



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño y manufactura de un
mobiliario para VW
Transporter T3**

TESINA

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Cristopher Corrado Augelli Arnaud

DIRECTOR DE TESINA

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A las experiencias que no anticipamos
y los caminos que nos cambiaron el rumbo.
A los amigos que encontramos a nuestro paso.*

*En memoria de mi abuela Toñita, por su ejemplo de entrega y jovialidad que pudo ser
revolucionario, de haber querido hacer más ruido.*

Agradecimientos

El cumplimiento de este trabajo se debe en gran parte a las valiosas personas que me apoyaron y respaldaron a lo largo del camino. Sus contribuciones son sinceramente apreciadas y reconocidas con gratitud. Deseo expresar profundo agradecimiento y deuda, en particular, a las siguientes personas:

Dr. Adrián Espinosa Bautista, por sus invaluable consejos para guiar la dirección de esta obra. Tengo en gran estima nuestras conversaciones, las cuales me ayudaron a resolver varias de las etapas administrativas y retos académicos que me atañían. Además de cumplir con su deber de profesor y guía, me acompañó como un amigo en el proceso y me ayudó a concretar mis metas estando yo en el extranjero, demostrando su gran empatía desinteresada.

Dr. Vicente Borja Ramírez, M.I. Antonio Zepeda Sánchez, M.I. Mariano García del Gallego y Dr. Fernando Velázquez Villegas, por sus valiosas aportaciones individuales y su participación en el examen de esta tesina.

Ing. Stéphane Demeersseman, por darme la oportunidad de participar en este proyecto. Trabajar a su lado me aportó grandes lecciones sobre el desarrollo de productos. Su contribución en términos de experiencia técnica y conocimiento del sector fue decisiva para las metas alcanzadas. En definitiva, agradezco atentamente su amabilidad al permitirme difundir los procedimientos y resultados aquí presentados.

Dr. Alfredo Arnaud Bobadilla, por su constante apoyo a lo largo de mi carrera estudiantil. No solamente fue grande su ánimo y persuasión, pero le quedo en deuda por consagrar de su tiempo y por mover mar y tierra para representarme durante mi ausencia en el extranjero.

Esta lista no sería completa sin la mención de aquellos que me han extendido su amor, oraciones y sacrificios con cariño todos estos años: mis padres, Pablo y Adriana; mis abuelos, Toñita y Adrián; mis tíos, Alfredo, Ana, Jacquie, Javier, Alain y Moni; en fin, mi querida familia. Gracias por la paciencia, el empeño, la guianza espiritual y el apoyo económico, físico y moral. Los frutos de sus esfuerzos me acompañarán a lo largo de mi vida profesional.

Declaración de autenticidad

Por la presente declaro que, salvo cuando se haga referencia específica al trabajo de otras personas, el contenido de esta tesina es original y no se ha presentado total o parcialmente para su consideración para cualquier otro título o grado en esta o cualquier otra Universidad. Esta tesina es resultado de mi propio trabajo y no incluye nada que sea el resultado de algún trabajo realizado en colaboración, salvo que se indique específicamente en el texto.

Cristopher Corrado Augelli Arnaud. México, 2023

Resumen/Abstract

El Volkswagen (VW) Transporter T3 es un vehículo que ha ganado popularidad entre propietarios y entusiastas gracias a su diseño distintivo y versatilidad. Debido a sus capacidades, se adapta fácilmente a diferentes usos, desde el transporte de personas y mercancías, hasta su conversión en una oficina móvil o una vivienda. En esta tesina, exploraremos el proceso de diseño de mobiliario específicamente adaptado a las necesidades y requisitos del VW Transporter T3, considerando sus características únicas, las necesidades prácticas y las preferencias de sus propietarios. Se analizará y adaptará un proceso de desarrollo del producto (PDP) genérico al proceso utilizado por la empresa para diseñar un producto innovador y funcional que satisfaga las necesidades y requisitos del Volkswagen Transporter T3. El resultado del proyecto será un conjunto de especificaciones detalladas, dibujos y prototipos que demostrarán el potencial de este producto y su posible impacto en el mercado.

Índice general

Agradecimientos	III
Índice de figuras	XIII
Índice de tablas	XV
1. Introducción	1
1.1. Presentación	1
1.2. Objetivo	1
1.3. Descripción de la empresa	2
1.3.1. Servicios	2
1.3.2. Descripción del puesto	2
1.4. Motivación	3
1.5. Planteamiento del problema	4
1.6. Metodología	4
1.7. Contribuciones	4
1.8. Estructura de la tesina	5
2. Diseño del producto	7
2.1. Planificación	7
2.1.1. Identificación de oportunidades	8

ÍNDICE GENERAL

2.1.1.1.	Establecimiento de un <i>charter</i>	9
2.1.1.2.	Generación, cribado y selección de oportunidades prometedoras	9
2.1.2.	Suposiciones y restricciones	10
2.1.3.	Planificación del anteproyecto	11
2.2.	Desarrollo conceptual	13
2.2.1.	Identificación de las necesidades del cliente	13
2.2.1.1.	Expresión y caracterización de la necesidad de un mobiliario	13
2.2.1.2.	Validación de la necesidad	14
2.2.2.	Establecimiento de especificaciones objetivo	15
2.2.2.1.	Identificación de los elementos del entorno exterior	15
2.2.2.2.	Establecimiento de las Funciones de Servicio y restricciones	16
2.2.2.3.	Justificación de las funciones	16
2.2.2.4.	Caracterización de las funciones y elaboración de las especificaciones objetivo	17
2.2.3.	Generación de conceptos	19
2.2.3.1.	Descomposición de funciones mediante FAST	20
2.2.4.	Selección de conceptos	20
2.2.4.1.	Cuadro morfológico de selección	20
2.3.	Diseño del sistema	22
2.3.1.	Especificaciones del producto	22
2.3.2.	Arquitectura del producto	22
2.3.2.1.	Configuración general de la línea de muebles	22
2.3.2.2.	Configuración a nivel local de los módulos	23
2.4.	Diseño de detalle	24
2.4.1.	Diseño industrial	25
2.5.	Pruebas y refinamiento	29
2.6.	Inicio de la producción	29

2.6.1. Diseño para manufactura	29
2.6.2. Descripción del proceso de manufactura para el prototipo	33
2.6.2.1. Materiales y métodos	33
3. Resultados	35
3.1. Planos de montaje	35
3.2. Prototipado	35
3.2.1. Prototipos rápidos	36
3.2.2. Prototipos físicos	36
3.3. Lanzamiento del producto al mercado	36
4. Conclusiones	39
4.1. Objetivo general	39
4.1.1. Contrastes entre los enfoques académico y empresarial para el desarrollo de productos	40
4.1.2. Beneficios de adoptar un método sistemático para el desarrollo de productos	40
4.2. Beneficios y desventajas de una organización pequeña	41
4.3. Recomendaciones para los futuros proyectos de ingeniería	41
A. Planos de montaje	43
Bibliografía	49

Índice de figuras

2.1. Proceso de Desarrollo del Producto (PDP) genérico	7
2.2. Euro Makers, <i>CNC Aureus 3X 1000 mm</i>	11
2.3. Enunciado de la necesidad o “ <i>bête à cornes</i> ”	14
2.4. Diagrama de interactores o “ <i>pieuvre</i> ”	18
2.5. Diagrama FAST de la función principal FP1	21
2.6. Configuración general de los diferentes módulos dentro de la cabina.	24
2.7. Interconectividad de los elementos del mueble cocina	24
2.8. Modelo de mobiliario y su interfaz	26
2.9. Modelado de piezas de proveedores	26
2.10. Modelo del ensamble	27
2.11. Configuraciones útiles del mueble de cocina	27
2.12. Simulación de mecanizado de mobiliario	28
2.13. Diagrama de flujo de material	33
3.1. Prototipo físico del ensamble “genérico” sin instalación de chapas	37
A.1. Plano de montaje del mueble de cocina	44
A.2. Plano de montaje del mueble intermediario	45
A.3. Plano de montaje del armario	46
A.4. Plano de montaje del sofá-cama	47

ÍNDICE DE FIGURAS

A.5. Plano de montaje del mueble superior	48
---	----

Índice de tablas

2.1. Declaración de misión para el proyecto	12
2.2. Funciones de servicio	17
2.3. Caracterización de las funciones de servicio	18
2.4. Cuadro morfológico para componentes del mobiliario	22
2.5. Identificación de las contradicciones técnicas para los problemas de diseño 3 y 4 y sus posibles soluciones	31
2.6. Descripción de las soluciones y estrategias de diseño con base en los principios de solución de TRIZ	32

Introducción

1.1. Presentación

El Volkswagen Transporter T3 es un vehículo clásico y versátil que cuenta con un interés y una demanda crecientes entre propietarios y entusiastas. Su diseño único y sus capacidades lo convierten en un candidato ideal para una amplia gama de propósitos, desde el transporte de mercancías y personas hasta servir como oficina móvil o vivienda.

En el último cuarto del año 2021, la empresa RD2 Innovate comenzó a idear la oportunidad de creación de un nuevo producto que mejore la funcionalidad y versatilidad de este vehículo y fui invitado a participar en este proyecto como diseñador.

En esta tesina, analizaremos el proceso de diseño de un mobiliario adaptado a las necesidades y requisitos específicos del Volkswagen (VW) Transporter T3. Desarrollaremos una metodología de diseño combinada para describir aquella empleada por la organización. El diseño tomará en cuenta tanto las características únicas del vehículo, como las necesidades prácticas y las preferencias de sus propietarios, con el fin de crear un producto que sea a la vez funcional y estéticamente agradable. El resultado de este proyecto será un conjunto de especificaciones detalladas, dibujos y prototipos que demostrarán el potencial de este producto y su posible impacto en el mercado. Esta tesina proporcionará una visión global del proceso de diseño, así como un examen en profundidad de los materiales, las técnicas de producción y las consideraciones económicas que intervienen en el desarrollo de este producto.

En definitiva, esta tesina pretende contribuir al campo del desarrollo de productos presentando una metodología práctica y eficaz que pueda ser utilizada por las organizaciones para desarrollar productos innovadores.

1.2. Objetivo

Analizar y adaptar el proceso de desarrollo de productos genérico al proceso específico utilizado por RD2 Innovate para diseñar un producto innovador y funcional que satisfaga las necesidades y requisitos del Volkswagen Transporter T3.

1.3. Descripción de la empresa

RD2 Innovate, con sede en Loos (Francia), es una oficina de diseño multidisciplinar dedicada al desarrollo de productos. La empresa está especializada en I+D, mecánica, plásticos, impresión 3D y creación de prototipos. RD2 abarca una amplia gama de sectores: médico y sanitario, automoción, comercio minorista, deportes, equipamiento del hogar, etc. Más recientemente, la compañía ofrece una gama de productos relacionados con el VW Transporter T3.

1.3.1. Servicios

RD2 Innovate ofrece una gama completa de servicios, desde el diseño y la creación rápida de prototipos hasta la industrialización. Al fabricar moldes prototipo en sus instalaciones, la compañía ofrece la posibilidad de producciones en pequeñas series y a menor costo. En el corazón de los servicios de la compañía está trabajar en colaboración con sus clientes para innovar constantemente.

El acompañamiento en el desarrollo de un producto usualmente toma la siguiente forma:

1. Determinación de la necesidad
2. Modelización 3D de la pieza a diseñar, integrando las restricciones de fabricación
3. Simulaciones numéricas y del proceso de fabricación para validar la resistencia mecánica
4. Prototipo
5. Modelización 3D de las placas del molde (en caso de fabricación por inyección)
6. Comercialización

1.3.2. Descripción del puesto

A inicios del 2022, RD2 hacía la prospección de un nuevo producto para agregar a su línea de accesorios para VW Transporter. Durante este tiempo, se me invitó a participar en su organización con el fin de integrar su nuevo proyecto de mobiliario para acondicionar las mismas furgonetas. El proyecto fue una iniciativa interna de la empresa. Como diseñador, trabajé en varias tareas a lo largo de todas las fases de desarrollo, que incluyeron:

- Desarrollar las especificaciones funcionales del producto;
- Medir, dimensionar y modelar el entorno, es decir, el habitáculo del coche;
- Estudiar la cinemática de los sistemas retráctiles para el correcto dimensionamiento de sus componentes;
- Asistir en la búsqueda y selección de materiales, componentes y proveedores;

- Modelar el mueble y sus componentes, garantizando el análisis funcional, la calidad, la parametrización y la creación de una familia de piezas;
- Elaborar los planos de ensamble del mueble con su lista de componentes;
- Validar las formas, las dimensiones y los materiales utilizados a través de varios prototipos a tamaño real mediante corte por láser y corte digital de paneles;
- Visitar a los clientes para validar las soluciones técnicas ofrecidas.

En el capítulo 2: *Diseño del producto*, se describe a detalle el conjunto de las actividades que realicé independientemente y en colaboración con mi jefe directo, Stéphane Demeersseman (ver sección 1.7 para un desglose más detallado de las aportaciones a este proyecto).

1.4. Motivación

En los últimos años, ha crecido el interés y la demanda por poseer y restaurar un Volkswagen Transporter T3 para uso personal. Este tipo de vehículo, también conocido como *Vanagon*, se fabricó por primera vez en 1979 y fue muy popular por su versatilidad y asequibilidad. A pesar de su edad, el T3 sigue siendo una opción popular para los entusiastas de los coches que buscan un vehículo único y práctico que se puede utilizar para una variedad de propósitos, desde actividades recreativas hasta el transporte diario.

Una de las principales razones del creciente interés por el Transporter T3 es su diseño único y versátil. Considerado a menudo un cruce entre una furgoneta y una ranchera (o *guayín*), este vehículo ofrece mucho espacio de almacenamiento y puede acomodar hasta siete pasajeros. La línea T3 fue la última en utilizar el diseño de motor trasero refrigerado por aire (la siguiente generación optó por el sistema actual de motor frontal refrigerado por agua), haciéndolo un modelo muy apreciado y cotizado entre entusiastas. Esta versatilidad hace del T3 un vehículo ideal para familias, entusiastas de las actividades al aire libre y cualquiera que necesite mucho espacio para sus suministros y equipamiento.

En este aspecto, los usuarios seguidos realizan conversiones de estas camionetas en furgonetas *cámpers*. Estas conversiones implican convertir el interior del vehículo en un espacio de vida cómodo y funcional para viajar. Las transformaciones de furgonetas *cámpers* pueden variar desde configuraciones básicas con una cama y una zona de cocina sencilla hasta transformaciones más complejas que incluyen una ducha, un aseo y otras comodidades.

Otra razón de la creciente demanda de este modelo clásico es su asequibilidad y la disponibilidad de piezas. En comparación con las gamas de vehículos más recientes, el T3 es relativamente barato, lo que lo convierte en una opción popular para los entusiastas del automóvil que buscan restaurar un vehículo clásico. Este atractivo ha dado lugar a un próspero mercado de piezas y accesorios, lo que facilita enormemente la restauración y el mantenimiento del vehículo. Hay muchas empresas especializadas en la restauración y personalización de vehículos, así como numerosos foros y comunidades en línea donde los propietarios pueden conectarse y compartir información y consejos.

1.5. Planteamiento del problema

Mientras estos vehículos son de fácil mantenimiento para sus usuarios, extendiendo de manera indefinida su vida útil y promoviendo su circulación en vialidades, el estado del mobiliario original está, en la mayoría de los casos, muy mermado. Los accesorios suministrados ya no se utilizan ni se fabrican (refrigerador, fregadero, etc.) debido a la evolución de la tecnología y de las normas de homologación vehicular que imponen nuevos requisitos de seguridad.

En esencia lo que se expone en la presente tesina es un procedimiento del diseño y manufactura de un mobiliario para el VW Transporter T3 para su comercialización, siguiendo metodologías de diseño diversas. El Transporter T3 es un vehículo con una continua demanda a pesar de su discontinuación, pero la utilidad que los usuarios buscan en estos vehículos es la interacción con un mobiliario que cumpla las funciones de gabinetes de cocina, mesa de comedor, armario y sofá-cama, todo de la misma manera que cómo ofrecía el vehículo en su ciclo de vida útil.

1.6. Metodología

La metodología propuesta es una síntesis de varios enfoques de diseño. El enfoque sistemático del proceso de desarrollo de productos genérico de Ulrich y Eppinger proporcionará el marco para estructurar el trabajo. Sin embargo, se emplearán métodos y herramientas complementarios para potenciar las distintas fases del diseño, como el análisis funcional basado en normas europeas, TRIZ y otras técnicas para facilitar el desarrollo conceptual del producto y obtener especificaciones.

