas anualmente por los hogares [33]. En el caso de Chile, se estima que los hogares desperdician 3700 millones de kg de alimentos cada año [34]. Para dimensionar la

magnitud del problema, un estudio reveló que el 95% de los chilenos encuestados admite desechar alimentos que se acumulan en el refrigerador [35].

El desperdicio de alimentos en los hogares se origina en prácticas cotidianas como la compra y preparación excesiva de alimentos, el olvido o almacenamiento inadecuado en el refrigerador, la confusión sobre las fechas de caducidad y la falta de estrategias para aprovechar las sobras.

2) Diseño para el comportamiento sustentable

El Diseño para Comportamiento Sustentable (DfSB) es un nuevo método en la rama del diseño sostenible [36], cuyo objetivo es crear un impacto en el comportamiento de los usuarios a través del uso de un producto. Al analizar los diferentes productos basados en diseño sustentables tienden a centrarse en el uso de material eco-amigable, biodegradable o reciclable.

Este método nace bajo el pensamiento responsable de los diseñadores, quienes deben formular productos sustentables cuya existencia genere un impacto positivo en el medioambiente. Sin embargo, el impacto potencial varía en función de las acciones del usuario y su consumo de energía - fuente & cantidad [14]. Por lo tanto, es fundamental entender que el uso por parte del usuario es tan importante como la fabricación de un producto.

A pesar de los esfuerzos por influir en el comportamiento sostenible a través de campañas tradicionales, la efectividad de estos métodos es limitada [37]. El Diseño para un Comportamiento

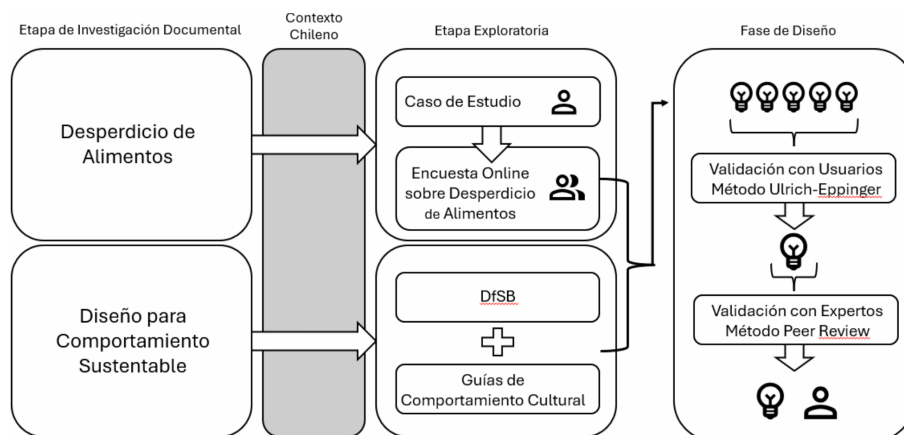


Figura 2. Diagrama de abordaje metodológico.

Sostenible (DfSB) surge como alternativa, centrándose en la usabilidad del producto para generar un impacto ambiental positivo. Este enfoque considera la complejidad del comportamiento humano, incluyendo factores culturales, hábitos e intenciones, para desarrollar productos que se integren naturalmente a los patrones de uso del usuario. La Tabla 1 ilustra la diversidad de enfoques dentro del DfSB para adaptarse a diferentes contextos y necesidades.

En esta línea, Spencer [38] analiza cómo la cultura puede tener sus implicaciones en el diseño para un comportamiento sustentable, definiendo directrices relacionadas con el comportamiento cultural para diseñar un producto que impacte positivamente en un nuevo contexto:

1. Comprender el flujo del procedimiento de principio a fin. Comprender los distintos “puntos de contacto” del sistema.
2. Integrar el diseño del procedimiento con el diseño de los espacios donde ocurre el procedimiento
3. Adaptar el diseño a las necesidades del usuario.
4. Dar al usuario control para influir en el uso de recursos de un proceso.
5. Crear un nuevo vínculo emocional entre el usuario y el proceso.
6. Permitir que el usuario conozca y comprenda las diversas entradas y salidas de recursos del proceso.

7. Ser claro en cuanto a la operación del proceso. Dar información correcta y relevante en el lugar y tiempo adecuado.

Para comprender la interacción usuario-producto, es crucial considerar los factores que influyen en el comportamiento del usuario, como las intenciones, hábitos y control [39]. Esta relación se representa en la Figura 3 a través de un modelo mental que articula dos ejes principales: el usuario y el producto (eje vertical) y el espacio de interacción entre ambos. En este modelo, el espacio de interacción se compone de tres elementos clave: el comportamiento del usuario, las estrategias de intervención del Diseño para el comportamiento social (DfSB) y las guías de comportamiento cultural.

El diagrama organiza las estrategias DfSB verticalmente para ilustrar su relación con los distintos tipos de comportamiento sobre los que se busca influir. Además, se incluyen las guías de comportamiento cultural correspondientes a cada estrategia, ordenadas de mayor a menor compatibilidad con la intervención. La flecha indica cómo el poder de decisión se desplaza entre el usuario y el producto en función de la estrategia empleada.

Muestra

La muestra del estudio se diseñó de manera flexible para ajustarse a las necesidades de cada etapa de la investigación (Tabla 2).

Tabla 1. Tipos de estrategias de Intervención para aplicar el diseño para el comportamiento sustentable.

Tipo	Descripción
Eco-Información	Esta estrategia consiste en que el producto muestre de forma visible el consumo de un tipo de energía para que el usuario tenga acceso constante a la información y pueda modificar su consumo mediante un uso responsable de los recursos.
Eco-Elección	Esta estrategia consiste en ofrecer al usuario diferentes opciones de consumo para incentivarlo a tomar decisiones sostenibles.
Eco-Feedback	Esta estrategia implica mostrar de forma directa, visual o tangible al usuario el uso en tiempo real de los recursos generados por el uso del producto.
Eco-Estimulación	Esta estrategia busca cambiar el comportamiento del usuario respecto de su consumo mediante el uso de incentivos para premiar el uso responsable de los recursos o sanciones para desalentar el mal uso de estos.
Eco-Dirección	Esta estrategia pretende orientar a los usuarios hacia un comportamiento sostenible mediante el uso de prescripciones o restricciones en su diseño.
Eco-Intervención Técnica	Esta estrategia implica restringir el uso de recursos del usuario y persuadirlo mediante el uso de diseño tecnológico.
Diseño Astuto	Esta estrategia consiste en generar comportamientos sostenibles de forma automática y sin que el usuario se dé cuenta.

Fuente. Elaboración basada en [24].

Fuente. Elaboración basada [40], [24], [28].

