

Centro de Investigaciones de Diseño Industrial
Universidad Nacional Autónoma de México

CUBIERTA PARA LA ESCALERA EXTENSIBLE EN CAMIONES DE BOMBEROS SUECOS

Proyecto de Tesis para la obtención del título de Diseñadora Industrial que presenta:

María Isabel Acosta Vega

Director de tesis: D.I. Jorge Vadillo López

Asesores: D.I. Roberto González Torres
D.I. Fernando Fernández Barba

Sinodales: M.I. Claudio Hansberg Pastor
D.I. Adolfo Guitierrez Nieto

Declaro que el proyecto es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra institución educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.

Ciudad Universitaria, CDMX 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Coordinación de Exámenes Profesionales
Facultad de Arquitectura, UNAM
PRESENTE

EP01 Certificado de aprobación de
impresión de Tesis.

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE ACOSTA VEGA MARIA ISABEL No. DE CUENTA 309570277

NOMBRE TESIS CUBIERTA PARA LA ESCALERA EXTENSIBLE EN CAMIONES DE BOMBEROS

SUECOS

OPCION DE TITULACION TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de LA TESIS, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día a las horas.

Para obtener el título de DISEÑADORA INDUSTRIAL

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F. a 27 de julio de 2017

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. JORGE VADILLO LOPEZ	
VOCAL D.I. FERNANDO FERNANDEZ BARBA	
SECRETARIO D.I. ROBERTO GONZALEZ TORRES	
PRIMER SUPLENTE M.I. CLAUDIO HANSBERG PASTOR	
SEGUNDO SUPLENTE D.I. ADOLFO GUTIERREZ NIETO	

ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART
Vo. Bo. del Director de la Facultad

FICHA TÉCNICA

Como parte del último semestre de movilidad, estuve en un intercambio académico con la Universidad de Skövde. Durante el curso de Bachelor Project in Product Design Engineering se realizó este proyecto de tesis en colaboración con Marco Aurelio Molbeck. El proyecto de tesis fue desarrollado para la empresa Autokaross Rescue Systems i Floby AB en Suecia. El reporte contiene el desarrollo de diseño de una cubierta para la escalera extensible contra factores ambientales ubicada en el techo de un camión de bomberos.

La meta del reporte fue desarrollar una solución de cubierta funcional y de bajo costo para la escalera extensible, antes mencionada, con la expresa intención de proveer un acceso y protección contra las condiciones ambientales de los países Nórdicos adecuados, con la finalidad de prevenir el deterioro prematuro de la unidad. La compañía estableció los límites técnicos y conceptuales basándose en las dos cubiertas previamente utilizadas en la compañía, Cubierta de Caja Manual (solución de bajo costo que

no cubre con todos los requisitos) y la Cubierta de Panel Automático (solución de alto costo que excede los requerimientos).

Los requerimientos iniciales fueron expresados a través de una serie de requerimientos específicos que se pueden agrupar en dos puntos principales:

Costo: Diseñar una solución que tenga en cuenta los límites de económicos, ensamblado y tiempo, y optimización de espacio. Esto fue delimitado tomando en cuenta las dos soluciones previamente utilizadas en la compañía, particularmente la de bajo costo. Así mismo, dicho concepto fue la base para aplicar las mejoras, en vez de intentar bajar el costo de la que excede los requerimientos.

Función: Proveer una protección y un acceso adecuados para la escalera extensible. En este caso, el problema fue resuelto estableciendo el grado de protección relevante para las condiciones climáticas propias de los países Nórdicos, así como las necesidades de la escalera extensible. Con respecto al acceso, esto fue asegurado al automatizar completamente el proceso de apertura/cerrado; el proceso interacciona directamente con el sistema existente que manipula a la escalera extensible.

El resultado de este reporte es una solución que atiende las demandas de la compañía, obtenida mediante el análisis de factores que podrían mejorar el producto junto con el pensamiento creativo.

El reporte documenta el proceso y métodos utilizados durante la exploración, la generación, la evaluación y selección de conceptos, y el desarrollo en CAD. Cada sección muestra los requerimientos y ajustes aplicados para cumplir con las necesidades de la compañía.

La tesis fue escrita originalmente en inglés de modo que algunos conceptos se adecuaron al lenguaje del CIDI. Por cuestiones de confidencialidad en este documento no se presentan planos ni detalles específicos de la solución final.