Este enfoque pretende aprovechar los puntos fuertes de múltiples metodologías de diseño, proporcionando una estrategia global que combina estructura y flexibilidad. Al basarse en estos diversos enfoques, la metodología resultante pretende agilizar el proceso de desarrollo del producto, garantizando que se aborden todos los aspectos esenciales y fomentando al mismo tiempo la innovación y la creatividad.

1.7. Contribuciones

Durante el desarrollo de este proyecto, conté con la valiosa contribución de Stéphane Demeersseman, Director de RD2 Innovate, y Ludovic Ridon, Ingeniero de Diseño de la misma empresa, quienes brindaron asistencia técnica y planificación en diversas fases del proyecto. Además, tuvieron un papel fundamental en la interacción con clientes y proveedores, así como en la realización de análisis de costos.

En particular, Stéphane Demeersseman tuvo una contribución específica e indispensable en la planificación del anteproyecto, incluyendo la identificación de la oportunidad, cuyas metas y limitaciones, estrategias, entre otras, me fueron encomendadas cuando se me asignó este proyecto. Asimismo, su experiencia en diseño para manufactura fue crucial en la solución de

problemas descritos en la sección 2.6.1. Finalmente, su esfuerzo y experiencia en la implementación del sistema de manufactura descrito en la sección 2.6.2 fueron fundamentales, aunque se trató de un trabajo colaborativo.

Es importante destacar que, si bien los siguientes capítulos describen principalmente mi contribución profesional a la empresa, la aportación de Stéphane Demeersseman y del resto del equipo de RD2 Innovate fue fundamental en cuanto a sugerencias, consultas y toma de decisiones.

Cabe señalar que todo el proyecto, con excepción de este documento, se desarrolló en las instalaciones de RD2 Innovate. Además, los procesos mencionados en esta tesina se consideran confidenciales para la empresa. Esto refuerza la relevancia práctica de la investigación realizada, ya que ofrece una visión de los procesos de desarrollo de productos en el mundo real, respetando al mismo tiempo la propiedad intelectual de la empresa.

1.8. Estructura de la tesina

Esta tesina presenta una metodología integral de desarrollo de productos que sintetiza diversos enfoques de diseño para apoyar la conceptualización, el diseño y el desarrollo de productos innovadores.

Esta tesina se estructura en tres capítulos principales. El capítulo 2 presenta un desarrollo detallado del producto, profundizando en cada etapa del proceso de diseño de una gama de mobiliario para el Transporter T3, desde la concepción hasta la realización de los primeros prototipos comercializables. Este capítulo sirve de guía exhaustiva del proceso de diseño, destacando las decisiones y consideraciones clave que conducirán al producto final.

En los capítulos 3 y 4 se exponen los resultados y las conclusiones obtenidos con este trabajo, así como las perspectivas de futuro de la empresa para el desarrollo del producto y el sistema propuestos. Esta sección pretende ofrecer un análisis exhaustivo del proceso de diseño, los retos encontrados y las lecciones aprendidas, así como proponer futuras vías de investigación y desarrollo.

Lo que este trabajo ofrece, en conjunto, es un relato detallado del proceso de diseño para desarrollar productos de mobiliario innovadores para el Transporter T3 u sucesivos modelos. Se basa en principios y herramientas bien establecidas y prácticas de diseño, con el fin de ofrecer una metodología completa para el desarrollo de productos similares. La meta final de este esfuerzo es agilizar el proceso de desarrollo de productos, mejorar su calidad y apoyar el futuro crecimiento y éxito de la empresa.

Diseño del producto

Este capítulo describe el proceso de desarrollo del producto (PDP) de un mobiliario para el VW Transporter T3. El PDP es una serie de pasos y actividades que una empresa utiliza para concebir, diseñar y comercializar un producto (1). El objetivo es adaptar el PDP genérico al proceso específico utilizado por RD2 Innovate, la organización encargada del proyecto.

El PDP genérico de Ulrich se basa sobre seis fases de desarrollo: planificación, desarrollo conceptual, diseño del sistema, diseño de detalle, pruebas y refinamiento, e inicio de la producción. Un diagrama de flujo de este proceso se muestra en la fig. 2.1 . Cada fase representa el estado actual del producto a medida que las actividades de la fase avanzan y se ajustan a lo largo del ciclo de desarrollo. Esto ilustra que el proceso de desarrollo no es estrictamente lineal, sino que las actividades están interconectadas y a menudo se solapan entre sí en términos de tiempo e iteración. Las fases de desarrollo concluyen con el lanzamiento del producto al mercado.

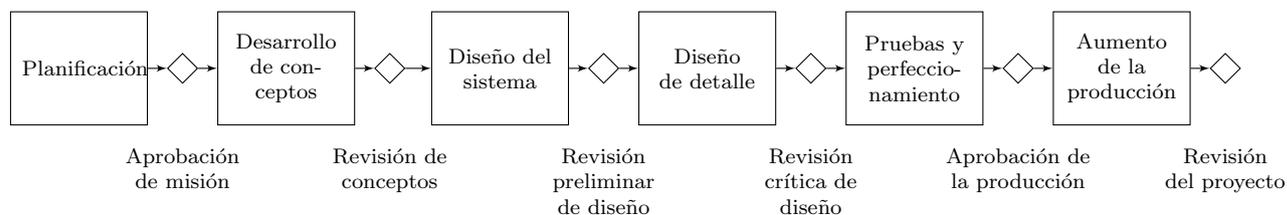


Fig. 2.1: Proceso de Desarrollo del Producto (PDP) genérico (1)

2.1. Planificación

La planificación del producto es un proceso que se encarga de establecer y gestionar la cartera de proyectos de una empresa, con el objetivo de desarrollar oportunidades conjuntas o contiguas. Asimismo, busca definir plataformas para ejecutar uno o más proyectos, y asignar recursos y tiempos a los diferentes departamentos dentro de un proyecto o plataforma. En términos generales, se considera la “fase cero” del proceso de desarrollo, ya que precede a la aprobación del proyecto y al lanzamiento del proceso de desarrollo.

Durante la identificación de oportunidades, el equipo genera posibles ideas de productos

a través de una lluvia de ideas. Posteriormente, se filtran y priorizan en función de diversos criterios, como la estrategia competitiva de la organización, trayectorias tecnológicas y planificación de plataformas de productos, con el fin de seleccionar los proyectos más prometedores.

A medida que este proceso se itera y surgen más oportunidades prometedoras, la gerencia debe tomar decisiones sobre cuáles proyectos perseguir, en qué tiempos y con qué recursos. La viabilidad de cada proyecto dependerá de las bases e información extraídas durante esta etapa. En este sentido, el equipo de desarrollo trabaja en determinar el mercado objetivo, el establecimiento de objetivos y la creación de una hoja de ruta para el proceso de desarrollo del producto. Aunque la mayor parte del esfuerzo proviene de la mercadotecnia, las otras áreas de producción también tendrán diferentes tareas en esta etapa, dependiendo de la naturaleza del producto.

Las estrategias corporativas de la empresa no forman parte del enfoque de nuestro caso de estudio. Sin embargo, se considera pertinente mencionar brevemente su visión global y objetivos corporativos con fin de proveer contexto a este trabajo.

La planificación es fundamental para el éxito del desarrollo de un producto, ya que sienta las bases para el resto del proceso y garantiza que el producto esté bien definido, sea viable y se ajuste a los objetivos de la empresa. El resultado de este esfuerzo culmina en una serie de puntos clave de negocio, puntualmente formulados, donde se establece la dirección general y las condiciones de frontera del proyecto. La declaración de misión, entonces, aterriza sobre estos puntos y sirve para dar luz verde al proyecto.

2.1.1. Identificación de oportunidades

Para recopilar información sobre las mejores estrategias u oportunidades para la empresa, se debe elaborar un plan de producto basado en la investigación del mercado o en oportunidades desarrolladas internamente. Este plan debe incluir información proveniente de diversas fuentes, tanto internas como externas. Las fuentes internas podrían ser generadas dentro de un departamento de la organización, mientras que las fuentes externas podrían incluir investigaciones de mercado, análisis de tendencias, opiniones de expertos, entre otras.

La empresa RD2 Innovate tiene experiencia en el desarrollo de partes y accesorios para la plataforma de VW Transporter, habiendo fabricado una serie de accesorios de terceros para esta línea de vehículos. Actualmente, la empresa está explorando la posibilidad de expandirse hacia el mercado de mobiliario prefabricado para las furgonetas, lo cual representa un área poco convencional para la compañía.

A pesar de esto, la incursión en el dominio de la madera representa una oportunidad para desarrollar nuevos productos y especializaciones que complementen la gama de accesorios existentes. De esta forma, la línea de muebles podría ser la base para la creación de nuevos productos relacionados con el mercado del transporte y la vida móvil, lo que podría representar una importante fuente de crecimiento y diversificación para la empresa.

2.1.1.1. Establecimiento de un *charter*

El *charter* es una herramienta útil para definir el alcance y los objetivos del proyecto de desarrollo de un producto, y en este caso, se utilizó para establecer el problema específico que se busca resolver y las metas que se quieren lograr.

El mobiliario interior de la línea Transporter es un componente esencial en los servicios que los usuarios esperan de sus vehículos, ya que les permite tener un espacio de vivienda cómodo y funcional durante sus viajes. Al ser un componente que está en constante uso, con el tiempo sufre desgaste y deterioro hasta el final de su vida útil, por lo que en algún momento se vuelve necesario renovar o reemplazarlos. Sin embargo, no existe un servicio de la compañía original ni de terceros que ofrezca el diseño y fabricación de estos muebles a nivel de producción industrial, lo que hace que muchos usuarios recurran a construirlos ellos mismos o a contratar a un especialista para que lo haga a medida de su vehículo y del equipo o accesorios que deseen incorporar al mobiliario (ej. refrigerador y lavabo), que dependiendo del modelo y marca varían en sus dimensiones. Esto presentó una oportunidad para la empresa RD2 Innovate.

Una manera de resolver esta problemática sería proveer un mobiliario con características de función y valor similares a las que ofrecía el diseño original. Una vez visualizados los alcances y restricciones del proyecto, una posible solución puede articularse de la siguiente manera:

Crear una gama de muebles de época para el VW T3 Transporter, ajustada a los electrodomésticos en existencia en el mercado y lanzar una producción pequeña de bajo costo.

Esta declaración permitió a RD2 Innovate definir a grandes rasgos el problema que pretendía resolver, teniendo en cuenta las oportunidades de mercado y las limitaciones que podrían surgir durante el desarrollo. Las hipótesis iniciales de los métodos de desarrollo y las limitaciones o restricciones que implican se analizarán con más detalle en la sección [2.1.2](#).

2.1.1.2. Generación, cribado y selección de oportunidades prometedoras

Los autores Ulrich y Eppinger subrayan la importancia de la planificación en el desarrollo de plataformas de productos mediante la generación, el cribado y la selección de oportunidades. Una oportunidad en este enfoque se refiere a una idea para un nuevo producto. El objetivo es generar ideas que puedan crear valor y desarrollarse en el futuro. Esto puede articularse en una breve descripción de la idea, acompañada de bocetos y un título descriptivo.

Existen varias estrategias para la generación de oportunidades, entre las cuales se encuentran la interacción y observación de los clientes prospectivos, recolectar fallas que sean fuente de queja entre los clientes, y perseguir pasiones personales, entre otras. Existen dos enfoques para identificar oportunidades: uno activo, que implica la implementación de una serie de pasos y actividades, y otro pasivo, que consiste en la observación y detección de oportunidades en el entorno.

2. DISEÑO DEL PRODUCTO

En el caso de nuestro estudio, la oportunidad salió a raíz que el líder del equipo de diseño y fundador de la empresa es un usuario propio de esta línea de vehículos, lo que hace que tuviera una base de conocimientos del mercado mediante el uso de redes y contacto con comunidades de entusiastas.

Basándose en esta experiencia, se decidió llevar a cabo una actividad de entrevistas a usuarios dueños de un Transporter T25/T3 en las cercanías de la metrópolis de Lille, cuya propuesta de remodelar los interiores de su vehículo les interesaba. Esta actividad se llevó a cabo con una muestra muy pequeña de clientes y cuya información se anotó informalmente. De este proceso destacaron varias de las preferencias del usuario y las propuestas de valor que formaron más tarde las necesidades del cliente.

Conforme se evaluaba el costo de esta oportunidad el equipo de trabajo comenzó a generar nuevas oportunidades de ideas de productos asociados a la gama de mueble. Una oportunidad de un producto asociado que surgió internamente es la del desarrollo paralelo de un producto de moldeo por inyección de plástico con el fin de sustituir el producto suministrado.

Se consideró la posibilidad de diseñar una chapa de inyección de plástico que mantuviera la misma apariencia estética que el mobiliario original de la línea Westfalia, pero con un mecanismo simplificado. La chapa original solo se puede encontrar en tiendas especializadas de partes originales o terceros para el modelo Transporter T3, y a un costo elevado por unidad. Tras analizar su mecanismo, se identificó la oportunidad de reducir el número de componentes de cuatro a tres, lo que podría generar ventajas en la reducción del costo del molde y eventualmente incluso una posible patente. La fabricación interna de este componente con menos piezas podría reducir el costo del molde, aprovechando las capacidades tecnológicas de la empresa. Si se incorpora este producto a la gama de mobiliario, podría significar una reducción considerable en el costo total del mueble. Sin embargo, este proyecto excede el alcance de este trabajo.

2.1.2. Suposiciones y restricciones

Una vez establecidos los alcances del proyecto, es recomendable delimitar el tema al que se desea llegar, es decir, establecer fronteras claras. En esta etapa inicial del desarrollo, es importante considerar tres áreas de interés: el sistema de manufactura a emplear, la calidad del servicio y el medio ambiente.

Aunque no se hayan decidido aún las soluciones tecnológicas que se utilizarán, es recomendable evaluar las vías factibles de acuerdo al equipo de fabricación del que se disponga. Es fundamental responder a preguntas como qué instalaciones de producción se emplearán para la fabricación y el ensamblaje de las piezas, si se necesitarán nuevos sistemas de producción y quiénes serán los proveedores principales, entre otras. Asimismo, es importante definir cómo será el servicio ofrecido por la compañía para la instalación y cuáles serán las metas estratégicas a alcanzar.

Ciertas limitaciones o alcances del proyecto se identificaron desde temprano. Entre estos, se descartó la posibilidad de realizar la instalación personalmente, optando por una en donde el cliente se hace cargo del montaje y la instalación, un modelo ya adoptado por compañías como IKEA. Para la comercialización habría que proveer los componentes por separado acompañados

de un manual de instalación. De esta manera se descartarían los costos incurridos de ensamblaje, permitiendo una mayor producción y precio reducido de venta.

La seguridad en la sujeción del mueble al vehículo es un elemento importante y debe cumplir con las normas vehiculares recientes impuestas en Francia para furgonetas transformadas. Las nuevas inspecciones técnicas de furgonetas equipadas se realizan de acuerdo con las normas de seguridad VASP (Vehículos Homologados para Fines Especiales) y son más exhaustivas y estrictas para garantizar la seguridad en carretera y la protección del medio ambiente (2). Por este motivo, la empresa tampoco incorporaría en su diseño indicaciones sobre cómo fijar el mueble en la cabina de la furgoneta. Únicamente se proveería un manual de ensamblaje con el producto, dejando a responsabilidad del cliente y de un instalador el resto.

En cuanto a la fabricación, la empresa disponía de un equipo de producción mediana, que incluía un enrutador de control numérico por computadora (CNC) de 3 ejes (fig. 2.2). El equipo también identificó los posibles desafíos tecnológicos e industriales para llevar a cabo el proyecto, pero consideró que contaba con el equipo de cómputo y planta necesarios para una producción mediana.



Fig. 2.2: Euro Makers, *CNC Aureus 3X 1000 mm*

2.1.3. Planificación del anteproyecto

La declaración de misión establece la oportunidad de mercado, los mercados interesados y los grupos de interés, las suposiciones y limitaciones relacionadas con la producción, así como las estrategias y metas de negocio. Es importante que el equipo conozca cuáles son las metas y la misión general antes de comenzar la fase de desarrollo. La declaración de misión ayuda a visualizar la dirección del proyecto sin especificar una manera particular de cómo proceder. La tabla 2.1 resume las actividades de la etapa de planificación.