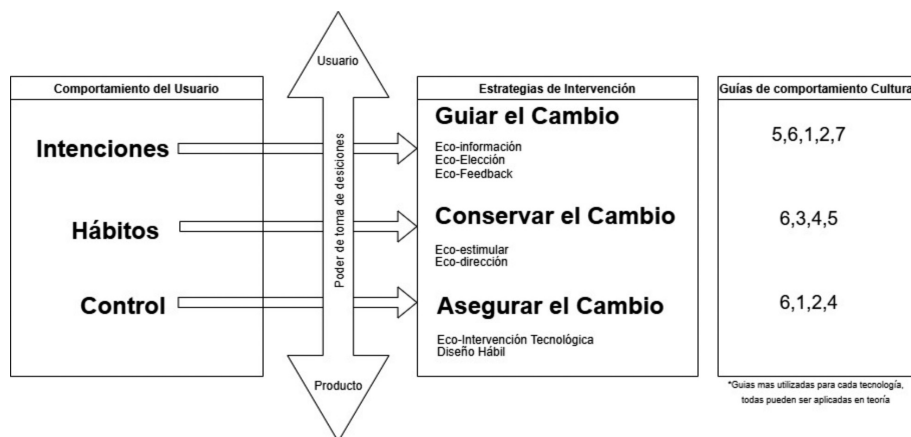


Figura 3. DfSB combinado con guías de comportamiento cultural.

Tabla 2. Tamaño de muestras para fases de investigación y diseño.

Actividad proceso de investigación	Tipo de participante	Tamaño de Muestra
Encuesta sobre Desperdicio de Alimentos en Chile (Estudio Piloto)	Usuario (dueñas de casa), miembros de la familia	8 encuestados
Encuesta sobre Desperdicio de Alimentos en Chile (Estudio Final)	Usuario (dueñas de casa), miembros de la familia	25 encuestados
Prueba de Conceptos Iniciales	Usuario (dueñas de casa), miembros de la familia, público en general	41 encuestados
Validación con Expertos en el área de Desperdicio de Alimentos y Diseño de Productos	Profesionales	3 encuestados

El estudio se desarrolló en cuatro fases, cada una con un objetivo específico y un tamaño de muestra variable. Se inició con un estudio piloto de 8 encuestados para evaluar el instrumento de medición. Posteriormente, se realizó una encuesta nacional con 25 participantes para obtener datos más representativos. En la tercera fase, se llevó a cabo una prueba de conceptos con 41 participantes, incluyendo un público más diverso. Finalmente, se consultó a 3 expertos en el área para validar los resultados.

3) Etapa Exploratoria: Caso de estudio (Contexto Local)

Con el objetivo de contextualizar el tema en un caso de estudio, se realizó un estudio local que implicaba la definición de actividades y la selección de la muestra en cada una de sus etapas (Tabla 2). Se debe considerar cómo los factores externos [41]

pueden tener un impacto en la forma en que los usuarios logren interactuar con un producto. En este contexto, el aspecto cultural se vuelve relevante en la importancia que se da a un producto sostenible, esto debido a las iniciativas y educación de cada país. De esta forma la cultura toma relevancia en el impacto del diseño, y cómo el diseñador puede tomar nota de su contexto para crear un producto que funcione de la manera esperada con la audiencia deseada.

Encuesta online sobre desperdicios de alimentos (1y2)

La aplicabilidad de los datos sobre desperdicio de alimentos recopilados en otros países [42] al contexto chileno resulta cuestionable. Las diferencias en localización geográfica, tipos de alimentos y motivos de desperdicio podrían limitar su utilidad como referencia para este estudio.

La cultura juega un papel fundamental en la manera en que las personas gestionan los alimentos en sus hogares. Las prácticas alimentarias varían considerablemente de un lugar a otro, reflejando las particularidades de cada cultura. El caso estudiado en Turquía [43] evidencia cómo eventos religiosos específicos pueden generar cambios significativos en los hábitos alimentarios, subrayando la necesidad de analizar cada contexto cultural de manera individualizada.

Para llevar a cabo este estudio, se adaptó un cuestionario online, siguiendo el formato propuesto por Vehovar y Manfreda [44], y basándose en el instrumento desarrollado por [45], con el objetivo principal de cuantificar el desperdicio de alimentos en el ámbito doméstico, se implementó un diseño de investigación cuantitativo de dos fases.

En la primera fase, se reclutó a una muestra de 25 participantes mediante un muestreo por conveniencia [46]. Los potenciales participantes fueron contactados a través de correo electrónico, y se les explicó el objetivo del estudio, su duración estimada y los beneficios de participar. Adicionalmente se solicitó su consentimiento informado previo al inicio de la encuesta, garantizando la confidencialidad de los datos proporcionados. La información recopilada fue almacenada en una base de datos segura y anonimizada, siguiendo las normativas de protección de datos.

En la segunda fase, los participantes registraron durante una semana, en una plantilla relacionada con la gestión de alimentos que se ejemplifica en la Figura 4; la cantidad de porciones consumidas y desechadas de cada tipo de alimento. Se proporcionó una guía visual con ejemplos de porciones estándar

Lista de desecho de comida

Nombre	
--------	--

Si lo considera necesario puede utilizar esta planilla para llevar registro de la comida desechada en su hogar (Su uso NO es obligatorio) En cada casilla puede anotar el desecho diario de cada tipo de alimento, también se incluyen a continuación los tipos de alimento que son considerados como desecho de comida para este estudio:

- 1) **Alimentos sin utilizar:** Corresponde a alimentos que se desechan sin haber sido usados para preparar alguna comida o sin haber sido consumidos en lo absoluto. Por ejemplo: envases sin abrir, pan completo, frutas completas, etc.
- 2) **Alimentos parcialmente utilizados:** Alimentos que han sido utilizados (NO completamente) para la preparación de alguna comida o que han sido parcialmente consumidos. Por ejemplo: rebanadas de pan, media manzana, envase abierto de cereales, etc.
- 3) **Sobras de comida:** Corresponde a sobras de alimentos que quedan en el plato, sartén, olla, etc. Luego de haber sido cocinado o consumido. Por ejemplo: Raspados de arroz, restos de comida en un plato, etc.
- 4) **Sobras de comida refrigeradas:** Corresponde a porciones de comida que se dejaron en almacenamiento en el refrigerador luego de haber sido parcialmente consumidas. Por Ejemplo: Pote o tupper con sobras de comida para recalentar, porciones de ensaladas, porción de pasta, etc.

Tipo de alimento	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles
Frutas							
Verduras							
Lácteos							
Carnes							
Pescado							
Huevos							
Legumbres							
Cereales/granos							
Pastas							
Pan							

Figura 4. Plantilla para el registro individual de gestión de alimentos.

para asegurar la consistencia en las mediciones. Al finalizar el período, los datos fueron analizados descriptivamente para determinar el promedio de desperdicio por persona y alimento, e identificar factores asociados.

El instrumento de medición indagó sobre la cantidad y el tipo de alimentos desechados, categorizando los residuos en: alimentos sin utilizar, alimentos parcialmente consumidos, restos de comida a temperatura ambiente y restos de comida refrigerada. Adicionalmente, se exploraron las razones subyacentes a cada decisión de desecho.

Validación de Conceptos con usuarios (3)

Se realizó una validación a los conceptos de diseño iniciales utilizando el método de Ulrich & Eppinger [47], para seleccionar el concepto de producto más prometedor para reducir el desperdicio de alimentos, los autores proponen una prueba de concepto inicial. A través de la aplicación de un cuestionario a 41 participantes. El objetivo es evaluar la percepción de los usuarios a través de preguntas como: ¿Percibes este producto como una solución efectiva para reducir el desperdicio en tu hogar? ¿Se adaptaría a tu rutina diaria? ¿Estarías dispuesto a comprarlo y usarlo? De esta manera, se busca identificar cuál de las ideas propuestas tiene mayor potencial para ser desarrolladas.

Validación de Expertos (4)

Para la segunda fase de validación, se implementó un proceso de revisión por pares (peer review) con el fin de obtener retroalimentación experta sobre el concepto. Dada la naturaleza del diseño del producto y su relación con el desperdicio de alimentos, se adaptaron las guías de la SFPE [48] para su aplicación en este contexto. Tres expertos en las áreas de diseño de productos y gestión de

alimentos fueron consultados a través de correo electrónico para evaluar la viabilidad del concepto y su alineación con los objetivos planteados.

Resultados de la encuesta sobre desperdicio de alimentos en Chile (encuesta final)

A continuación, se presentan datos descriptivos de los resultados obtenidos. En la Figura 5 se observa que predomina la cantidad de respuestas de mujeres (75%), por sobre los hombres (21%).

Respecto al tipo y porciones de alimentos desechados. Los resultados plasmados en la Figura 6, revelaron que las verduras (50 porciones) y el pan (40 porciones), seguidos por la fruta (30 porciones), son los alimentos más desechados por mes considerando una media de 3 integrantes por hogar.

Por otro lado, la Figura 7 ilustra que el “Mal Estado” de los alimentos a través de una inspección visual y olfativa es diagnosticar el nivel de deterioro, es el motivo principal para desechar los alimentos. No obstante, otros factores como el olvido, cocinas más porciones de la cuenta y/o la fecha de caducidad de los productos (productos industriales envasados) también inciden significativamente al desperdicio alimentario.

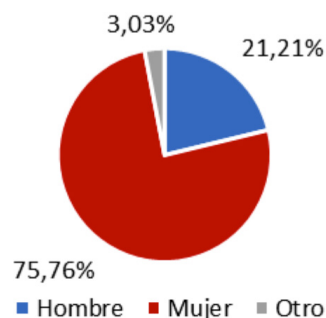


Figura 5. Muestra de encuestados por sexo.

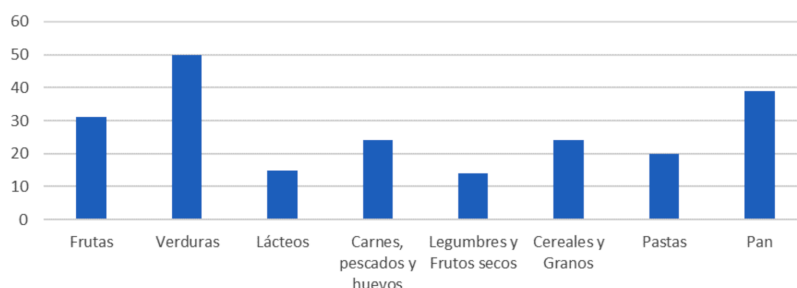


Figura 6. Cantidad de porciones desperdiciadas.

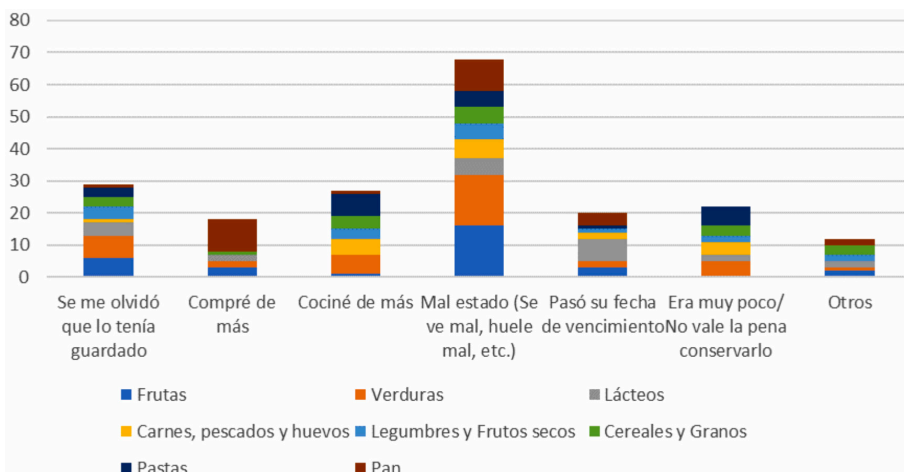


Figura 7. Razones para desechar alimentos (Resultados encuesta).

Al diseñar intervenciones para reducir el desperdicio, es fundamental considerar tanto las percepciones subjetivas de los consumidores sobre la calidad de los alimentos, como los factores objetivos que influyen en su deterioro. Un enfoque integral que aborde ambas dimensiones permitirá desarrollar estrategias más efectivas para minimizar el desperdicio

Definición del Enfoque a aplicar Diseño para el comportamiento sustentable

Con los resultados recopilados, se define el alcance del proyecto mediante el uso del diseño para el comportamiento sostenible de los nuevos conceptos de diseño que se centrarán en abordar el desperdicio de alimentos con énfasis en las verduras desperdiciadas que se desechan por su mal estado, ya que si se reduce la problemática a un tema más específico, el proceso de diseño será más directo, pero vale la pena señalar que, como se dijo antes, algunos motivos del desperdicio de alimentos pueden estar entrelazados, por lo que si bien la atención se centrará en dichos parámetros, se pueden hacer algunas excepciones al generar diferentes propuestas de diseño que puedan contribuir al objetivo.

Requerimientos

En función de los resultados de las encuestas con usuarios se generó una lista de requerimientos para considerar al momento de abordar la etapa de diseño. Estos se asocian a diversas dimensiones del producto y se especifican y contextualizan para el caso de estudio. Estos requerimientos se clasifican en la Tabla 3, considerando a su vez las variables a

considerar y las especificaciones de diseño que orientan la aplicación en la solución que se va a desarrollar.