Tabla 2.1: Declaración de misión para el proyecto

Declaración de misión: Proyecto Agathe	
Descripción del producto	<ul style="list-style-type: none">▪ Mobiliario de acondicionamiento interior para VW Transporter T3
Proposición de valor	<ul style="list-style-type: none">▪ A la medida del vehículo y del equipamiento del usuario final▪ Bajo costo▪ Construcción ligera
Metas clave de negocio	<ul style="list-style-type: none">▪ Introducción al mercado para Q3 2022▪ 50% de margen bruto▪ Servir como plataforma para gama de productos
Mercado primario	<ul style="list-style-type: none">▪ Consumidor entusiasta del Transporter T3
Mercado secundario	<ul style="list-style-type: none">▪ Talleres de restauración de furgonetas camper
Suposiciones	<ul style="list-style-type: none">▪ Nueva plataforma de producto▪ Fabricación realizada en las instalaciones▪ Piezas de precisión guiadas por enrutador CNC▪ Accesorios de terceros▪ Ensamble e instalación gestionado por el usuario final▪ Conjunto desmontable
Grupos de interés	<ul style="list-style-type: none">▪ Usuario▪ Distribuidores minoristas y revendedores▪ Equipo de diseño

2.2. Desarrollo conceptual

Durante las primeras fases del desarrollo conceptual, lo que se desea es abordar la problemática o necesidades del cliente de manera que se identifiquen y validen los conceptos clave. Existen múltiples estrategias para validar estos conceptos; sin embargo, a menudo surgen retos por falta de herramientas de apoyo estandarizadas. Para atacar este problema, se empleará un enfoque de los conceptos basado en la funcionalidad, utilizando pares verbo-sustantivo para representar requisitos funcionales y obtener una estructura funcional global del sistema.

La representación de las funciones de servicio en pares verbo-sustantivo es la más adecuada debido a su generalidad en la construcción de la estructura funcional. Se aplicará el análisis funcional basado en estándares de calidad estipulados por AFNOR (3), que incluye un análisis funcional externo basado en APTE, seguido de un análisis funcional interno mediante FAST y TRIZ para la descomposición de las funciones de servicio. El objetivo es obtener requisitos funcionales que conduzcan a resultados diferentes de los existentes, lo que potencia la creación de nuevos productos.

2.2.1. Identificación de las necesidades del cliente

El análisis funcional externo (AFE) consiste en visualizar un modelo de caja negra y estudiar las interacciones del sistema con sus elementos externos. De acuerdo con el método APTE, el AFE involucra una serie de pasos con diagramas para ayudarnos a desarrollar los conceptos que conduzcan a un diseño de detalle a la espera de las demandas y necesidades del cliente. Los pasos son los siguientes:

- Expresar y validar la necesidad fundamental mediante la herramienta *“bête à cornes”*.
- Identificar el sistema de estudio y su ciclo de vida.
- Determinar el inventario de los elementos del medio exterior (EME).
- Determinar y validar las funciones de servicio mediante la herramienta *“pieuvre”*.
- Caracterizar las funciones de servicio y obtener las especificaciones objetivo.

2.2.1.1. Expresión y caracterización de la necesidad de un mobiliario

La expresión de la necesidad se construye a partir de un cuestionario sencillo:

- ¿A quién sirve el producto?
- ¿Sobre qué actúa?
- ¿Con qué propósito?

2. DISEÑO DEL PRODUCTO

Un segundo cuestionario sirve para justificar la toma de decisiones a largo plazo. Incluye de nuevo tres preguntas:

- ¿Por qué se necesitará el producto?
- ¿Qué podría hacer evolucionar las necesidades?
- ¿Qué podría hacer desaparecer las necesidades?

Las respuestas pueden ayudarnos a determinar si en efecto las necesidades justifican el esfuerzo de diseñar un nuevo producto y si podrían desaparecer o evolucionar en el futuro.

Se pretende diseñar un producto, en adelante denominado “mobiliario”, para los usuarios del VW Transporter T3. El producto sería de utilidad directa para los pasajeros a bordo del vehículo. El mobiliario actúa sobre el acondicionamiento del interior del vehículo y su finalidad es permitir (al pasajero) de realizar varias funciones desde el interior de su vehículo. En la Figura 2.3 se ilustra este concepto mediante el diagrama de enunciado de la necesidad, o “*bête à cornes*”.

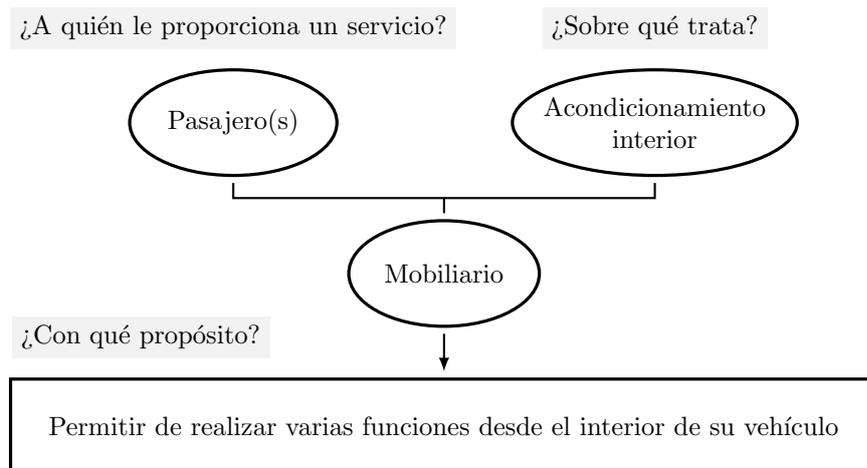


Fig. 2.3: Enunciado de la necesidad o “*bête à cornes*”

Esta primera expresión es esencial pero desde luego no suficiente. Se deberá formalizar más adelante junto con todos los requisitos y funciones esperados del producto y subsecuentemente caracterizándolos de manera cualitativa y cuantitativa.

2.2.1.2. Validación de la necesidad

La empresa Volkswagen lleva varias décadas de haber descatalogado su línea de Transporter T3, y por lo tanto su mobiliario, en favor de la producción de nuevas generaciones del modelo. Además, las normas de homologación imponen a los usuarios entusiastas nuevas restricciones para el acondicionamiento del interior de su vehículo y para los equipos y materiales que se portan dentro.

Desde la perspectiva del usuario, es necesario reequipar su furgoneta con un mobiliario en reglamentación para portar sus diferentes equipos y servirse de las comodidades que ofrece, sin tener que recurrir a soluciones más costosas como muebles hechos a la medida por un carpintero especializado.

Una posible evolución del mercado obligaría al producto a adaptarse a las crecientes exigencias de las normas, las diferentes tendencias tecnológicas de producción e instalación, la automatización y el control inteligente de su mobiliario, las tendencias ergonómicas cada vez más exigentes (ej. muebles plegables) y la adaptación a los diferentes equipamientos del hogar (refrigerador, fregadero, cama, televisor, etc.).

Una posible causa de la desaparición de la necesidad para el producto se derivaría de una curva de demanda decreciente por desuso de estos vehículos. En este caso, el sistema de diseño desarrollado puede enfocarse hacia otros vehículos de las generaciones de vehículos.

2.2.2. Establecimiento de especificaciones objetivo

Siguiendo la corriente adoptada por autores como Ulrich (1), la forma (del producto o dispositivo) responde a la función. Una función, de acuerdo con la definición de la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), es “una acción de un producto o de uno de sus componentes expresada exclusivamente en términos de finalidad” (3). Los conceptos que conduzcan a un diseño de detalle exitoso, entonces, dependerán de definir correctamente las funciones esperadas sin recurrir previamente a las soluciones tecnológicas que las permitan.

Las *funciones de servicio* se asocian con las acciones deseadas del producto (aún desconocido) a través de interacciones con diversos elementos de su entorno externo. Estos elementos, también denominados *interactores*, interactúan entre sí a través de las funciones proporcionadas por el sistema o con el sistema mismo. Existen dos tipos: funciones principales (FP) y funciones de restricción (FR) (4). Una función principal es aquella que permite la interacción de dos elementos a través del sistema. En contraste, una función de restricción (FR) es una interacción entre el sistema y el elemento, comúnmente asociada con las restricciones o adaptaciones impuestas al sistema.

2.2.2.1. Identificación de los elementos del entorno exterior

Los elementos del entorno o interactores serán diferentes en cada fase del ciclo de vida del producto y, por tanto, merecen un estudio separado para analizar cada una de ellas. Inicialmente, queremos evaluar cuáles serán los interactores durante la fase de uso. Se tendrán en cuenta algunos aspectos de la instalación, ya que también implican al usuario final.

Los interactores no tienen por qué ser necesariamente objetos tangibles, ya que pueden ser leyes, normas u otros conceptos abstractos a los que el producto o sistema tendrá que adaptarse (restricciones). En cambio, los elementos que corresponden a objetos tangibles suelen estar vinculados a una función principal. Se identificaron los siguientes elementos pertinentes:

- el pasajero o pasajeros
- la cabina
- el instalador
- el equipamiento
- pertenencias del usuario
- comidas del usuario
- el medio ambiente o entorno
- normas de seguridad
- la ergonomía del producto
- el mercado

2.2.2.2. Establecimiento de las Funciones de Servicio y restricciones

El uso y la funcionalidad de un mueble dependen en gran medida del contexto y de la actividad humana asociada a él. En consecuencia, las propiedades y requisitos que caracterizarán su servicio se centrarán en la naturaleza de su uso (las tareas para las que se utilizará) y en sus requisitos y propiedades antropométricos (es decir, las características técnicas del objeto adaptadas a las dimensiones antropométricas del usuario) (5).

Se realizó una lluvia de ideas sobre todas las posibles interacciones y adaptaciones del mobiliario. Las funciones de servicio encontradas se resumen en la tabla 2.2, que presenta cuatro funciones principales y nueve funciones de restricción.

Con el propósito de vincular a cada uno de los actores principales, que son el sistema y sus interactores, con sus acciones respectivas se introduce un diagrama representativo. El diagrama de interactores o “*pieuvre*” de la Figura 2.4 representa cada elemento, físico o abstracto, mediante burbujas. Los conectores o curvas representan las funciones obtenidas en el último paso.

2.2.2.3. Justificación de las funciones

Destacan dos grandes distinciones de uso en las funciones de servicio. Por un lado, existe una necesidad recurrente de almacenamiento y facilidad de acceso, una característica específica de los muebles de volumen. En esta categoría, es importante distinguir el objeto del contenido almacenado, porque la interfaz de usuario no será la misma para la comida que para la ropa. Por otra parte, existe la necesidad de aprovechar una tarea específica (sentarse, reclinarse, dormir, comer, etc.).

Deben tenerse en cuenta las cualidades antropométricas y ergonómicas para desarrollar un producto que responda a estas necesidades con la calidad esperada por el usuario, dentro de

Tabla 2.2: Funciones de servicio

FP1	Permitir al pasajero almacenar y acceder fácilmente a sus pertenencias
FP2	Permitir al pasajero interactuar con equipamiento especial
FP3	Permitir al pasajero sentarse, reclinarse y descansar cómodamente
FP4	Permitir al pasajero la preparación y el consumo de comidas
FR1	Debe adaptarse a instalaciones de equipamiento especial a petición del cliente
FR2	Debe integrar el mercado europeo a un costo razonable
FR3	Debe permitir una instalación sencilla
FR4	Debe satisfacer las normas europeas de ergonomía
FR5	Debe ser estético para el usuario
FR6	Debe satisfacer las normas europeas de seguridad
FR7	Debe resistir los derrames de líquidos y otras sustancias
FR8	Debe resistir las fuerzas y momentos causadas por el movimiento del vehículo
FR9	Debe adaptarse a las dimensiones y forma de la cabina del vehículo y sus componentes internos

las limitaciones del reducido espacio interior del T3. También hay que tener en cuenta que, al tratarse de un mueble incorporado a la carrocería de una unidad de transporte, deben cumplirse normas y reglamentos estrictos para garantizar la calidad de fabricación, la seguridad de uso y la calidad de los materiales utilizados. La seguridad de uso de mobiliario para almacenamiento requiere que todos los elementos móviles estén protegidos contra expulsión. Se deben prever soportes especiales que impidan el movimiento en el plano horizontal, por tomar un ejemplo. Por último, el procedimiento de instalación debe ser claro.

Cabe señalar que, en el caso de los pedidos especiales a medida, corresponderá al cliente decidir las especificaciones particulares de determinadas funciones. Por ejemplo, un cliente concreto puede no requerir medidas a medida para instalar un refrigerador, una cocina o un lavabo. En este caso, el costo se deduciría del presupuesto.

2.2.2.4. Caracterización de las funciones y elaboración de las especificaciones objetivo

Una especificación, en términos simples, consiste de una métrica y un valor. Las especificaciones de un producto son una descripción precisa de aquello que el producto debe cumplir. Éstas permiten tener una métrica de evaluación entre el cliente y la empresa, o entre la empresa

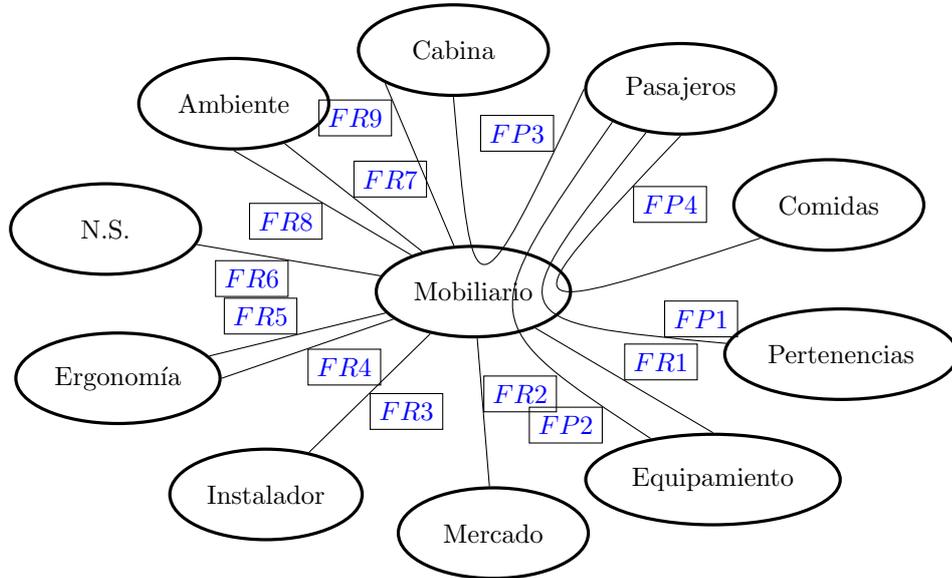


Fig. 2.4: Diagrama de interactores o “pieuvre”

y una empresa externa subcontratada, para poder evaluar el proyecto de manera contractual. En general, el conjunto de especificaciones objetivo proporciona variables de diseño clave para el producto; se establecen al principio del desarrollo y se utilizan a lo largo de todo él. Son una traducción técnica de las funciones de servicio expresadas anteriormente.

La caracterización de las funciones consiste en extraer los criterios de evaluación más significativos y asignarles una o varias especificaciones cuantificables. Inicialmente, los valores asignados a cada especificación son propuestas de valor para el producto, que se perfeccionarán durante el desarrollo para obtener resultados alcanzables.

La tabla de caracterización de funciones se muestra en la tabla 2.3. Este documento de referencia contiene los datos esenciales para desarrollar la gama de mobiliario de automóvil más apegada a las necesidades del cliente obtenidas anteriormente.

Tabla 2.3: Caracterización de las funciones de servicio

n°	Criterios de apreciación	Niveles	Flexibilidad
FP1	Capacidad de almacenamiento ^a	$V_a = 900 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$	F2
		$V_b = 500 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$	F2
		$V_c = 500 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$	F2
		$V_d = 1000 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$	F2
	Orientación del acceso	Horizontal/Vertical	F2
	Ancho del gancho de ropa	350 mm	F2

Continued on next page

Tabla 2.3: Caracterización de las funciones de servicio (Continued)

n°	Criterios de apreciación	Niveles	Flexibilidad
FP2	Altura de la planta ^b	$600 \text{ mm} < h_p < 850 \text{ mm}$	F1
	Dimensiones del equipo de cocina ^b	$430 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ (Ext.)	N/A
		$430 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ (Int.)	N/A
	Peso del equipo de cocina ^b	2 kg	N/A
	Dimensiones del lavabo ^b	$400 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}$ (Ext.)	N/A
		$2000 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ (Int.)	N/A
	Peso del lavabo ^b	2 kg	N/A
	Dimensiones del frigorífico ^b	$500 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$	N/A
	Peso del frigorífico ^b	12 kg	N/A
	Dimensiones de las bocinas ^b	$150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ (Ext.)	N/A
$150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ (Int.)		N/A	
FP3	No. de pasajeros	2	F0
	Apoyo cómodo y continuo de la espalda	binario	F0
	Apoyo cómodo y continuo posición reclinada	binario	F0
	Soporte de peso cuerpo completo	> 200 kN	F0
	Altura poplítea	$400 \text{ mm} < H1 < 430 \text{ mm}$	F1
	Altura del cuerpo	$1650 \text{ mm} < H1 < 1780 \text{ mm}$	F1
	Anchura de los codos	$450 \text{ mm} < S4 < 550 \text{ mm}$	F1
	Altura del hombro en posición sentada	$560 \text{ mm} < H3 < 580 \text{ mm}$	F1
	Saliente máximo de la encimera de una mesa	$690 \text{ mm} < G9 < 750 \text{ mm}$	F1
	FP4	Alcance del antebrazo en la flexión del codo	$315 \text{ mm} < G6 < 335 \text{ mm}$
Altura del codo en posición sentada		$225 \text{ mm} < H4 < 240 \text{ mm}$	F1

^a De acuerdo a su función: (a) ropa y ropa de cama; (b) vajilla, mantelería, cubertería, etc.; (c) comidas ocasionales y (d) objetos de poco uso

^b En función del cliente

2.2.3. Generación de conceptos

El proceso de generación de conceptos empieza después de establecer las necesidades del cliente y las especificaciones objetivo. Si el análisis previo ha proporcionado una caracterización externa de la necesidad, que permite entender *qué* debe hacer el producto, lo que ahora se quiere explorar es *cómo* se llevarán a cabo estas funciones. En otras palabras, se trata de generar conceptos que conduzcan a soluciones tecnológicas que las hagan posibles.