Fase de diseño Brainstorming

El proceso de ideación, comienza con un mapeo que considerando el contexto de uso (hogar), los requerimientos de diseño y teniendo como objetivo principal la de reducir el desperdicio de vegetales por mal estado en el hogar. Esta información se utilizará como referencia para el proceso de ideación. Se realizó una sesión de ideación aplicando la técnica de tormenta de ideas (*brainstorming*) donde se plasmaron treinta ideas de solución mediante bocetos rápidos para capturar ideas fugaces [49] de representación de su apariencia y breve descripción de la idea. Estas ideas fueron evaluadas considerando criterios extraídos de la lista de requerimientos recopilados en la tabla anterior. De esta evaluación se seleccionaron y refinaron seis conceptos iniciales que integraban distintas estrategias de intervención para poder resolver el problema, siendo la eco-información la estrategia con más recurrencia en los diseños. Estos se ilustran en la Tabla 4 que resume las propuestas y la estrategia de intervención a la cual se adscribe.

Validación

Prueba de concepto con usuarios

El objetivo es evaluar la percepción de los usuarios a través de tres preguntas:

- 1) ¿Percibes este producto como una solución efectiva para reducir el desperdicio en tu hogar?
- 2) ¿Se adaptaría a tu rutina diaria?
- 3) ¿Estarías dispuesto a comprarlo y usarlo?

Tabla 3. Requerimientos de diseño.

Requerimientos	Variables	Especificaciones de diseño
Funcionalidad	Organización y Control	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir al usuario organizar y almacenar alimentos de forma eficiente. • Facilitar el control del inventario de alimentos disponibles. Visualización clara del contenido y estado de los alimentos.
	Modularidad y Adaptabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer un sistema modular que permita al usuario configurar y ampliar el espacio de almacenamiento según sus necesidades. • Los módulos deben ser fácilmente acoplables, intercambiables y personalizables.
	Información y Asistencia al Usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar información relevante sobre los alimentos almacenados (fecha de caducidad, cantidad, etc.). • Ofrecer herramientas para planificar comidas, crear listas de compras o acceder a recetas. • Notificar al usuario sobre eventos importantes, como alimentos próximos a caducar.
	Información y asistencia al usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar información relevante sobre los alimentos almacenados (fecha de caducidad, cantidad, etc.). • Ofrecer herramientas para planificar comidas, crear listas de compras o acceder a recetas. • Notificar al usuario sobre eventos importantes, como alimentos próximos a caducar.
Interfaz y Experiencia de Usuario	Interfaz Intuitiva y Amigable	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de uso para usuarios con diferentes niveles de experiencia tecnológica. • Interfaz clara, atractiva y fácil de navegar. • Información presentada de manera concisa y comprensible.
	Accesibilidad Multiplataforma	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir el acceso y control del sistema a través de diferentes dispositivos (teléfono inteligente, tablet, panel de control). • Sincronización de datos entre dispositivos para una experiencia unificada.
	Diseño y Estética	<ul style="list-style-type: none"> • Estética agradable que se integre con la decoración del hogar. • Diseño modular que permita diferentes configuraciones y personalizaciones. • Materiales duraderos, fáciles de limpiar y mantener.

De esta manera, se busca identificar cuál de las ideas propuestas tiene mayor potencial para ser desarrollada a gran escala. El propósito es seleccionar la idea que desarrollar, además de identificar los atributos deseables. Para elegir las propuestas con mayor puntajes y atributos deseables.

Los resultados de la encuesta, que se ilustran en la Figura 8, indicaron que las propuestas 1, 2 y 4 fueron las mejor evaluadas en términos de efectividad. En cuanto a la adaptación a la rutina del usuario, la alternativa 4 sobresalió debido a su simplicidad y minimalismo. Por último, en términos de disposición a adquirir, la alternativa 4 también obtuvo la puntuación más alta, seguida de cerca por las alternativas 2, 1, 5 y 6. La alta valoración

de múltiples propuestas sugiere la posibilidad de integrar sus características más sobresalientes en un nuevo diseño.

El producto es un sistema modular que considera los contenedores, la estructura organizadora, un dispositivo digital anclado y una aplicación digital que es utilizada simultáneamente en el teléfono portátil del usuario. Los componentes e interacciones funcionales se ilustran en la Figura 9 y las especificaciones del producto en la Tabla 5. Los módulos contenedores tienen la doble función de apilarse en una estructura organizadora, o almacenarse directamente en el refrigerador. Adicionalmente este sistema, que se ilustra en la modelación digital de la Figura 10, considera un

Tabla 4. Conceptos de diseño/Estrategias de Intervención /Descripción.

Nro.	Concepto	Estrategia de Intervención	Boceto	Resumen
1	Planificador	Eco-Información	<p>Propuesta 1: ECO INFORMACIÓN, Medidor de Madurez de la Cesta para FRUTAS Y VERDURAS</p>	Los usuarios pueden ingresar los artículos que compraron en la base de datos; el planificador mostrará el tiempo antes de la fecha de vencimiento para ayudar al usuario a planificar sus comidas.
2	Canasta Inteligente	Eco-Información	<p>Propuesta 3: ECO ELECCIÓN, Set de olla Adaptable SET DE OLLA ADAPTABLE</p>	La canasta almacenará las diferentes frutas en su base de datos y enviará una notificación al teléfono del usuario para recordarle que debe consumir frutas antes de la fecha de vencimiento.
3	Set de olla y sartén adaptables	Eco-Elección	<p>Propuesta 4: ECO INFORMACIÓN, Organizadores con pantalla de información</p>	El set puede cambiar de diámetro dependiendo del número de porciones que el usuario quiera cocinar, ayudando a no cocinar más de lo necesario.
4	Cajón Rotatorio para Verduras	Diseño Astuto	<p>Propuesta 2: ECO INFORMACIÓN, Canasta Inteligente con panel de información</p>	Este cajón permite acceder fácilmente a todas las verduras del refrigerador y evita que estén siempre en la misma posición, evitando una descomposición prematura.
5	Medidor de Madurez	Eco-Información	<p>Propuesta 1: ECO INFORMACIÓN, Planificador touch Interactivo</p>	El color del medidor cambia dependiendo de qué tan maduros estén los frutos que lo rodean.
6	Canastas Organizadoras	Eco-Información	<p>Propuesta 5: DISEÑO ASTUTO, Cajón rotatorio</p>	Estas cestas se pueden colocar dentro del refrigerador, tienen una pantalla que muestra cuántos días ha estado el artículo en el refrigerador.