Una posible ruta para entender mejor la problemática es realizar un análisis funcional interno (AFI). Este método permite descomponer las funciones de servicio en subfunciones técnicas mediante árboles de clasificación. El procedimiento consta de los siguientes pasos:

- la construcción del árbol de funciones mediante FAST
- la valoración del árbol de funciones

Esta práctica se alinea bien con la metodología de generación de conceptos en cinco pasos descrita por Ulrich y Eppinger (1). En ambas, es necesario comprender y descomponer el problema, para luego explorar las funciones sistemáticamente mediante árboles de clasificación y tablas de combinación.

2.2.3.1. Descomposición de funciones mediante FAST

Los diagramas FAST son una herramienta gráfica que representa cómo las funciones de un sistema trabajan juntas para lograr su función principal. La conexión lógica entre las funciones verifica la validez del modelo y el enfoque en las funciones elimina los bloqueos mentales causados por las restricciones físicas y mentales en el proceso (6). También permite una descomposición clara del sistema que puede ser entendida por una audiencia amplia.

En la fig. 2.5 se muestra una descomposición parcial de la función principal FP1. Las soluciones tecnológicas $\{S1, S2, S3, S4 \dots\}$ mostradas al final del diagrama son las partes o componentes que realizarán la función técnica deseada. Estas soluciones son producto de un proceso de generación, cribado y selección de diferentes conceptos realizados más adelante.

2.2.4. Selección de conceptos

Después de establecer las agrupaciones funcionales, se utilizan los detalles funcionales para seleccionar los componentes o piezas físicas necesarias para el producto. Esta selección se puede hacer utilizando componentes disponibles en el mercado o desarrollando componentes específicos para el producto. La selección de conceptos es un proceso convergente donde debe definirse la mejor solución de entre varios conceptos. Un cuadro morfológico es una herramienta útil para ayudar en este proceso.

2.2.4.1. Cuadro morfológico de selección

La morfología es un enfoque para la resolución de problemas mediante el cambio de parámetros. La caja o cuadro morfológico es una herramienta para considerar sistemas completos, no solo elementos individuales. Para usar el cuadro morfológico, se enumeran los parámetros relevantes y se definen múltiples opciones para cada parámetro. Al combinar varias opciones de diferentes parámetros, se puede generar una mayor cantidad de soluciones alternativas para resolver el problema, lo que lo convierte en un excelente método para ver todo el sistema.

La tabla 2.4 compara tres posibles estructuras en cuanto a la selección de materiales para el mueble: (1) uso de paneles de melamina, (2) uso de madera contrachapada y (3) una combinación óptima de estos materiales. Del mismo modo, se proponen, evalúan y comparan distintas opciones de componentes básicos en función de cuáles ofrecen el mejor rendimiento para los parámetros deseados.

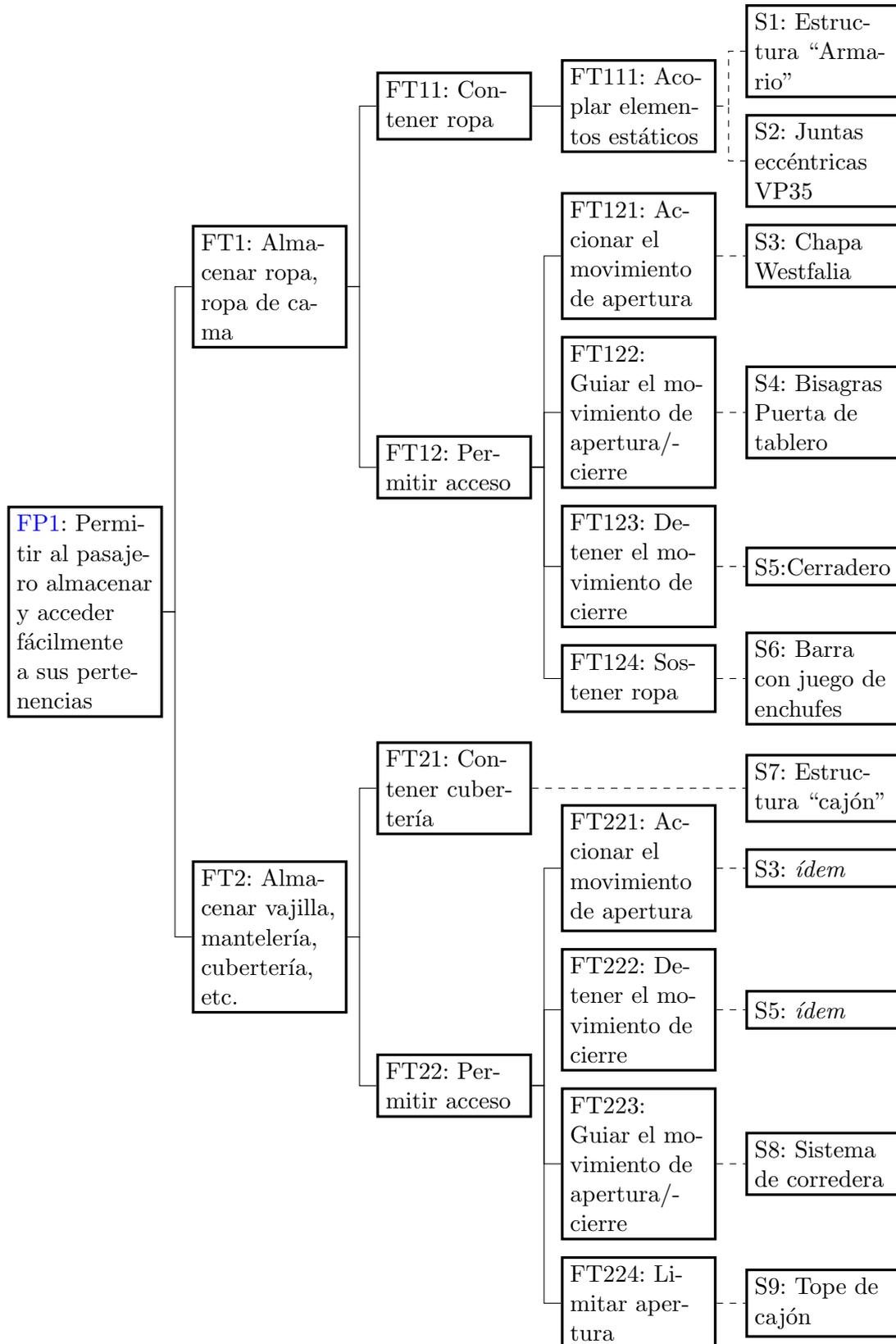


Fig. 2.5: Diagrama FAST de la función principal FP1

Tabla 2.4: Cuadro morfológico para componentes del mobiliario

Parámetros	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Tablero	Madera contrachapada	Aglomerado	Combinado
Recubrimiento	Natural	Melamina	
Conector mecánico	Juntas excéntricas	Tornillo para madera tipo confirmat	
Cajón	Plástico	Madera (enrutado CNC)	
Puertas	De apertura	Deslizantes	
Chapas	Originales Westfalia	Diseñadas internamente	
Cantos de puerta	Canto Westfalia, Marrón	Canto Westfalia, Negro	
Cantos de fachada	Tira Selladora 16 mm Westfalia, marrón	Tira Selladora 16 mm Westfalia, negro	

2.3. Diseño del sistema

2.3.1. Especificaciones del producto

La selección de los componentes finales permite vislumbrar cuáles serán las especificaciones finales y las restricciones asociadas a esta elección. Entonces es posible empezar a construir la forma final del producto, teniendo en cuenta las restricciones reales impuestas por los componentes en cuanto a materiales y dimensiones espaciales, entre otras, lo que conduce a un diseño detallado acorde con los criterios que se han abordado.

2.3.2. Arquitectura del producto

La arquitectura del producto es la asignación de trozos (del inglés, *chunks*) o bloques físicos de construcción a los elementos funcionales del sistema o producto. También determina cómo será la interacción entre los mismos. La planificación de la arquitectura comienza temprano en el desarrollo conceptual y se termina de definir en la etapa del diseño del sistema.

La extensión de la modularidad de un producto o sistema es el interés principal de esta etapa de desarrollo. Una arquitectura estrictamente modular es aquella donde un elemento funcional está asignado exactamente a un trozo o bloque físico. En contraste, una arquitectura integrada es aquella donde los elementos funcionales están repartidos entre los trozos y se vuelven poco claras las fronteras entre bloques.

2.3.2.1. Configuración general de la línea de muebles

Considerando las funciones de servicio expuestas anteriormente, se rescatan dos criterios importantes que ayudan a determinar la arquitectura ideal del conjunto de muebles.

1. El requisito funcional de un fácil montaje y desinstalación de los componentes, junto con la posibilidad de recibir pedidos especializados donde uno o varios de los módulos sean descartados, resulta en conservar la modularidad en lo posible entre los elementos físicos.

2. El deseo o necesidad del cliente de conservar semejanza en la forma o configuración general de la línea original de muebles Westfalia, así como el espacio reducido dentro de la cabina, imponen cierta rigidez en la manera de posicionar los distintos módulos.

Las soluciones propuestas de componentes en la selección de conceptos permite que el primer criterio se lleve a cabo a nivel local.

Es decir, es un ejercicio sencillo reparar o sustituir fácilmente componentes individuales. Cada módulo se diseñaría para que fuera fácil de montar y desmontar, y el folleto de instrucciones proporcionaría instrucciones detalladas sobre cómo montar correctamente los distintos módulos. Cada módulo estaría instalado en un *bus* común; es decir, la carrocería del vehículo.

Además, este enfoque de diseño modular también puede mejorar la capacidad del producto para adaptarse a las diferentes preferencias de los clientes, así como hacerlo más rentable y eficiente de fabricar, transportar y almacenar.

Por otro lado, la integración de las funciones principales entre varios módulos resulta lo más natural y eficiente en la acomodación del espacio. En la fig. 2.6 se puede observar la agrupación de los diferentes módulos en áreas de actividad o funcionalidad. La manera en que están repartidas estas actividades entre los diferentes módulos le da una naturaleza más integrada al conjunto de muebles. Encima de esto, existe una interconectividad entre los distintos módulos de manera que ciertos módulos dependen de otros para su instalación.

Se definieron los módulos principales:

- A0100: mueble cocina
- A0200: mueble intermedio y mesa retractable
- A0300: armario
- A0400: banco transformable en cama
- A0600: mueble alto de almacenamiento con opción de bocinas

2.3.2.2. Configuración a nivel local de los módulos

Desde una perspectiva de la arquitectura individual de cada módulo, la interconectividad de sus componentes es similar, con ciertas excepciones. Los módulos mencionados anteriormente son, en su forma general, muebles de volumen para almacenamiento. La mesa retráctil de comedor y el banco transformable en cama son dos excepciones y requieren consideraciones especiales. Por simplicidad, se tratará con el módulo A0100 como ejemplo ilustrativo de la arquitectura a nivel local de los diferentes módulos.

En el diagrama la fig. 2.7 podemos observar la estructura básica y la interconectividad de los elementos del mueble cocina. Los diferentes equipos hacen referencia a los submódulos

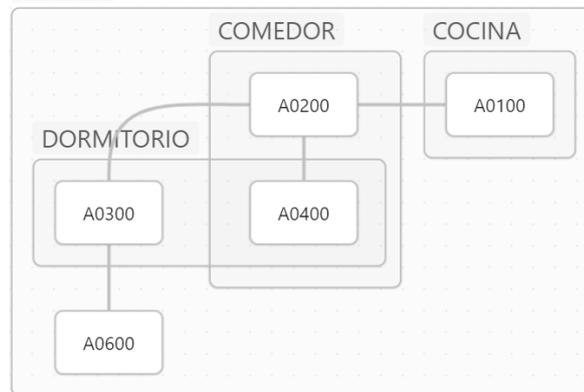


Fig. 2.6: Configuración general de los diferentes módulos dentro de la cabina.

que irían a integrarse en función de la necesidad del cliente; estos son: la cocina, el fregadero y/o el refrigerador (EQUIPO 3). Modificaciones individuales tendrán que hacerse para el corte y asignación del espacio de estos equipos. Los otros componentes hacen referencia a las diferentes tablas de madera que componen la estructura.

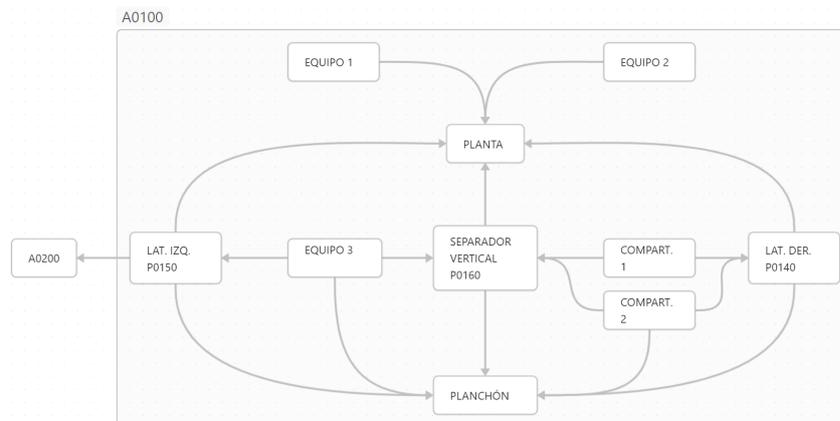


Fig. 2.7: Interconectividad de los elementos del mueble cocina

Se distinguen dos maneras básicas de dividir las posiciones relativas de las partes superior, inferior y lateral de un mueble de volumen; estas son en forma de: (1) brida y (2) estante.

2.4. Diseño de detalle

Un diseño detallado permite evaluar las opciones de diseño antes de implementarlas. El diseño de detalle es una fase del desarrollo del producto que consiste en completar el diseño del producto y sus subconjuntos, los elementos del producto y procesos de fabricación.

El equipo de diseño se involucra en un proceso iterativo de hacer compromisos en el diseño a medida que aprenden más sobre el impacto de las decisiones de diseño en el rendimiento, la fiabilidad y el coste del producto. A medida que el equipo de diseño obtiene más información sobre los componentes de fabricación y el producto, puede modificar y perfeccionar los diseños y los requisitos de diseño.

La fase de diseño detallado proporciona una especificación completa de la geometría, los materiales y las tolerancias de todas las piezas, incluidas las piezas compradas con proveedores preferentes y designaciones de componentes. En esta fase se crean planos de detalle, planos de ensamblaje y planos generales de ensamblaje, que pueden enviarse a la función de fabricación para una fabricación y ensamblaje precisos. Junto con los planos de detalle, se crea una lista general de piezas, que indica a la función de fabricación que agrupe los componentes en conjuntos y subconjuntos y enumere todas las piezas con los tamaños y especificaciones de las materias primas.

2.4.1. Diseño industrial

En el panorama actual del desarrollo de productos, la participación del diseño industrial es crucial, sobre todo en productos que dan prioridad a la experiencia del usuario sobre la tecnología. Los muebles, por ejemplo, dependen en gran medida de factores como la ergonomía, la estética y la interfaz de usuario, por lo que es necesario que el diseño industrial esté presente en todo el proceso de desarrollo para garantizar el éxito comercial.

Para determinar un diseño industrial que satisfaga las preferencias y necesidades del usuario, es esencial incorporar los requisitos expuestos en el apartado 2.2.2.4, junto con los conceptos y especificaciones establecidos en las fases previas de desarrollo. Hoy en día, las herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) son un componente vital del proceso de diseño detallado, que conduce a la solución final. Esta sección ofrece más información sobre este proceso, incluidas ilustraciones e imágenes del diseño.

El diseño detallado del mueble se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos iterativos centrados en la modelización del mueble y de su entorno mediante software especializado. Siemens NX 10 y Autodesk Fusion 360 son dos potentes programas de CAD/CAM que pueden utilizarse en el desarrollo de código G para una máquina CNC. El proceso de utilización de estos programas para el diseño de detalle y posterior mecanizado CNC se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Diseño y modelado en Siemens NX 10: Se comenzó por crear un modelo 3D del mueble utilizando Siemens NX 10. El software ofrece una amplia gama de herramientas para diseñar y modelar el mueble, incluyendo bocetos, modelado paramétrico y superficies. Esto permitió crear un modelo preciso y exacto del mueble para utilizarse en su posterior análisis y fabricación.

- a) Modelado del entorno: Para modelar el entorno de la furgoneta, el primer paso fue obtener las dimensiones del espacio interior. Se utilizaron técnicas metódicas para medir la interfaz del vehículo, y estas dimensiones se transfirieron después a nuestro

programa CAD para generar un modelo inicial del entorno (fig. 2.8a). También se dimensionaron los componentes funcionales del vehículo, como puertas, ventanillas y cinturones de seguridad, para identificar posibles interferencias con el mobiliario. De este modo se garantizaba que el mobiliario se adaptara a las dimensiones y características funcionales específicas de la furgoneta, lo que se traducía en un uso más eficiente del espacio y un mejor diseño general.

- b) Modelado del mobiliario: Con base en las especificaciones del producto obtenidas en pasos anteriores y tomando en cuenta las imposiciones del entorno, se diseñó la forma preliminar de nuestro producto (fig. 2.8b). Este primer modelo tomó en consideración el uso de parámetros (como el espesor de los tableros de contrachapado) que a lo largo del proceso podían modificarse debido a cambios de componentes y de sus configuraciones, de los materiales y peticiones particulares de clientes.

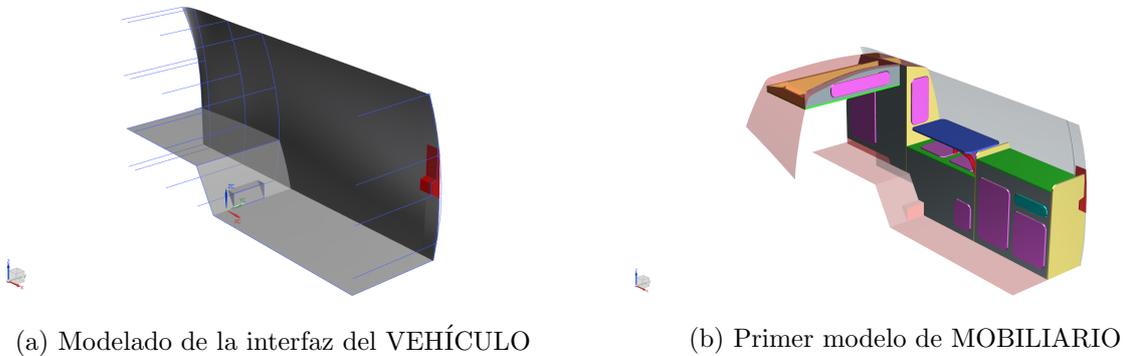


Fig. 2.8: RD2 Innovate, *Modelo de mobiliario y su interfaz*, 2022

- c) Modelado de piezas de proveedores: Se modelaron los elementos de sujeción, chapas, bisagras, vistas de canto, u otro equipamiento especial a medida del cliente para su integración en el ensamblaje principal. Una vez posicionados en el mobiliario, los componentes se utilizaron como herramienta para sustraer barrenos, cajas, ranuras u orificios en las posiciones donde se requería, incluidas sus ajustes y tolerancias. Algunos de estos modelos se muestran en la fig. 2.9.

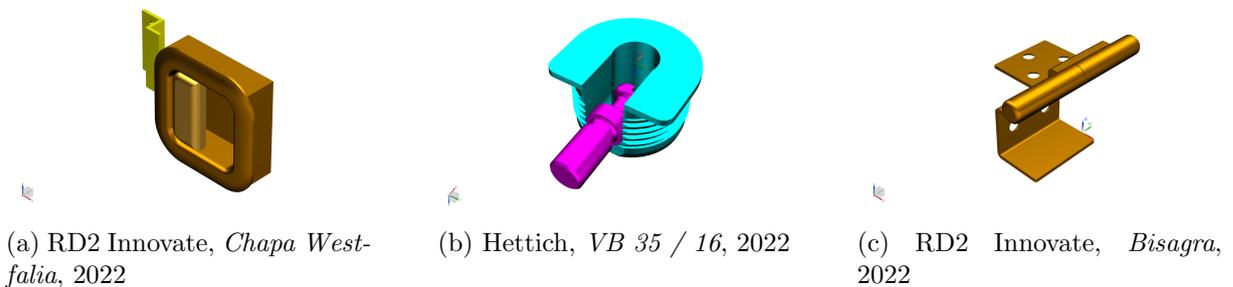


Fig. 2.9: Modelado de piezas de proveedores

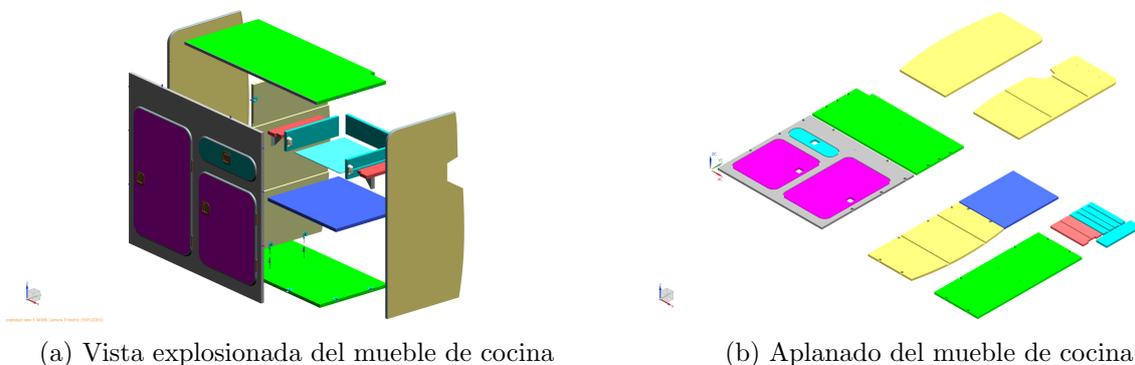
- d) Integración del ensamblaje completo: A estas alturas se consideró terminado el diseño de componentes y subensamblajes, para realizar los planos de ensamblaje y planos de

detalle de cada pieza, así como la lista de partes, los cuales se incluyen en el Apéndice A. Se posicionaron los componentes de manera que no hubieran interferencias en las diferentes configuraciones del mueble. Se hicieron las operaciones de sustracción para reflejar los cambios en cada componente individual. En la fig. 2.10 se muestra el resultado de este proceso.



Fig. 2.10: RD2 Innovate, *Modelo del ensamble*, 2022

2. Selección del material: Se hicieron los pasos de parametrización adecuados para seleccionar el tipo adecuado de tableros de melamina y contrachapado que se utilizarán para el mueble. Se tuvieron en cuenta factores como el grosor, el color y el acabado de los materiales.
3. Preparación de los tableros de mecanizado: Una vez obtenido el diseño detallado de cada tabla que comprende cada mueble individual, se procedió a su aplanado para posicionarlo según el material de mecanizado, como un tablero contrachapado. En esta etapa se buscó optimizar la configuración de las tablas para ocupar la menor superficie de material y así tener el menor desperdicio. En las Figs. 2.11a y 2.11b se muestra esta actividad para el mueble de cocina.



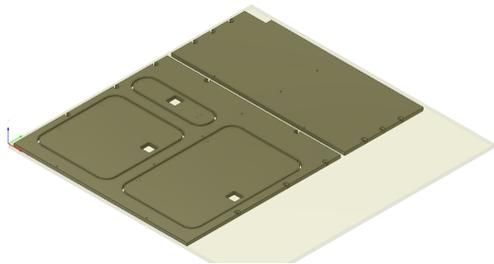
(a) Vista explosionada del mueble de cocina

(b) Aplanado del mueble de cocina

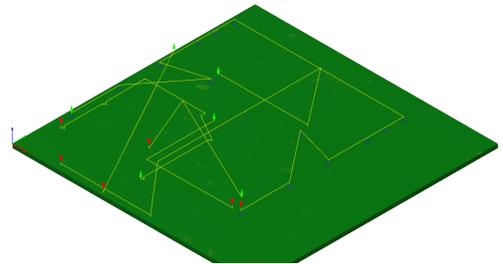
Fig. 2.11: RD2 Innovate, *Configuraciones útiles del mueble de cocina*, 2022

2. DISEÑO DEL PRODUCTO

4. Exportación del modelo a Autodesk Fusion 360: Una vez finalizado el diseño y el posicionamiento en plano de los componentes, se exportó el modelo aplanado a Autodesk Fusion 360 en formato de archivo STEP. Esto permite abrir el archivo en Fusion 360 y comenzar el proceso CAM.
5. Creación de la trayectoria de la herramienta en Autodesk Fusion 360: Una vez dentro del módulo de fabricación del software, se crearon las sendas para cortar y dar forma al mueble. El software debe ser capaz de seleccionar las herramientas de corte apropiadas para cada operación y ajustar los parámetros correspondientes de operación de cada herramienta. Se crearon las sendas para las siguientes operaciones:
 - a) Operación de barrenado de 2 mm
 - b) Operación de barrenado de 5 mm
 - c) Operación de barrenado de 20 mm
 - d) Operación de fresado (cajeras y cortes)
6. Simulación: Antes de generar el código G, el proceso de mecanizado se simula en Fusion 360 para detectar y prevenir cualquier posible problema o colisión que pueda surgir durante el proceso de mecanizado real. Este paso permite realizar los ajustes necesarios en las trayectorias de las herramientas. Al simular el proceso de mecanizado, también es posible optimizar el tiempo de mecanizado identificando y ajustando cualquier parámetro que pueda aumentar la eficiencia. La representación visual proporcionada por las simulaciones también puede utilizarse para identificar áreas de mejora del proceso.



(a) Posicionamiento del frente y planta del mueble de cocina en el panel de maquinado



(b) Visualización de las trayectorias de los diferentes herramientas

Fig. 2.12: RD2 Innovate, *Simulación de mecanizado de mobiliario*, 2022

7. Generación de código G: Una vez creadas las sendas y completada la simulación, se utiliza el software para generar el código G, que es el código que leerá la máquina CNC para ejecutar el proceso de mecanizado. En este proceso, se realizó un programa por cada herramienta, para permitir que el operador haga el cambio manual de herramienta entre cada operación conforme se requiera.

El proceso de diseño puede ser complejo e iterativo, y requiere una cuidadosa consideración de factores como la funcionalidad, la fabricabilidad y la rentabilidad. Mediante el uso de herramientas avanzadas como el software CAD y los programas de simulación, se puede crear y perfeccionar diseños con un alto grado de precisión y exactitud.

El proceso de diseño es una etapa crítica en el desarrollo de cualquier producto, y la obtención del código G necesario para la fabricación es una meta clave en este proceso. A través de una cuidadosa planificación, iteración y optimización, se pueden crear productos funcionales, eficientes y rentables, lo que en última instancia conduce a resultados satisfactorios tanto para los diseñadores como para los usuarios finales.

2.5. Pruebas y refinamiento

Los primeros prototipos que surgen del proceso de desarrollo del producto a menudo distan en gran manera de las metas de funcionalidad y especificaciones propuestas. Sirven para hacer evaluaciones respecto a varios elementos sobre los cuales hay campo de mejoramiento. Futuras iteraciones y refinamientos del proceso ayudan al equipo de diseño a desarrollar una base de conocimientos útil.

2.6. Inicio de la producción

El inicio de la producción es un momento crítico en cualquier proceso de manufactura, en el cual se traducen los diseños y planes en la realidad tangible. Desde la planificación y adquisición de materiales hasta la configuración de maquinaria y herramientas, es esencial llevar a cabo una serie de pasos cuidadosamente coordinados para garantizar la calidad y eficiencia del proceso productivo. En esta sección, se examinarán algunos de los aspectos clave que se consideraron durante el inicio de la producción y se presentarán estrategias para maximizar el éxito y minimizar los riesgos en esta fase crucial del proceso de fabricación.

El diseño para manufactura es un proceso que se lleva a cabo durante la fase de diseño de un producto, con el objetivo de crear un diseño que pueda ser fácilmente manufacturado. Esto implica considerar factores como la selección de materiales adecuados, la simplificación del diseño para reducir costos y tiempos de producción, la estandarización de componentes y procesos, y la consideración de la capacidad de producción de la planta.

El diseño del sistema de manufactura es el proceso de determinar cómo se producirá el producto de manera eficiente y rentable. Esto implica tomar decisiones sobre el diseño de la línea de producción, la selección de maquinaria y herramientas, la planificación de los flujos de materiales y de las operaciones, y la asignación de recursos adecuados para cumplir con los objetivos de producción. Este proceso se aborda brevemente en la sección [2.6.2](#).

2.6.1. Diseño para manufactura

El diseño para manufactura (DFM) es una disciplina reconocida para ayudar a mejorar la eficiencia de un sistema de manufactura. El objetivo concreto es de reducir el costo de fabricación sin reducir la calidad del producto final. El resultado es un diseño económicamente exitoso. Abordaremos algunos de los problemas de DFM que surgieron durante el desarrollo y algunas

de las soluciones innovadoras que se propusieron, con base en principios establecidos por TRIZ.

Dos pilares importantes para la innovación que aumentan el grado de idealidad en un sistema, son el buen aprovechamiento de los recursos existentes y la eliminación de contradicciones. El grado de idealidad de un sistema puede aumentar conforme aumentan los beneficios percibidos (o funciones útiles) y/o disminuyen los costos y daños inducidos al sistema (funciones perjudiciales) (7). Claramente, resolver el grado de idealidad de nuestro sistema de manufactura alinea perfectamente con los objetivos buscados por el DFM.

Relacionado con el concepto de DFM está el *DFA* (*Design for Assembly*, o Diseño para ensamblaje). Este enfoque también nos interesa abordar ya que se relaciona con el requisito FR3 (sección 2.2.2.2) de una instalación simplificada.

Algunas de las consideraciones de diseño que se tomaron en cuenta par lograr estos objetivos fueron las siguientes:

1. Al realizar el maquinado del panel frontal de cada mueble, deben hacerse las operaciones de corte para el acceso de puertas y cajones, desechando los recortes en el proceso. Al instruir a la máquina CNC para realizar estas operaciones de corte, se debe indicar el borde que se desea cortar y la estrategia de giro para obtener buenas definiciones de acabado del lado deseado. Esto da preferencia a un solo lado de corte y generalmente se desecha el lado opuesto. Para minimizar las pérdidas, se incorporó en el diseño un sistema donde los recortes pudieran ser “reutilizados” como las puertas y fachadas de cajón.
2. Una restricción impuesta por el método de fresado CNC de 3 ejes para tablonés de madera, como otros métodos de maquinado, son sus limitaciones para realizar operaciones sobre otras vistas sin perder el punto de referencia al desmontar y volver a colocar. En el diseño de los paneles del mueble, se debió entonces reunir los requisitos funcionales de cada panel del “lado de maquinado”, realizando todos los barrenos, cajeras y cortes sobre el mismo. Esta estrategia de diseño exigía soluciones innovadoras para los casos donde esto no fuera posible. El resultado de no realizar operaciones subsecuentes sobre otros lados sería de una reducción considerable de tiempo de maquinado y una mejor precisión.
3. Un problema que surgió al realizar las pruebas, era que al momento de la instalación de las molduras de canto sobre el canto ranurado de las puertas, las molduras eran poco flexibles para ajustarse a los cambios de dirección a lo largo del perímetro de la vista frontal de la tabla. En el caso de las esquinas de las puertas y de los paneles laterales, el cambio de dirección resultaba más difícil en la instalación.
4. La estructura donde la moldura de canto iría a alojarse consistía en una ranura realizada sobre el canto del panel, la cual agregaba concentración de esfuerzos en el material. La operación de instalación entre la moldura y el canto del panel provocaba una fuente de falla en el material al intentar forzar el alojamiento. Aunado a esto, en el punto 1 se menciona que se incorporó en el diseño un sistema donde los recortes de maquinado pudieran ser reutilizados como las puertas y fachadas de cajón, lo que podría sugerir que se estaba utilizando madera con imperfecciones que podría aumentar el riesgo de fallas en el material.
5. A lo largo del proceso de pruebas para manufactura, hubo necesidad de hacer ajustes constantes a los parámetros de cada operación de control numérico. Existían muchas va-

riables a considerar para cada herramental y material de maquinado. Los resultados fueron reducciones de más del 50% en tiempos de maquinado, menor desgaste del herramental y cortes más precisos. La reducción en el tiempo de maquinado efectivamente permite reducir costos en el diseño, puesto que el costo está en función del tiempo.