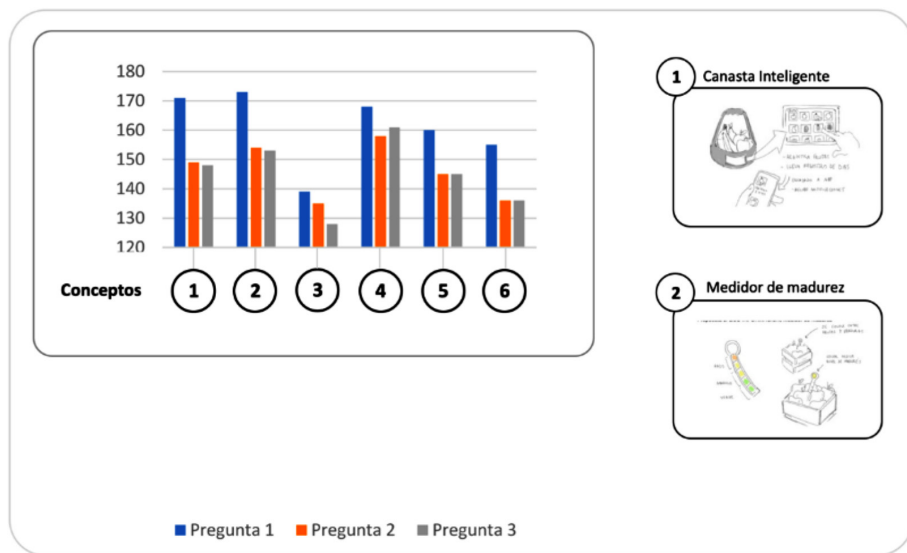
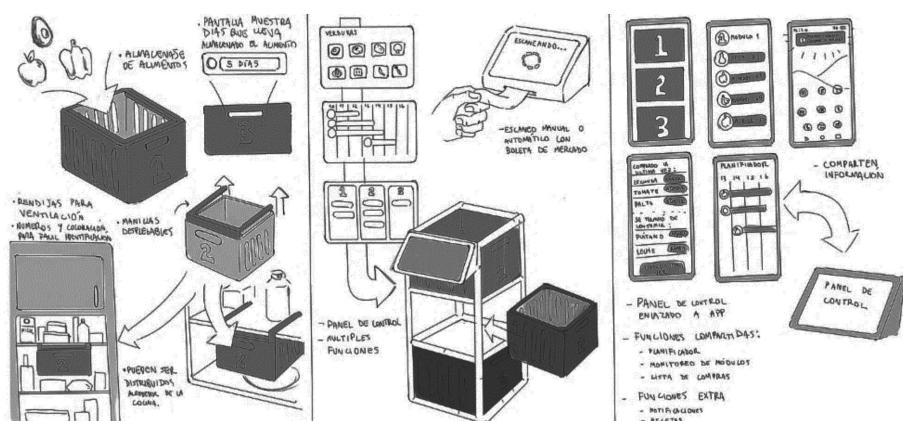


Figura 8. Resultados encuestas validación usuarios.



dispositivo digital, con una pantalla táctil para que el usuario pueda interactuar y navegar en una aplicación de gestión de los alimentos especialmente diseñada para tal efecto y que está conectada y sincronizada con el teléfono móvil.

Validación expertos

Con base en las especificaciones y cuestionario entregado a los expertos, los resultados han revelado un gran potencial en el concepto del producto diseñado para reducir el desperdicio de alimentos. Los evaluadores reconocen la relevancia del problema que se aborda y la innovación de la propuesta.

Aspectos positivos destacados

Solucionar un problema real: El producto responde a una necesidad actual y urgente de reducir el desperdicio de alimentos.

Innovación: La propuesta ofrece una solución novedosa y tecnológica para un problema común. **Flexibilidad:** El diseño modular permite adaptarse a diferentes necesidades y espacios.

Áreas de mejora

Simplificar el uso: Se debe buscar reducir la complejidad del producto para facilitar su adopción por parte de los usuarios.

Tabla 5. Especificaciones del producto.

Componentes Principales	Funciones principales	Beneficio al usuario
<p>Módulos de almacenamiento: Canastas individuales y personalizables para almacenar diferentes tipos de alimentos. Cada módulo cuenta con una pantalla que indica el tiempo de almacenamiento y un código de color para fácil identificación.</p> <p>Estructura modular: Un armazón que sirve como base para los módulos y cuenta con un panel de control. Este panel ofrece herramientas como un planificador de comidas, una base de datos de alimentos y un generador de listas de compras.</p> <p>Aplicación móvil: Conectada al panel de control, la aplicación complementa las funcionalidades del sistema, ofreciendo herramientas adicionales como un generador de recetas y notificaciones personalizadas.</p>	<p>Organización visual: Los módulos codificados por colores y la pantalla de cada módulo facilitan la identificación y localización de los alimentos.</p> <p>Planificación de comidas: El planificador integrado ayuda a los usuarios a organizar sus comidas y evitar el desperdicio.</p> <p>Base de datos de alimentos: Permite llevar un registro detallado de los productos almacenados, incluyendo fecha de compra y caducidad.</p> <p>Generador de listas de compras: Crea listas personalizadas basadas en los productos que se están agotando.</p> <p>Generador de recetas: Sugiere recetas basadas en los alimentos disponibles en el hogar.</p> <p>Notificaciones: Alerta al usuario sobre los alimentos que están a punto de caducar y ofrece recomendaciones para su consumo.</p>	<p>Reducción del desperdicio de alimentos: Al organizar y planificar mejor las compras y el consumo.</p> <p>Ahorro de dinero: Evitando la compra de productos innecesarios y aprovechando al máximo los alimentos disponibles.</p> <p>Alimentación más saludable: Fomentando el consumo de frutas y verduras y evitando la compra de alimentos procesados.</p> <p>Mayor comodidad: Simplificando la gestión de la cocina y ahorrando tiempo</p>

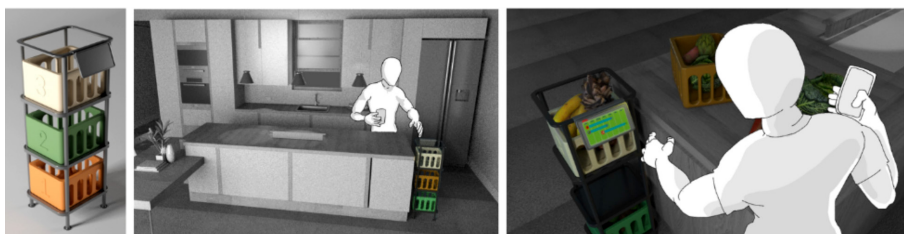


Figura 10. Producto final.

Validar el concepto: Es necesario realizar pruebas con usuarios reales para ajustar el diseño y garantizar su usabilidad.

Considerar el costo: Se debe evaluar la viabilidad económica del producto y buscar alternativas más asequibles.