En el primer problema, se realizaron modificaciones en los parámetros de diseño de la maqueta. Se ajustó el espacio libre o holgura entre la puerta y el panel frontal para que coincidiera con el diámetro de la fresa. A partir de esto, se seleccionaron bisagras y molduras de canto correspondientes a la holgura. Los defectos de acabado en el canto de las puertas se minimizaron mediante los parámetros de maquinado, y no son visibles para el usuario gracias a la instalación de las mismas molduras en el canto. El resultado permitió conservar la calidad en el acabado y la funcionalidad de la puerta, al mismo tiempo que significó ahorros considerables de material. Esta consideración de diseño es una aplicación de los recursos del tipo *U2U* (*Useless to Useful* o de inútil a útil) del entorno TRIZ.

Los problemas 3 y 4 de diseño están relacionados con la instalación de molduras en los cantos de un mueble. En ambos casos, se presentan contradicciones técnicas entre dos parámetros de ingeniería que deben ser satisfechos simultáneamente. En la tabla 2.5 se identificaron estas contradicciones técnicas mediante los 39 parámetros ingenieriles y sus 40 principios de solución.

Tabla 2.5: Identificación de las contradicciones técnicas para los problemas de diseño 3 y 4 y sus posibles soluciones

No.	Factor (+)	Factor (-)	Solución propuesta
	39 parámetros ingenieriles	39 parámetros ingenieriles	40 principios de solución
3	12 Forma	11 Tensión, Presión	10 Acción previa 14 Esfericidad 35 Transformación de propiedades
4	32 Facilidad de realización	11 Tensión, Presión	35 Transformación de propiedades 37 Expansión térmica

En el problema 3, se buscaba mejorar la forma final de la instalación de la moldura, mientras se minimizaba la fuerza necesaria para retener la moldura en su lugar. La contradicción técnica es entre la forma de la moldura y la presión necesaria para su inserción en el canto de la tabla. Se desea que la moldura se adapte bien a la forma del canto de la tabla, lo cual implica un factor positivo de “forma” (contradicción número 12 en la matriz de contradicciones), pero al mismo tiempo se desea minimizar la presión de inserción, lo cual implica un factor negativo de “tensión/presión” (contradicción número 11 en la matriz de contradicciones). La solución propuesta involucró tres principios de solución de la matriz de contradicciones:

1. Principio de solución 10 (Acción previa): Preparar el canto de la tabla antes de la instalación de la moldura, utilizando una herramienta para suavizar los bordes y aumentar la precisión de la forma del canto.
2. Principio de solución 14 (Esfericidad): Reemplazar partes lineales por partes curvas para reducir la tasa de cambio en la dirección del radio. Esto se traducía a aumentar el parámetro de los radios de las puertas en el diseño.

2. DISEÑO DEL PRODUCTO

3. Principio de solución 35 (Transformación de propiedades): Cambiar la temperatura de la moldura antes de realizar la instalación para reducir la presión de inserción.

La tabla 2.6 muestra la descripción de las soluciones y las estrategias de diseño basadas en estos principios.

En el problema 4, se buscó mejorar la facilidad de realización de la instalación de la moldura, mientras se minimizaba la presión necesaria para retener la moldura en su lugar sin fragilizar la estructura del canto de la tabla.

En la tabla 2.5, la contradicción técnica es entre la facilidad de realización de la instalación de la moldura y la presión necesaria para su inserción sin comprometer la integridad del canto de la tabla. Se desea que la instalación de la moldura sea fácil, lo cual implica un factor positivo de “facilidad de realización” (contradicción número 32 en la matriz de contradicciones), pero al mismo tiempo se desea minimizar la presión de inserción, lo cual implica un factor negativo de “tensión/presión” (contradicción número 11 en la matriz de contradicciones).

La solución propuesta implicó cambiar la temperatura de la moldura antes de realizar la instalación (solución ya sugerida para el punto 3). Esta estrategia se basa en el principio de solución de “transformación de propiedades” (número 35 en la matriz de contradicciones) que sugiere cambiar las propiedades físicas del objeto para resolver la contradicción técnica. Al cambiar la temperatura de la moldura, se altera su flexibilidad y se reduce la presión necesaria para retenerla en su lugar. Además, la expansión térmica (número 37 en la matriz de contradicciones) también se consideró como una posible solución para reducir la presión necesaria para la inserción y sujeción una vez enfriada.

Tabla 2.6: Descripción de las soluciones y estrategias de diseño con base en los principios de solución de TRIZ

Principios de solución	Descripción de la solución	Descripción de la estrategia de diseño
10 Acción previa	<ol style="list-style-type: none">1. Realizar los cambios necesarios en un objeto total o parcialmente por adelantado.2. Colocar los objetos con antelación para que puedan entrar en acción inmediatamente desde el lugar más conveniente.	Preparar el canto de la tabla antes de la instalación de la moldura, utilizando una herramienta para suavizar los bordes y aumentar la precisión de la forma del canto.
14 Esfericidad	<ol style="list-style-type: none">1. Reemplazar partes lineales por partes curvas2. Reemplazar superficies planas por superficies esféricas	Aumentar el parámetro de los radios de las puertas en el diseño.
35 Transformación de propiedades 37 Expansión térmica	<ol style="list-style-type: none">1. Cambiar el estado físico del sistema2. Cambiar el grado de flexibilidad3. Cambiar la temperatura o volumen	Aplicar aire caliente mediante una pistola de calor o un secador de pelo a la moldura de plástico para aumentar su flexibilidad antes de insertar en el canto.

En resumen, aunque algunas soluciones pueden parecer obvias para un diseñador experimentado, la aplicación del método de resolución de contradicciones resulta útil para explorar todas las posibles soluciones y tomarlas en cuenta. Esto permite utilizar las soluciones más efectivas y descartar aquellas que no son viables, en función de los requisitos del proyecto.

2.6.2. Descripción del proceso de manufactura para el prototipo

En las instalaciones de la planta manufacturera de la empresa RD2 Innovate, un enrutador CNC de 3 ejes (fig. 2.2) se ensambló y calibró para su uso con tableros de contrachapado y de melamina de hasta 1000 x 1500 mm de superficie operable. Haciendo cambios al herramiental, es posible realizar barrenos y operaciones de fresado (cajeras y cortes) en diferentes tiempos y operaciones a través de este sistema de manufactura. El control se realizó mediante la combinación de software Fusion 360 y Cre-Mov como módulo CNC/CAM.

2.6.2.1. Materiales y métodos

Los sistemas técnicos pueden ser divididos y descritos de acuerdo a varios puntos de vista: en su aspecto funcional, de ensamblaje o de producción. Un sistema de manufactura puede ser analizado como un sistema técnico que involucra procesos en donde hay una conversión o flujo de energía, materiales y señales (8) . En un proceso técnico puede ser más relevante estudiar uno de estos flujos sobre el otro, incluso si intervienen flujos secundarios. Por ejemplo, para el procesamiento de un material, donde ese material será transformado de estado mediante múltiples operaciones, es inevitable que existan flujos de energía que lo acompañen.

En la fig. 2.13 se muestra un diagrama de flujo de material para un tablero de contrachapado o de melamina. En este diagrama, se realiza una descripción cualitativa de cada tarea a realizar en la forma de funciones de pares verbo-sustantivo.

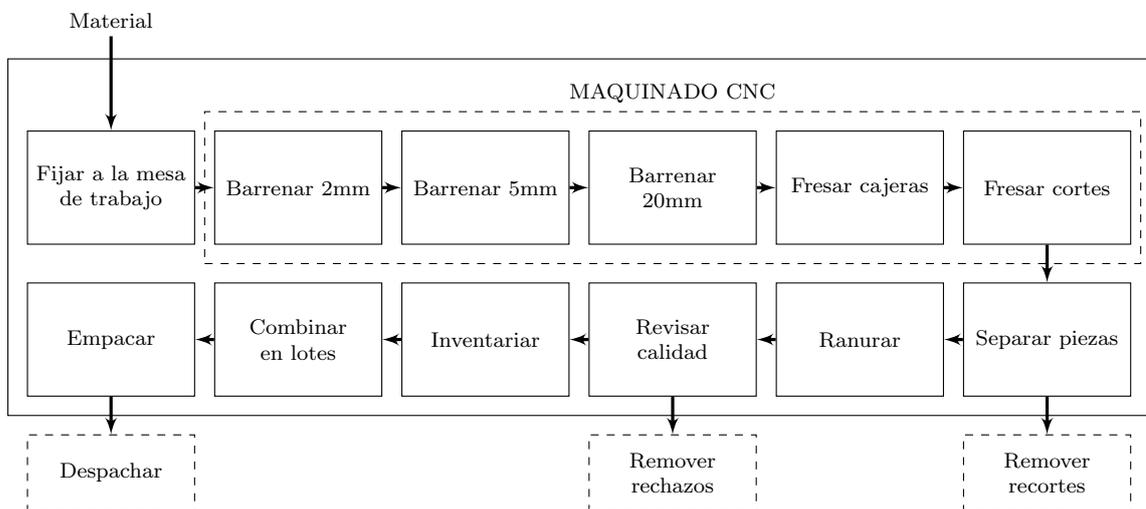


Fig. 2.13: Diagrama de flujo de material

El proceso de mecanizado es el siguiente:

1. Se posiciona y fija el tablero en la posición de maquinado: Ésta debe corresponder con la posición determinada desde el diseño del código G.
2. Se prepara el herramiental y se determina el punto de origen para las tres coordenadas X,

Y y Z.

3. Se carga el código G en la máquina CNC: Una vez generado el código G, puede cargarse en la máquina CNC Euro Makers Aureus 3X. Normalmente, esto se puede hacer transfiriendo el archivo a una unidad USB u otro dispositivo de almacenamiento externo y, a continuación, cargándolo en la máquina CNC.
4. Se Inicia el mecanizado: Una vez cargado el código G, la máquina CNC puede iniciar el proceso de mecanizado. La máquina leerá el código G y ejecutará las operaciones de mecanizado según las instrucciones. Al final de la primera operación se hace un cambio de herramienta y se repiten los pasos 2 y 3 para el nuevo programa.
5. Una vez finalizado el maquinado, se separan las piezas individuales y se desechan los recortes sobrantes.
6. En una operación manual, se llevan las piezas que necesitan ranurado del canto a una mesa de corte que desbasta el espesor y profundidad necesarios para permitir un ajuste de presión con las molduras de canto.
7. Si la operación es exitosa se procede a recolectar las tablas que corresponden al mismo pedido y empacar.
8. Al momento de entrega, se despacha el conjunto oportunamente.

Resultados

En este capítulo se describen algunos de los resultados obtenidos en la recta final del trabajo de desarrollo analizado anteriormente. Aunque los resultados propuestos incluyen un conjunto de especificaciones detalladas, dibujos y prototipos que demuestran el potencial del producto, se mencionan brevemente aquí por razones de discreción a la hora de difundir los procesos internos de RD2 Innovate.

3.1. Planos de montaje

Los planos de montaje tienen por objeto describir la configuración precisa de un montaje y cómo debe realizarse. Suelen ir acompañados de una lista de componentes enumerados y referenciados. Los planos de los muebles incluidos en el apéndice A son el resultado del procedimiento de la sección 2.4 y acabarán formando parte esencial del manual de instalación suministrado.

3.2. Prototipado

Un prototipo es una “aproximación del producto siguiendo una o más dimensiones de interés” (1). Los prototipos pueden ser clasificados de acuerdo al grado en que se realizan física o virtualmente y de acuerdo a su capacidad de realizar los atributos esperados del producto. A menudo se obtienen fases intermedias de éstos.

Dos enfoques guiaron la construcción de los prototipos del ensamble de muebles. En primera instancia, permitió evaluar el rendimiento del producto; esto es, la manera en que el producto implementa las funciones de servicio esperadas (Sección 2.2.2.2). En segunda, permitió optimizar los parámetros del sistema de manufactura.

3.2.1. Prototipos rápidos

La primera serie de prototipos tuvo lugar durante el diseño industrial (maqueta CAD) y sirvió para validar ciertas formas y contornos de la interfaz de los muebles con el habitáculo del vehículo. Esta primera aproximación sería de interés para la función de servicio [FR9](#) (tabla [2.2](#)). Estos prototipos rápidos consistieron en hacer cortes láser de hojas de bajo costo de MDF donde se definió únicamente el contorno trasero del mueble en contacto con las paredes y plafón del vehículo. Los resultados condujeron a una forma más optimizada de la maqueta CAD que más tarde se usaría para prototipos reales.

3.2.2. Prototipos físicos

Los prototipos físicos a escala real permitieron al equipo validar la configuración de los componentes instalados dentro de un Transporter T25 muestra (funciones de servicio [FR3](#) y [FR1](#)). Esto resaltó que la instalación de ciertos componentes no era tan sencilla como se había previsto, por lo que condujo a cambios de diseño con un enfoque en la instalación.

El subconjunto de cajón en el mueble de cocina ponía un problema particular en este aspecto. El orden de ensamblaje dictaba que los topes de cajón (solución *S9* de la fig. [2.5](#)) que restringían su expulsión hacia afuera fueran instalados en última instancia. Para ello, se debía prever una manera de entrar cómodamente con la herramienta y fijar el tope de salida del cajón una vez insertado el cajón en su corredera. Un prototipo fue necesario para revelar y corregir este detalle.

Además de asegurar el funcionamiento de las funciones establecidas, los prototipos permitieron afinar el sistema de manufactura para reducir tiempos, costos y la calidad de las piezas. Este refinamiento del proceso se daba a cabo, principalmente, en los parámetros de manufactura ingresados al programa de CAM. En él, se decidía la velocidad y dirección de giro del herramienta, procurando reducir la rebaba y superficies quemadas.

La fig. [3.1](#) muestra un prototipo físico del conjunto de mobiliario en dos partes. Por excepción de las chapas, todos los demás componentes han sido ensamblados.

3.3. Lanzamiento del producto al mercado

El lanzamiento del producto al mercado concluye el proceso de desarrollo. Aunque no forma parte del estudio, a la fecha de esta publicación la empresa RD2 Innovate cuenta con varios puntos virtuales de venta de este producto. El distribuidor de partes Mechatechnic vende este artículo bajo el nombre *Meubles AGATHE d'aménagement en bois brut pour VOLKSWAGEN Transporter T25*. Se invita al lector a visitar el sitio web del vendedor ([9](#)). La empresa continúa expandiendo su mercado con carteras de proyectos relacionadas a este producto.



(a) RD2 Innovate, *Prototipo de muebles de cocina, intermedio y sofá cama*, 2022



(b) RD2 Innovate, *Prototipo de armario y mueble alto*, 2022

Fig. 3.1: Prototipo físico del ensamble “genérico” sin instalación de chapas

Conclusiones

4.1. Objetivo general

En este trabajo, se ha logrado aplicar con éxito una serie de herramientas para resolver los problemas de diseño y fabricación en la creación de un producto innovador y funcional que satisfaga las necesidades y requisitos del Volkswagen Transporter T3.

La aplicación del proceso de desarrollo de productos genérico de Ulrich y Eppinger, junto con la metodología propuesta por AFNOR para el análisis del valor y del análisis funcional, y TRIZ, ha permitido guiar el proceso de desarrollo, así como identificar y resolver varios problemas importantes. Entre ellos, destaca la selección de materiales y componentes adecuados, el diseño de estructuras de unión complejas y la creación de códigos G para el mecanizado CNC. La aplicación de estos procesos y metodologías condujo al desarrollo de un producto más innovador, rentable y de alta calidad que satisface las necesidades del cliente. Además, el uso de un enfoque sistemático para la resolución de problemas ayudó a garantizar que se tuvieran en cuenta todas las soluciones posibles y se eligiera la mejor, lo que condujo a un mejor producto final.

Sin embargo, es importante señalar que el proceso de desarrollo de este producto está en marcha y que aún quedan muchos pasos por dar para perfeccionar y optimizar el diseño del producto y el proceso de fabricación. Un trabajo futuro podría incluir una mayor optimización del proceso de mecanizado CNC, la exploración de análisis estructurales y de materiales, métodos de fabricación alternativos y la resoluciones inventivas a problemas que surjan durante la fase de prueba y validación.