Las dimensiones del sistema modular fueron definidas tras un análisis exhaustivo de las necesidades del usuario y las características del entorno de cocina. Las medidas finales, establecidas en 30x25x20 cm, permiten una integración armoniosa con otros electrodomésticos comunes, como la nevera, optimizando el espacio y facilitando su uso. La altura

total del sistema, de 100 cm, garantiza un acceso cómodo a los compartimentos y un aprovechamiento eficiente del espacio vertical

DISCUSIÓN

La retroalimentación de expertos en desperdicio de alimentos y diseño de productos fue fundamental para refinar el diseño del producto. Si bien el concepto inicial fue bien recibido, se identificó la necesidad de simplificar la interfaz para mejorar la experiencia del usuario. En respuesta, se implementaron varias mejoras, como la eliminación de módulos redundantes y la automatización de tareas rutinarias. No obstante, se reconoció la importancia de desarrollar soluciones

flexibles para adaptarse a diferentes tipos de productos y hábitos de consumo. A partir de los resultados de la evaluación, se definieron los siguientes pasos: (1) realización de pruebas de usabilidad con usuarios finales para validar las mejoras implementadas y (2) desarrollo de funcionalidades adicionales, como la integración con aplicaciones de recetas y la creación de comunidades de usuarios. Mediante esta iteración continua, se busca garantizar que el producto satisfaga las necesidades de los usuarios y contribuya a la reducción del desperdicio de alimentos.

CONCLUSIONES

El Diseño para el Comportamiento Sostenible (DfSB) presenta una oportunidad única para abordar desafíos ambientales como el desperdicio de alimentos. Al diseñar productos que promueven cambios de comportamiento, el DfSB busca transformar la relación de las personas con los recursos. Este estudio piloto, centrado en el diseño de un sistema modular inteligente, demuestra el potencial del DfSB para reducir el desperdicio en hogares chilenos. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones inherentes a estudios de pequeña escala y la necesidad de investigaciones futuras para validar los resultados y escalar la solución.

A pesar de estos desafíos, los hallazgos obtenidos son prometedores y contribuyen a consolidar el DfSB como una herramienta valiosa para la creación de un futuro más sostenible. Esta aproximación al diseño presenta tanto oportunidades como desafíos para la ingeniería. Si bien su foco principal reside en la etapa de uso del producto –una etapa donde el control se delega al usuario y donde el comportamiento juega un rol crucial–, el verdadero reto radica en traducir la teoría a la práctica. Esto implica modelar comportamientos, traducirlos en requerimientos concretos de diseño, funciones, sistemas y componentes, y orquestar interacciones ser humano-producto que generen, potencien y cimienten los hábitos sostenibles deseados. El DfSB, por lo tanto, no se limita a la creación de artefactos, sino que se adentra en la compleja interacción entre el diseño, la tecnología y el comportamiento humano.

REFERENCIAS

- [1] G. Chichilnisky, "What is Sustainable Development?," in *Man-Made Climate*
- [2] Change, O. Hohmeyer and K. Rennings, Eds., Heidelberg, Berlin, Germany: Springer Verlag, 1999, pp. 42-82, doi: 10.1007/978-3-642-47035-6_4.
- [3] FAO, *Moving forward on food loss and waste reduction*, in The state of food and agriculture, Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. [Online]. Available: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288fdcd78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content>
- [4] R. Ishangulyyev, S. Kim, and S. Lee, "Understanding Food Loss and Waste-Why Are We Losing and Wasting Food?," *Foods*, vol. 8, no. 8, p. 297, 2019, doi: 10.3390/foods8080297.
- [5] J. Gustavsson, C. Cederberg, U. Sonesson, R. Van Otterdijk, and A. Meybeck, "Global food losses and food waste: extent, causes and prevention," *madr.ro*. 2011. [Online]. Available: https://www.madr.ro/docs/ind-alimentara/risipa_alimentara/presentation_food_waste.pdf
- [6] C. Fredes, J.L. Moya, M. Jara y A. Reyes-Jara, "Reducción, reutilización y reciclaje: Una revisión crítica del conocimiento científico sobre las pérdidas y desperdicios de alimentos en Chile", *Revista Chilena de Nutrición*, vol. 50, no. 3, pp. 332-347, 2023, doi: 10.4067/s0717-75182023000300332.
- [7] C.M. Monti Clavijo, "Aplicación de un método para cuantificar la pérdida de alimentos en pequeños productores de berries y hortalizas en la región del Maule", *Disertación de Doctorado, Escuela de Agronomía, Universidad de Talca, Chile, 2021. [En línea]. Disponible en: http://dspace.otalca.cl/handle/1950/12515*
- [8] M.I. Corvera Valenzuela y M.V. González Medina, "Estrategias ante el cambio climático, del plan a la acción: Estudio sobre el PACmetro en el AMG y la alineación de cuatro de sus municipios", en *Nuevas territorialidades-gestión de los territorios y recursos naturales con sustentabilidad ambiental*, vol. I, México: Unam - Amecider, 2023, pp. 467-486. [En línea]. Disponible en: <http://ru.iiec.unam.mx/6107/>
- [9] FAO e IFPRI, *La seguridad alimentaria y el comercio agroalimentario en América*