El proyecto ha demostrado la eficacia de un modelo sistemático de proceso de diseño de productos y la importancia de utilizar diversas metodologías y herramientas para guiar el proceso de desarrollo de productos. Al conseguir un prototipo funcional, el equipo ha sentado unas bases sólidas para seguir desarrollando y perfeccionando el producto de mobiliario de automóvil.

4.1.1. Contrastes entre los enfoques académico y empresarial para el desarrollo de productos

Hay una brecha entre el enfoque académico del proceso de diseño y la práctica empresarial. Naturalmente, las empresas están interesadas en reducir los tiempos y costos, lo que a menudo implica menospreciar o recortar las primeras etapas de desarrollo donde los resultados no son tan concretos como los posteriores (prototipos físicos y virtuales), y las actividades consumen mucho tiempo, como es el caso del desarrollo conceptual. Sin embargo, el desarrollo conceptual permite definir las bases del proyecto en un intento de formalizar el diseño y comprenderlo sin ambigüedad. El equipo utiliza herramientas preferidas para comunicar los requisitos del cliente y la selección de componentes, entre otros, antes de invertir recursos significativos en las etapas subsiguientes del desarrollo.

Existen varias representaciones de modelos conceptuales, como a través del lenguaje, gráficos, modelos geométricos primitivos e incluso objetos. El enfoque funcional y de valor basado en normas europeas que se abordó en este trabajo para desarrollar el concepto es una herramienta particular de llegar a este fin. El uso de estándares y normas ayuda a tener un lenguaje común a través de varias industrias, aunque esta manera particular de hacerlo solo sea practicada en Europa, de manera general, y más precisamente en Francia (10). En México, falta establecer un marco común que sea a la vez estandarizado y practicado en las industrias para el desarrollo conceptual y más generalmente, los PDP.

Los esfuerzos de autores como Ulrich y Eppinger, o Pahl y Beitz, buscan precisamente establecer un marco común y sistemático para abordar los procesos de desarrollo. Un método estructurado puede contribuir en gran medida a una mejor comunicación y a una distinción más clara de los objetivos y motivos.

4.1.2. Beneficios de adoptar un método sistemático para el desarrollo de productos

La implementación de un proceso de desarrollo estructurado, que permita la colaboración y una clara distinción de las metas entre distintas partes, complementado con la aplicación de diversas técnicas, puede mejorar significativamente el proceso de desarrollo de productos y potenciar nuevas oportunidades para la empresa. Algunos de los aportes de este método incluyen:

- la definición clara de las metas del proyecto sin descuidar pasos importantes del desarrollo
- potenciar la generación de nuevas oportunidades
- la documentación clara y concisa de las diferentes etapas de desarrollo (esto puede servir en su momento para desarrollar libros contractuales de especificaciones o para aplicar una patente a un sistema o proceso)
- un producto que refleje las necesidades y requisitos del cliente
- permitir una toma de decisiones de la arquitectura y modularidad para definir estrategias comerciales exitosas y competitivas, así como cambios al producto, estandarización de

piezas, facilidad en la fabricación, etc.

- una reducción en el costo del producto mientras se conserva la calidad del mismo, mediante las disciplinas *DFx* (Diseño para “x”), tales como DFM, encaminando al producto hacia el éxito comercial

4.2. Beneficios y desventajas de una organización pequeña

El hecho de contar con un equipo pequeño de diseño que desempeñó diversos roles para llevar al producto de la A a la Z ha permitido que haya excelente retroalimentación entre procesos para cada fase de producción. Al momento de detectar alguna falla o oportunidad de optimización en la manufactura o el ensamblaje se hacían los cambios al diseño correspondientes y vice versa. En este sentido, la retroalimentación entre las distintas áreas permitía una mejora continua del producto con la oportunidad de corregir puntualmente las fallas encontradas.

Una desventaja de contar con un equipo de trabajo reducido es la carga multidisciplinaria que recae sobre cada integrante, que a la vez puede tener ramificaciones en la logística (se deben coordinar actividades en ubicaciones distintas), mientras exige una base de conocimientos y aptitudes específicos en distintas disciplinas. Por ejemplo, durante la etapa de pruebas y validación, había que cambiar de ubicación entra la oficina y la planta constantemente. A menudo se detectaba un error temprano en el programa sobre el cual había que regresar a hacer modificaciones. Las modificaciones constaban desde parámetros inadecuados del herramental hasta detalles en el diseño. Esta serie de desafíos agrega un grado de complejidad para entregar un producto de calidad dentro de las fechas de entrega establecidas.

Encontrar un balance que permita el mejor flujo de trabajo entre los diferentes miembros de la organización es clave para la realización del producto. Un equipo multidisciplinario permite una excelente intercomunicación entre sus elementos pero es importante contar con una óptima logística para no entorpecer las operaciones y una fuerte base de conocimientos para sustentar cada área.

4.3. Recomendaciones para los futuros proyectos de ingeniería

La investigación realizada ofrece una visión práctica y relevante de los procesos de desarrollo de productos en el mundo real, respetando la propiedad intelectual de la empresa. Es posible extraer lecciones generales para aplicarse en otros proyectos o empresas que busquen implementar un PDP estructurado.

Un PDP genérico ofrece una estructura primaria para categorizar y guiar las etapas de desarrollo. Sin embargo, existe una gama amplia de PDP que pueden alinear mejor con el producto que se intenta diseñar. El nivel de planificación tiene que ir de la mano con el costo y esfuerzo involucrado en desarrollar prototipos funcionales y hacer pruebas y validaciones, así como la escala de la producción. Tratándose de procesos sumamente iterativos, lo antes que se pueda realizar un prototipo que se pueda someter a pruebas, lo antes que las etapas anteriores

4. CONCLUSIONES

pueden recibir la retroalimentación para hacer modificaciones.

Conforme más compleja es la realización del prototipo (como usualmente ocurre en proyectos de ingeniería), más deberán concentrarse los esfuerzos del desarrollo conceptual. Una estrategia fácil de implementar en esta etapa es el análisis de las funciones de servicio del objeto, en forma de pares verbo-sustantivo, y la formulación de especificaciones iniciales ligadas a estas funciones. Un estudio del ciclo de vida específico que se desea analizar puede ir acompañado de una lluvia de ideas sobre los elementos exteriores de interacción y de adaptación del objeto. Las herramientas tales como FAST y TRIZ permitirán responder cómo se implementarán dichas funciones, que a la vez permitan idear una arquitectura del sistema.

En la elaboración de maquetas y modelos de detalle, es clave tener una clara idea de los parámetros funcionales y construir con base en estos, teniendo una clara idea de qué es lo que se requiere del producto; el uso de las herramientas CAD permite un cambio de paradigma no solo para crear planos de detalle y de ensamble pero para permitir modificaciones radicales al sistema y una actualización a detalle del sistema en tiempo real, siempre y cuando se cuente con una construcción robusta.

Finalmente, un diseño económicamente exitoso involucra incorporar estrategias de diseño que mejoren la interoperabilidad del producto en sus varias fases de desarrollo mediante DFM, *DFA* (Diseño para ensamblaje) y otras disciplinas del tipo DFx.

Apéndice A

Planos de montaje

A. PLANOS DE MONTAJE

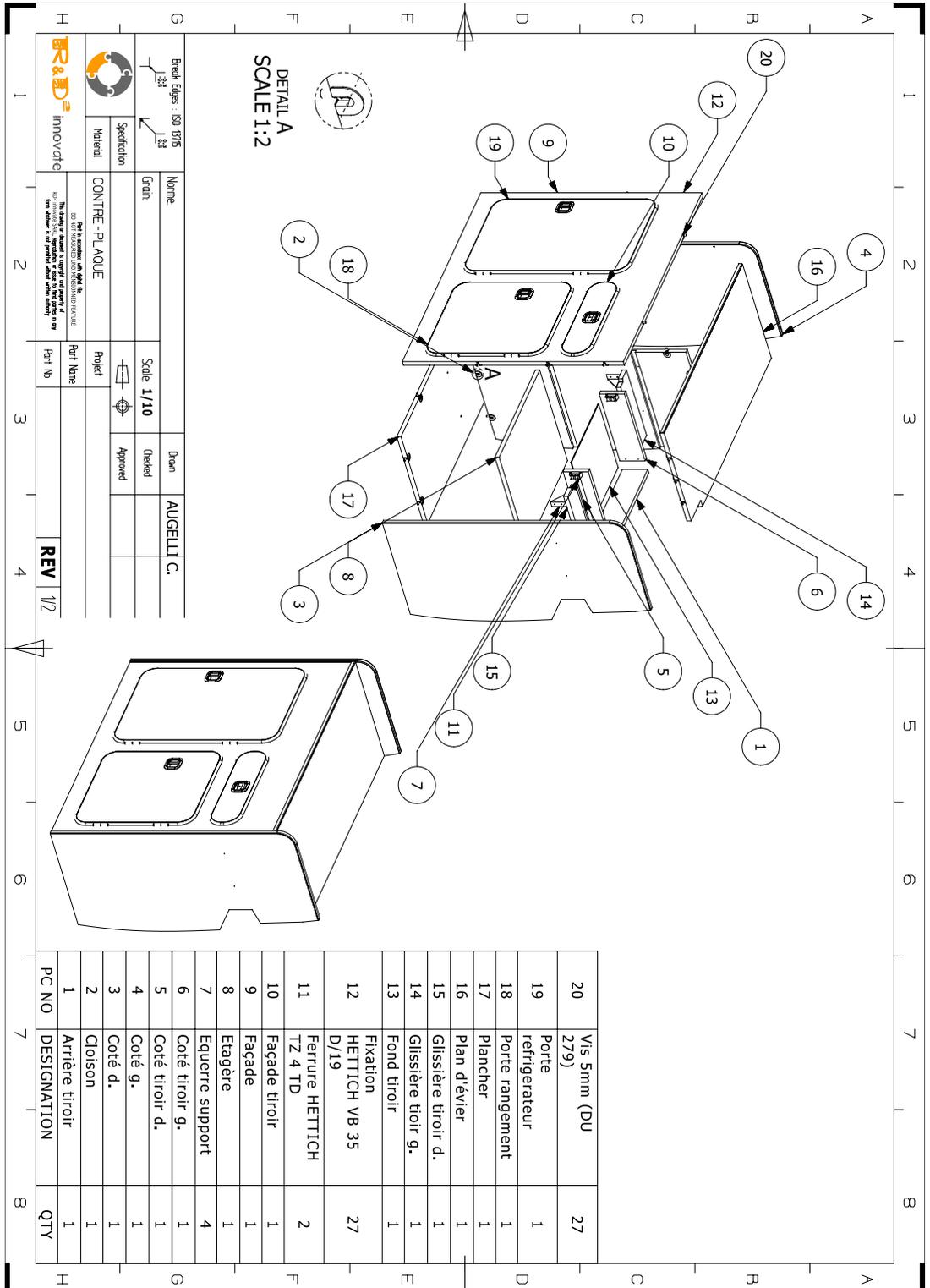


Fig. A.1: RD2 Innovate, Plano de montaje del mueble de cocina, 2022

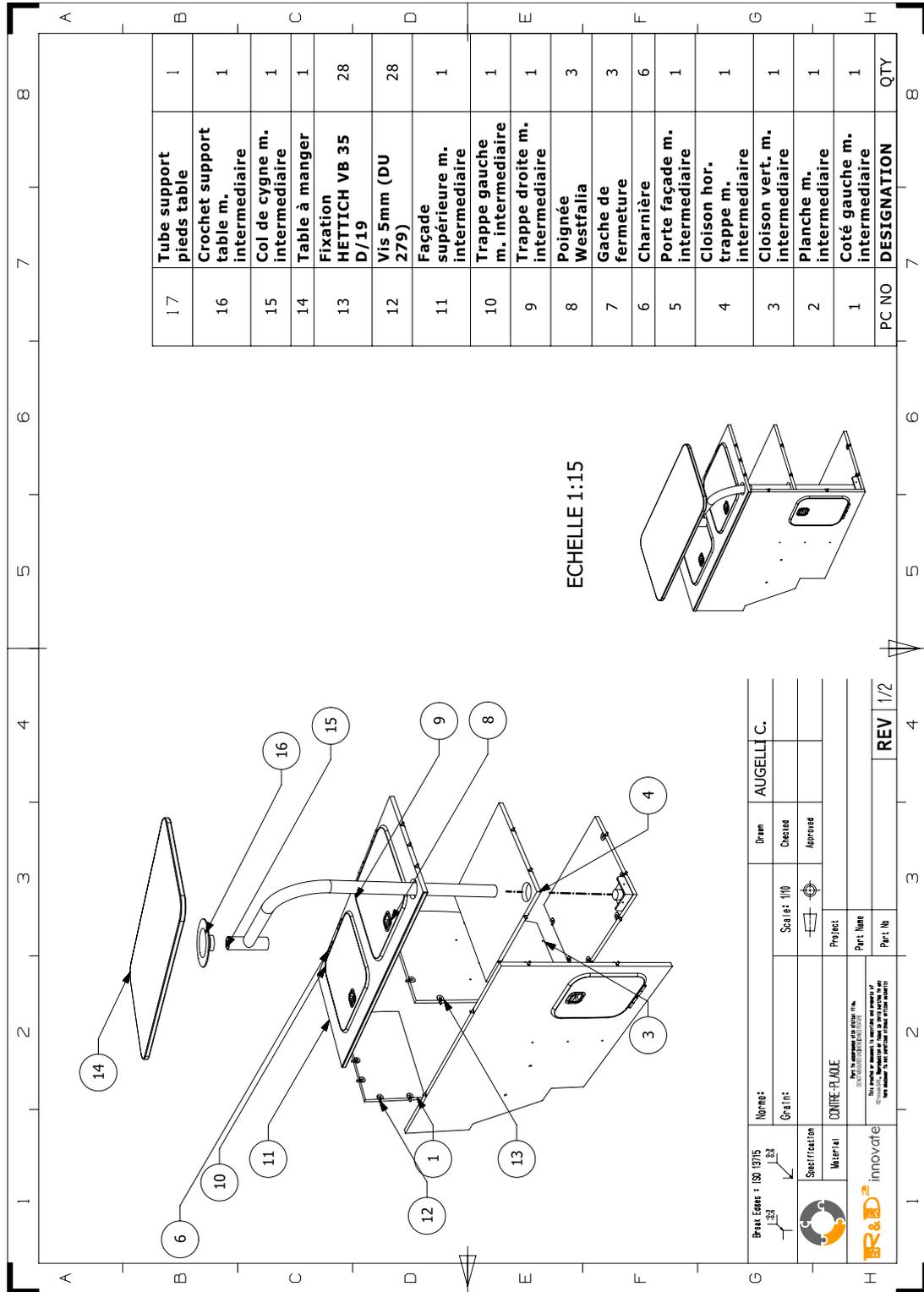


Fig. A.2: RD2 Innovate, Plano de montaje del mueble intermedio, 2022

A. PLANOS DE MONTAJE

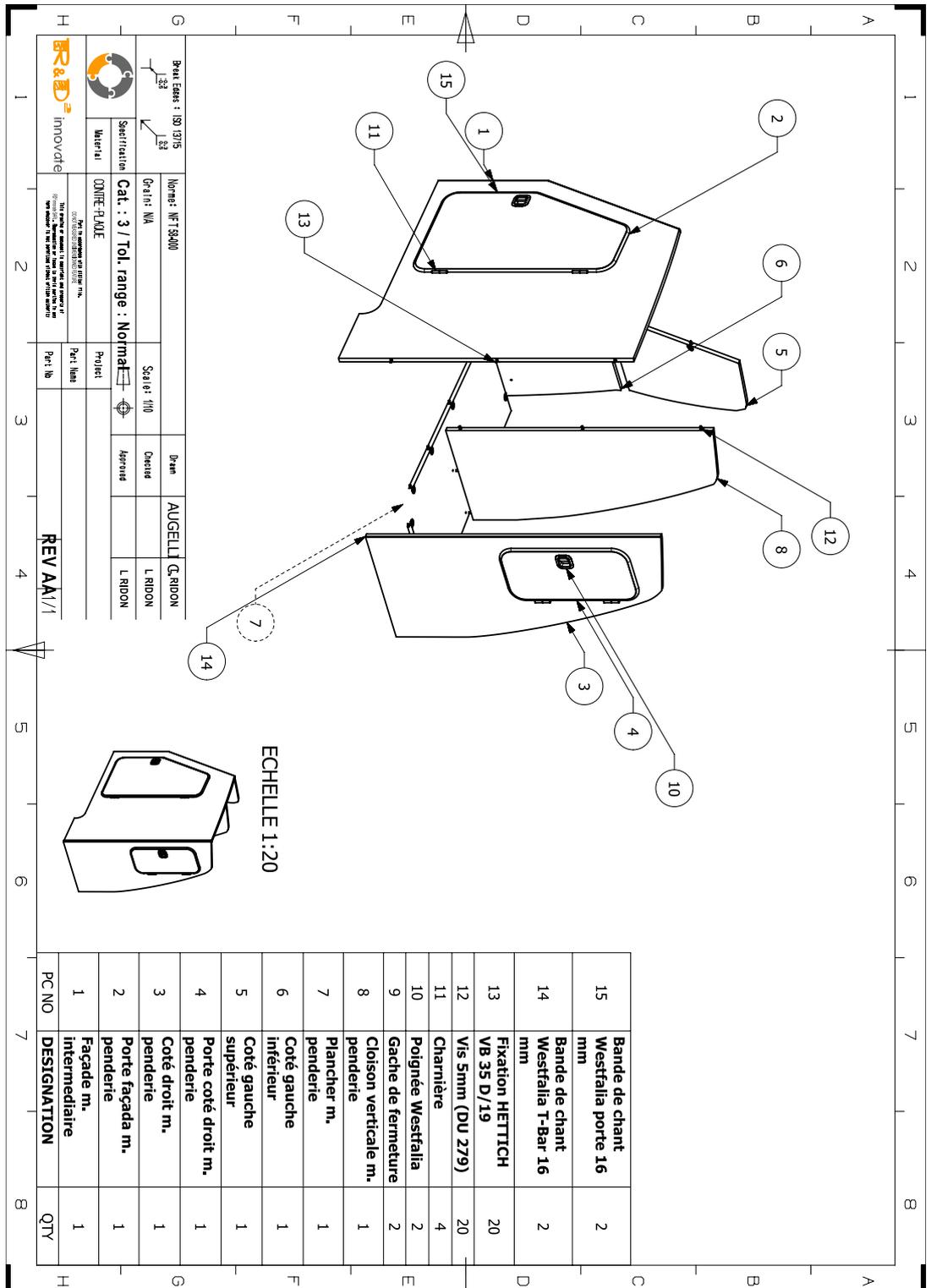


Fig. A.3: RD2 Innovate, Plano de montaje del armario, 2022

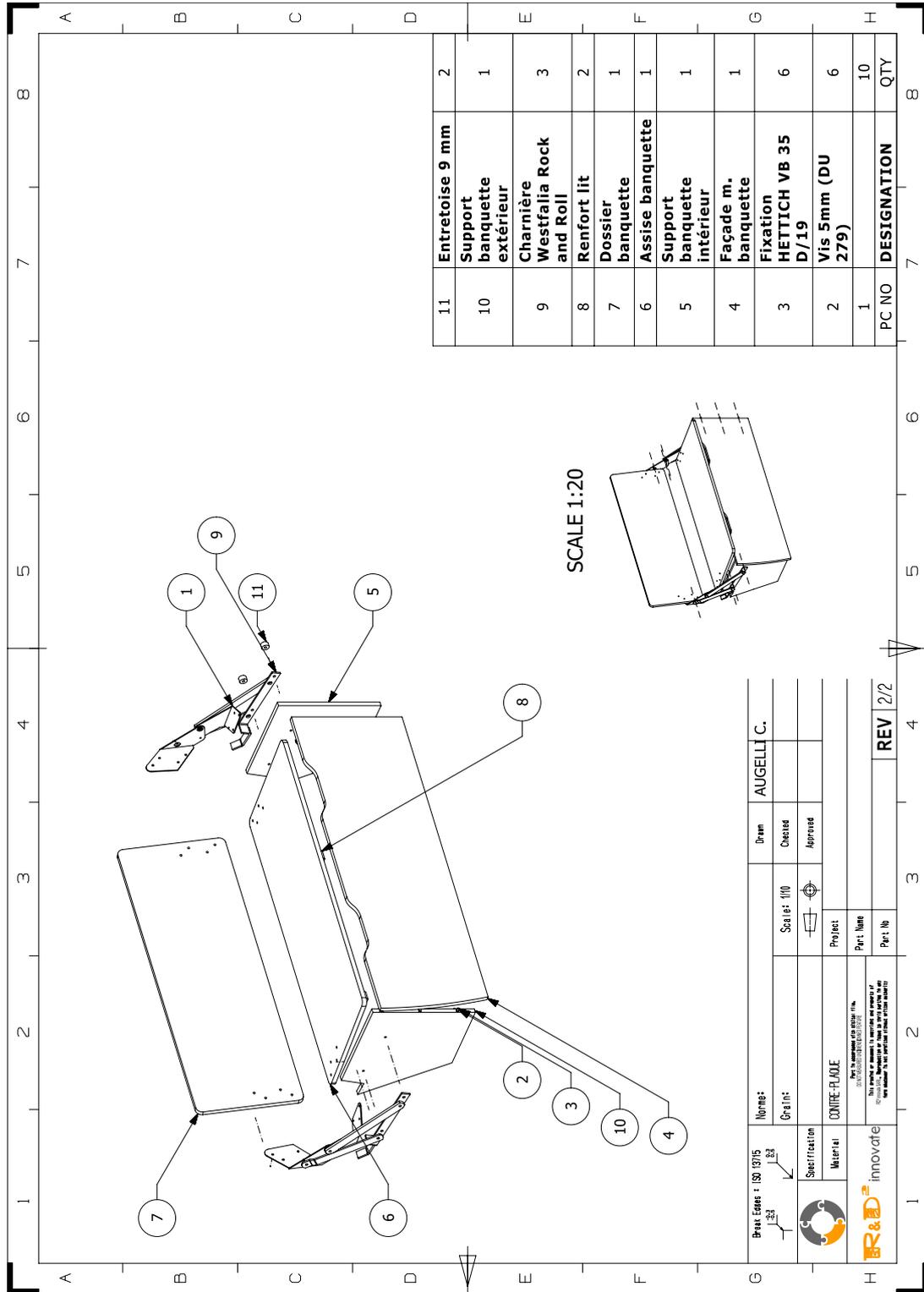


Fig. A.4: RD2 Innovate, Plano de montaje del sofá-cama, 2022

A. PLANOS DE MONTAJE

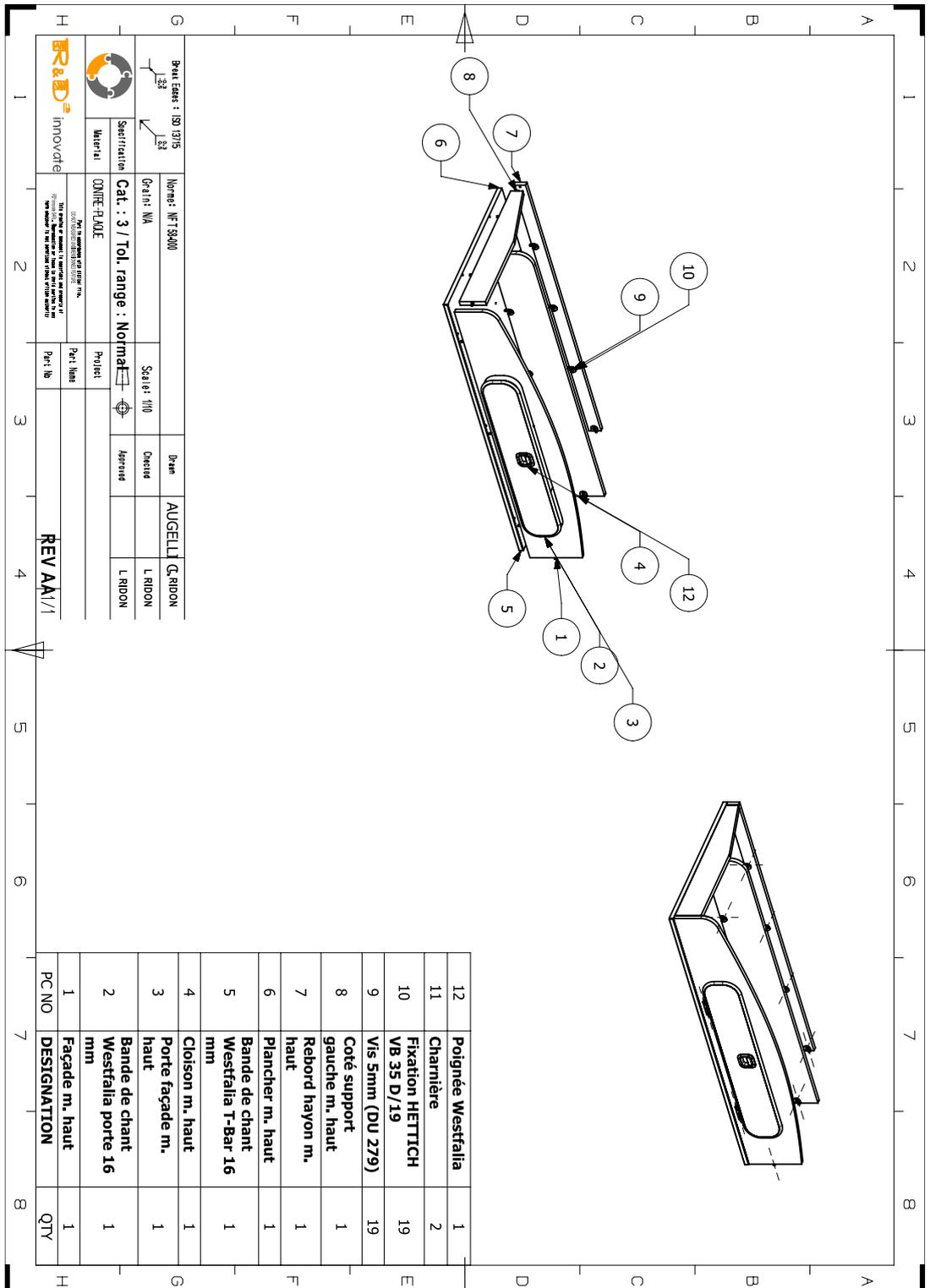


Fig. A.5: RD2 Innovate, Plano de montaje del mueble superior, 2022

Bibliografía

- [1] KARL ULRICH AND STEVEN D EPPINGER. *Product design and development*. McGraw-Hill New York, 1995. 7, 15, 20, 35
- [2] WIKICAMPERS. **COMMENT HOMOLOGUER UN VÉHICULE AMÉNAGÉ ?** <https://www.wikicampers.fr/blog/homologuer-un-vehicule-amenage/>. Último acceso: 2023-03-30. 11
- [3] NF EN1325. **1, Vocabulaire du management de la valeur, de l'analyse de la valeur et de l'analyse fonctionnelle-Partie 1: analyse de la valeur et analyse fonctionnelle**, 1996. 13, 15
- [4] KARINE CHARRIERE, CHARLES-LOUIS AZZOPARDI, MAGALI NICOLIER, THOMAS LIHOREAU, E HAFFEN, AND BRUNO WACOGNE. **Functional analysis to drive research and identify regulation requirements: an example with a lithium monitoring device**. In *14th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC)*, 2021. 15
- [5] JERZY SMARDZEWSKI. *Furniture design*. Springer, 2015. 16
- [6] FAIRUZ I ROMLI, AZMIN SHAKRINE MOHD RAFIE, AND SURJATIN WIRIADIDJAJA. **Conceptual Product Design Methodology through Functional Analysis**. In *Advanced Materials Research*, 834, pages 1728–1731. Trans Tech Publ, 2014. 20
- [7] D DANIEL SHEU, MING-CHUAN CHIU, AND DIMITRI CAYARD. **The 7 pillars of TRIZ philosophies**. *Computers & Industrial Engineering*, 146:106572, 2020. 30
- [8] G PAHL, W BEITZ, J FELDHOUSEN, KH GROTE, ET AL. **Engineering design: A systematic approach 3rd ed.**, 2007. 33
- [9] MECATECHNIC. **Meubles AGATHE d'aménagement en bois brut pour VOLKSWAGEN Transporter T25**. <https://www.mecatechnic.com/fr-FR/>. Último acceso: 2023-12-17. 36
- [10] GUY PRUDHOMME, FRANCK POURROY, JOSHUA DAVID SUMMERS, ET AL. **Enriching requirement-activities in design through french-US instruction comparison**. In *DS 75-8: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies, Vol. 8: Design Education, Seoul, Korea, 19-22.08. 2013*, pages 115–124, 2013. 40
- [11] GENRICH ALTSHULLER, GENRIKH ALTOV, AND H ALTOV. *And suddenly the inventor appeared: TRIZ, the theory of inventive problem solving*. Technical Innovation Center, Inc., 1996.
- [12] CHUN-CHIH CHEN AND MING-CHUEN CHUANG. **Integrating the Kano model into a robust design approach to enhance customer satisfaction with product design**. *International journal of production economics*, 114(2):667–681, 2008.

- [13] NOBUYUKI UMETANI, TAKEO IGARASHI, AND NILOY J MITRA. **Guided exploration of physically valid shapes for furniture design.** *ACM Trans. Graph.*, 31(4):86–1, 2012.
- [14] VF BANCIU, E PĂMÎNȚAȘ, AND DI IOANICIU. **Considering constructive-functional optimization as a stage of product design in industrial practice.** In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 568. IOP Publishing, 2019.
- [15] N MAZANI, SM SAPUAN, ML SANYANG, A ATIQAHA, AND RA ILYAS. **Design and fabrication of a shoe shelf from kenaf fiber reinforced unsaturated polyester composites.** In *Lignocellulose for future bioeconomy*, pages 315–332. Elsevier, 2019.
- [16] MURAT MAYDA AND HUSEYIN RIZA BORKLU. **Development of an innovative conceptual design process by using Pahl and Beitz’s systematic design, TRIZ and QFD.** *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 8(3):JAMDSM0031–JAMDSM0031, 2014.
- [17] DAMIEN MOTTE ET AL. **A review of the fundamentals of systematic engineering design process models.** In *DS 48: Proceedings DESIGN 2008, the 10th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia*, pages 199–210, 2008.
- [18] MRM ASYRAF, MR ISHAK, SM SAPUAN, AND N YIDRIS. **Conceptual design of creep testing rig for full-scale cross arm using TRIZ-Morphological chart-analytic network process technique.** *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6):5647–5658, 2019.
- [19] SREENIVASA R GORTI AND RAM D SRIRAM. **From symbol to form: a framework for conceptual design.** *Computer-aided design*, 28(11):853–870, 1996.
- [20] JOFFREY CLARHAUT, SAID HAYAT, BLAISE CONRARD, AND VINCENT COCQUEMPOT. **Safety intelligent system conception for piggyback service.** In *2006 IEEE International Conference on Industrial Technology*, pages 1659–1664. IEEE, 2006.
- [21] OLIVIER CHÉRY AND ELISE MARCANDELLA. **Innovation and Sustainable Development in Wood Furniture Design.** In *Management of Technology Innovation and Value Creation: Selected Papers from the 16th International Conference on Management of Technology*, pages 169–183. World Scientific, 2008.
- [22] BERNARD YANNOU. **Analyse fonctionnelle et analyse de la valeur.** *Conception de produits mécaniques. Méthodes, modèles et outils*, pages 77–104, 1998.
- [23] VLADIMIR HUBKA AND W ERNST EDER. *Design science: introduction to the needs, scope and organization of engineering design knowledge.* Springer Science & Business Media, 2012.
- [24] AFNOR FNX50. *Analyse de la valeur, analyse fonctionnelle: expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel.* AFNOR Editions, 1991.
- [25] JOHN BORZA. **FAST diagrams: The foundation for creating effective function models.** *General dynamics land systems*, pages 1–10, 2011.
- [26] NADIA ILIE, DANIEL-CONSTANTIN ANGHIEL, AND SORIN ILIE. **Aspects on applying of functional analysis method to products design and its relationships with other various design methods.** *ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY Fascicle of Management and Technological Engineering*, Volume XX (X), 2011/2, 2011.
- [27] FELICIA BANCIU, GEORGE DRĂGHICI, AND GEORGE BELGIU. **A NEW FUNCTIONAL ANALYSIS APPROACH.** *ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY Fascicle of Management and Technological Engineering*, Volume XX (X), 5.9-5.14, 2011.

- [28] FELICIA BANCIU AND GEORGE DRĂGHICI. **A GENERAL APPROACH TO THE PRODUCT CONCEPTUAL DESIGN PHASE.** *ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY Fascicle of Management and Technological Engineering*, Volume XX (X), 2012/1(1), 2012.
- [29] FELICIA BANCIU, GEORGE DRĂGHICI, AND ANDREEA MIHARTESCU. **SYNTHESIS REGARDING THE PRODUCT CONCEPTUAL DESIGN METHODS AND TOOLS.** *ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY Fascicle of Management and Technological Engineering*, Volume XX (X), 2009/1(1), 2009.