- Latina y el Caribe*, Santiago, Chile: FAO e IFPRI, 2023, doi: 10.4060/cc8592es.
- [9] A.G. Pasquier Merino *et al.*, *Alimentación, salud y sustentabilidad: hacia una agenda de investigación*, Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2021.
- [10] M. Vittuari *et al.*, “How to reduce consumer food waste at household level: A literature review on drivers and levers for behavioural change,” *Sustainable Production and Consumption*, vol. 38, pp. 104-114, 2023, doi: 10.1016/j.spc.2023.03.023.
- [11] N. Aloysius, J. Ananda, A. Mitsis, and D. Pearson, “Why people are bad at leftover food management? A systematic literature review and a framework to analyze household leftover food waste generation behavior,” *Appetite*, vol. 186, p. 106577, 2023, doi: 10.1016/j.appet.2023.106577.
- [12] B.S. Silvestre and D. M. Țîrcă, “Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 208, pp. 325-332, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.09.244.
- [13] S. Bilderback, “Integrating training for organizational sustainability: the application of Sustainable Development Goals globally,” *European Journal of Training and Development*, vol. 48, no. 7/8, pp. 730-748, 2023, doi: 10.1108/EJTD-01-2023-0005.
- [14] T. Bhamra, D. Lilley, and T. Tang, “Design for Sustainable Behaviour: Using Products to Change Consumer Behaviour,” *The Design Journal*, vol. 14, no. 4, pp. 427-445, 2011, doi: 10.2752/175630611x13091688930453.
- [15] S. Mitragotri and J. Lahann, “Physical approaches to biomaterial design,” *Nature Materials*, vol. 8, no. 1, pp. 15-23, 2008, doi: 10.1038/nmat2344.
- [16] N. Bocken, K. Miller, and S. Evans, “Assessing the environmental impact of new Circular business models,” in *Conference New Business Models, Exploring a Changing View on Organizing Value Creation*, Toulouse, France, 2016.
- [17] T. Radusin *et al.*, “Use of recycled materials as mid layer in three layered structures-new possibility in design for recycling,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 259, Art. no. 120876, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120876.
- [18] World Bank, “Addressing Food Loss and Waste: A Global Problem with Local Solutions,” openknowledge.worldbank.org. 2020 [Online]. Available: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/1564bf5c-ed24-5224-b5d8-93cd62aa3611>
- [19] D. Lilley, “Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions,” *Design Studies*, vol. 30, no. 6, pp. 704-720, 2009, doi: 10.1016/j.destud.2009.05.001.
- [20] F. Vallet, B. Eynard, D. Millet, S.G. Mahut, B. Tyl, and G. Bertoluci, “Using eco-design tools: An overview of experts’ practices,” *Design Studies*, vol. 34, no. 3, pp. 345-377, 2012, doi: 10.1016/j.destud.2012.10.001.
- [21] *Environmental management, integrating environmental aspects into product design and development*, ISO/TR 14062, International Organization for Standardization (ISO), 2001.
- [22] E. Blevis, “Sustainable interaction design: invention & disposal, renewal & reuse,” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, San Jose California, USA, abr. 2007, pp. 503-512, doi: 10.1145/1240624.1240705.
- [23] T.L.F. Heslenfeld and B. De Koeijer, “Tool Design on Sustainable Consumer Behaviour for Food Packaging Companies,” in *23rd IAPRI World Conference On Packaging, IAPRI Bangkok*, 2022, pp. 243-250.
- [24] T. Tang and T. Bhamra, “Putting consumers first in design for sustainable behaviour: a case study of reducing environmental impacts of cold appliance use,” *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 5, no. 4, pp. 288-303, 2012, doi: 10.1080/19397038.2012.685900.
- [25] M. Bonaccorsi *et al.*, “‘HighChest’: An Augmented Freezer Designed for Smart Food Management and Promotion of Eco-Efficient Behaviour,” *Sensors*, vol. 17, no. 6, Art. no. 1357, 2017, doi: 10.3390/s17061357.
- [26] Z. Wen *et al.*, “Design, implementation, and evaluation of an Internet of Things (IoT) network system for restaurant food waste management,” *Waste Management*, vol. 73, pp. 26-38, 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2017.11.054.
- [27] D. Lockton, D. Harrison, and N.A. Stanton, “The Design with Intent Method: A design

- tool for influencing user behaviour,” *Applied Ergonomics*, vol. 41, no. 3, pp. 382-392, 2010, doi: 10.1016/j.apergo.2009.09.001.
- [28] T. Montecchi and N. Becattini, “A Modelling Framework For Data-Driven Design For Sustainable Behaviour In Human-Machine Interactions,” *Proceedings of the Design Society*, vol. 1, pp. 151-160, 2021, doi: 10.1017/pds.2021.16.
- [29] R.H. Sampieri, *Metodología De La Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa Y Mixta*, Ciudad de Mexico, Mexico. McGraw Hill, 2018.
- [30] U. Kelle, “Mixed Methods,” in *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, N. Baur and J. Blasius Eds. Wiesbaden, Germany: Springer, 2022, pp. 163-177, doi: 10.1007/978-3-658-37985-8_9.
- [31] R. Swedberg, “Exploratory Research,” in *The Production of Knowledge: Enhancing Progress in Social Science*, C. Elman, J. Gerring, and J. Mahoney, Eds. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2020, pp. 17-41.
- [32] N. Cross, *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, 5th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2021.
- [33] N. McCarthy, “Food waste is becoming a billion tonne problem”, *statista.com*. 2021. [Online]. Available: <https://www.statista.com/chart/24349/estimated-annual-global-food-waste-by-sector/>
- [34] Ministerio de Agricultura, “Ministro (S) de Agricultura hace fuerte llamado de atención por desperdicio de comida: los chilenos botan 3.700 millones de kilos de comida al año y desperdician \$200 mil por persona”, *minagri.gob.cl*. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://minagri.gob.cl/noticia/ministro-s-de-agricultura-hace-fuerte-llamado-de-atencion-por-desperdicio-de-comida-los-chilenos-botan-3700-millones-de-kilos-de-comida-al-ano-y-desperdician-200-mil-por-persona/>
- [35] C. Rehbein, “¿Cuánta comida desperdiciamos los chilenos?”, *publimetro.cl*. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2017/02/09/cuanta-comida-desperdiciamos-chilenos.html>
- [36] R. Wever, J. Van Kuijk, and C. Boks, “User-centred design for sustainable behaviour,” *International Journal Of Sustainable Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 9-20, 2008, doi: 10.1080/19397030802166205.
- [37] K. Peattie and B. Shaw, “ESRC seminar series: mapping the public policy landscape,” *Consumption: Reducing, Reusing and Recycling*, 2007.
- [38] J. Spencer, “Exploring the implications of cultural context for design for sustainable behaviour,” PhD Thesis, Loughborough University, Loughborough, UK, 2014. [Online]. Available: https://repository.lboro.ac.uk/articles/thesis/Exploring_the_implications_of_cultural_context_for_design_for_sustainable_behaviour/9355238?file=16965098
- [39] B.S. Jin, S.H. Yoon, and Y.G. Ji, “Development of a continuous usage model for the adoption and continuous usage of a smartphone,” *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 29, no. 9, pp. 563-581, 2012, doi: 10.1080/10447318.2012.729997.
- [40] G. Hofstede, “Dimensionalizing Cultures: The Hofstede Model in Context,” *Online Readings in Psychology and Culture*, vol. 2, no. 1, 2011, doi: 10.9707/2307-0919.1014.
- [41] M. Chamorro-Koc, V. Popovic, and M. Emmison, “Experience, Context of Use and the User-Product Interaction Design,” in *IASDR07 Proceedings: Emerging Trends in Design Research*, S. Poggenpohl, Hong Kong, Nov. 15-17, 2007, pp. 1-18.
- [42] D. Hidalgo y J.M. Martín Marroquín, “El desperdicio de alimentos, un problema global”, *IndustriaAmbiente*, vol. 29, pp. 28-33, 2020.
- [43] H. Yildirim, R. Capone, A. Karanlik, F. Bottalico, P. Debs, and H. El Bilali, “Food Wastage in Turkey: An Exploratory Survey on Household Food Waste,” *Journal of Food and Nutrition Research*, vol. 4, no. 8, pp. 483-489, 2016, doi: 10.12691/jfnr-4-8-1.
- [44] V. Vehovar and K.L. Manfreda, “Overview: online surveys,” in *The SAGE handbook of online research methods*, N. G. Fielding, R.M. Lee, and G. Blank Eds., 2nd. Eds., London, UK: Sage, 2017, pp. 143-161.
- [45] E. Van Herpen, L. Van Geffen, M.N.-D. Vries, N. Holthuysen, I. Van Der Lans, and T. Quested, “A validated survey to measure household food waste,” *MethodsX*, vol. 6, pp. 2767-2775, 2019, doi: 10.1016/j.mex.2019.10.029.

- [46] J. Golzar, S. Noor, and O. Tajik, "Convenience sampling," *International Journal of Education & Language Studies*, vol. 1, no. 2, pp. 72-77, 2022, doi:10.22034/ijels.2022.162981.
- [47] K.T. Ulrich y S.D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*, 5ta ed., D.F. México, México: McGraw-Hill Education, 2013.
- [48] SFPE, "Guía para la revisión por Pares en el proceso de Diseño de Protección contra Incendios", spfe.es. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://sfpe.es/documentos/gu%C3%ADa-sfpe-para-revisi%C3%B3n-por-pares>
- [49] H. Kivett, "Free-hand sketching: A lost art?," *Journal of Professional Issues In Engineering Education And Practice*, vol. 124, no. 3, pp. 60-64, 1998, doi: 10.1061/(ASCE)1052-3928(1998)124:3(60).

ANEXOS

Protocolo estudio

Introducción

El estudio se diseñó siguiendo un enfoque secuencial, con el objetivo de refinar progresivamente el instrumento de medición y obtener datos cada vez más representativos. A continuación, se detalla el protocolo seguido en cada una de las cuatro fases.

Fase 1: Estudio piloto

- **Objetivo:** Evaluar la validez y fiabilidad del instrumento de medición.
- **Tamaño de muestra:** 8 participantes.
- **Contacto:**
 - Se seleccionó una muestra de conveniencia de 8 personas que cumplieran con los criterios de inclusión del estudio.
 - Los participantes fueron contactados por correo electrónico o teléfono, explicándoles los objetivos del estudio y solicitando su participación.
- **Ejecución:**
 - Se aplicó el instrumento de medición a cada participante de manera individual.
 - Se registró el tiempo de respuesta y se observó si surgían dificultades en la comprensión de las preguntas.
- **Análisis descriptivo:**
 - Se calculó la frecuencia de respuesta para cada pregunta.
 - Se evaluó la claridad y pertinencia de las preguntas.
 - Se identificaron posibles errores o ambigüedades en el instrumento.

Fase 2: Encuesta definitiva

- **Objetivo:** Obtener datos a nivel nacional para tener una visión más amplia del fenómeno estudiado.
- **Tamaño de muestra:** 25 participantes.
- **Contacto:**
 - Se utilizó una muestra por conveniencia, seleccionando a los participantes a través de redes sociales y plataformas en línea.
 - Se diseñó una encuesta en línea y se compartió el enlace a través de los canales seleccionados.
- **Ejecución:**
 - Los participantes accedieron al enlace y completaron la encuesta de forma autónoma.
- **Análisis descriptivo:**
 - Se calcularon las frecuencias y porcentajes para cada variable.
 - Se realizaron tablas y gráficos para visualizar los resultados.
 - Se identificaron las tendencias y patrones más relevantes.

Fase 3: Prueba de conceptos

- **Objetivo:** Evaluar la comprensión y aceptación de los conceptos clave del estudio por parte de un público más diverso.
- **Tamaño de muestra:** 41 participantes.
- **Contacto:**
 - Se utilizó una muestra más heterogénea, incluyendo participantes de diferentes edades, géneros y niveles socioeconómicos.
 - Se aplicó una encuesta online para recopilar información respecto de la propuesta de diseño.
- **Ejecución:**
 - Los participantes fueron invitados a través de correo electrónico.
 - Se presentaron los conceptos clave del estudio y se les solicitó completar cuestionario y sus opiniones y comentarios.
- **Análisis descriptivo:**
 - Se realizó un análisis de frecuencias.
 - Se identificaron los temas recurrentes y las principales opiniones expresadas por los participantes.

Fase 4: Consulta a expertos

- **Objetivo:** Validar los resultados obtenidos en las fases anteriores y obtener recomendaciones de expertos en el área.

- **Tamaño de muestra:** 3 expertos.
- **Contacto:**
 - Se seleccionó a 3 expertos reconocidos en el área de estudio.
 - Se les envió un informe detallado de los resultados obtenidos en las fases anteriores.
- **Ejecución:**
 - Los expertos revisaron el informe y proporcionaron sus comentarios a través de un cuestionario con preguntas claves.
- **Análisis descriptivo:**
 - Se sintetizaron los comentarios de los expertos y se identificaron los puntos de consenso y disenso.

Consideraciones adicionales

- **Análisis estadístico:** Si se dispone de datos cuantitativos, se pueden realizar análisis estadísticos más complejos, como pruebas de hipótesis o análisis de correlación.
- **Triangulación de datos:** Se recomienda combinar diferentes fuentes de datos (cuantitativos y cualitativos) para obtener una visión más completa del fenómeno estudiado.
- **Limitaciones del estudio:** Es importante reconocer las limitaciones del estudio, como el tamaño de muestra reducido en algunas fases o la naturaleza no probabilística de la muestra.

Cuestionario validación expertos

“Abordando el desperdicio de alimentos en los hogares de Chile a través del Diseño para comportamiento sustentable”

Objetivo de la validación

De esta validación se espera reunir retroalimentación de expertos en el área de desperdicio de alimentos respecto del producto realizado, **el objetivo principal de la validación es determinar si el producto podría cumplir con sus objetivos propuestos.** Por otra parte, se espera recoger ideas respecto de cómo

podría modificarse este concepto para funcionar de mejor manera, qué debería ser modificado, qué les llama más la atención y cuál es su impresión general respecto del producto.

Objetivos del diseño

El objetivo del producto es asistir al usuario con la organización y control de alimentos en el hogar. Mediante esto lograr reducir el desperdicio de alimentos por razones como:

- El mal estado de los alimentos.
- Olvidar que se tiene almacenado un alimento.
- Comprar/Cocinar de más.
- No saber cómo utilizar los alimentos.
- Otros.

Objetivos secundarios incluyen:

- Motivar al usuario a utilizar todos sus alimentos a la hora de cocinar.
- Ayudar al usuario a recordar qué alimentos se encuentran almacenados.
- Hacer la tarea de compra, almacenamiento y cocina, más fácil para el usuario.

Resultados de la validación

Para su retroalimentación puede explayarse en los aspectos que crea relevantes, pero se pide que pueda contestar las dos preguntas siguientes, adicionalmente puede contestar las preguntas adicionales si lo desea. Preguntas para guiar la retroalimentación:

- 1) ¿Cuáles son sus impresiones generales respecto del producto?
- 2) ¿Considera que los objetivos pueden ser alcanzados por el producto diseñado?

Preguntas opcionales:

- 1) ¿Cuáles son los pros y contras que encuentra en este diseño?
- 2) ¿Qué aspectos podrían modificarse para poder cumplir los objetivos de mejor manera?
- 3) ¿Cree que el producto sea capaz de generar un cambio positivo en la conducta del usuario?