FLOBY
AUTOKAROSS
RESCUE SYSTEM

AUTOKAROSSRESCUE.SE

EMK 675

Altevas

NOMENCLATURA

CPA	Cubierta de Panel Automático
CCM	Cubierta de Caja Manual
EE14	Escalera Extensible 14m
EE6	Escalera Extensible 6m
IMRA	Introducción, Método, Resultados y Discusión
IP	Grado de Protección
ISO	Organización de Estándares Internacionales
SS	Estándar Sueco

TABLA DE CONTENIDOS

Ficha técnica

Introducción

1.1. Antecedentes

1.1.1. Autokaross i Floby

1.1.2. Soluciones anteriores

1.2 Problema, meta y objetivos

1.2.1. Problema

1.2.2. Meta

1.2.3. Objetivos

1.2.4. Descripción de la escalera extensible

1.3 Metodología

1.4 Propósito del trabajo

2. Preliminares

2.1. Cubierta de caja manual (CCM)

2.2. Cubierta de panel automático (CPA)

2.3. Sondeo de mercado

2.3.1. Solución de la marca Sala Brand

2.3.2. Cubierta de escalera genérica

2.4. Soluciones de cubierta homólogas

2.4.1. Contenedor para techo alemana de aluminio de la marca Ziegler

2.4.2. Gabinete para extintor

- 2.4.3. Envase para una balsa de rescate
- 2.4.4. Portaequipaje para techo de coche
- 2.4.5. Techo convertible de coche
- 2.4.6. Mecanismo para apertura del capó

3. Especificaciones

- 3.1. Declaración de la intención de diseño
- 3.2. Borrador de tabla de especificaciones
- 3.3. Árbol de objetivos

4. Generación de conceptos

- 4.1. Acercamiento al problema
- 4.2. Lotus Blossom

5. Delimitación de conceptos a desarrollar

- 5.1. C-Box
- 5.2. Bocetos
- 5.3. Modelos funcionales
- 5.4. Decisión externa [*External Decision*]

6. Propuestas y evaluación

- 6.1 Desarrollo de tres propuestas
 - 6.1.1 Propuesta 1- Barras paralelas
 - 6.1.2. Propuesta 2- Polea
 - 6.1.3. Propuesta 3- Tornillo sin fin
- 6.2 Matriz de puntuación [*Concept Scoring Matrix*]
 - 6.2.1. Borrador de matriz de puntuación

- 6.2.2. Resultados y selección
- 6.3 Decisión externa [*External Decision*]
- 6.4 Matriz de puntuación [*Concept Scoring Matrix*]
 - 6.4.1. Características de las propuestas
 - 6.4.2. Matriz de puntuación final [*Concept Scoring Matrix*]
 - 6.4.3. Resultados de la matriz
- 6.5 Árbol conceptual [*Objectives tree*]
- 6.6 Decisión externa [*External Decision*]

7. Resultados y análisis

- 7.1. Propuesta de diseño de producto
 - 7.1.1. Producción y especificaciones técnicas
 - 7.1.2. Uso de la solución final
- 7.2. Modelo 3D

Conclusiones

Referencias

Apéndice

- A. Cubierta de Caja Manual/ Solución de bajo costo
- B. Cubierta de Panel Automático/ Solución de alto costo
- C. Decisión externa

01.

Los vehículos de bomberos buscan optimizar el uso del espacio con el fin de cargar tanto equipo y agua como sea posible. La mayoría del equipo se ocupa de manera poco frecuente, pero necesita estar disponible y en óptima condición en cualquier momento, de tal manera que debe estar protegido contra el ambiente para evitar su deterioro. En cada país los camiones de bomberos se producen según los estándares que los rigen; resultan de las condiciones ambientales, los tipos de terreno y las necesidades generales. El enfoque principal de esta investigación es optimizar la cubierta que recubre la Escalera Extensible de 14m colocada sobre el techo de los camiones de bomberos en Suecia. Este análisis está dirigido específicamente a las necesidades de Autokaross i Floby AB. La mayor preocupación de la compañía es ofrecer una solución de alta calidad a un bajo costo, para satisfacer las necesidades del cliente.

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

1.1.1. Autokaross i Floby

1.1.2. Soluciones anteriores

1.2 Problema, meta y objetivos

1.2.1. Problema

1.2.2. Meta

1.2.3. Objetivos

1.2.4. Descripción de la escalera extensible

1.3 Metodología

1.4 Propósito del trabajo

1. Antecedentes

Para el desarrollo del producto final fue esencial la colaboración con Autokaross i Floby. La compañía tiene un buen alcance comercial dentro de Escandinavia y está a la espera de prosperar en el mercado internacional. Tienen gran experiencia y trayectoria en la adaptación de vehículos para usos específicos que incluyen vehículos comerciales ligeros y vehículos de bomberos.

1.1.1 Autokaross i Floby

La compañía “desarrolla, fabrica y vende soluciones sistémicas para vehículos ligeros. Estas soluciones abarcan todo desde camiones de carrocería plana y furgonetas (paredes laterales, contenedores, etc.) hasta taxis/MVPs, accesorios para vehículos y vehículos para servicio de bomberos” (Autokaross i Floby, 2016). Es una compañía sueca ubicada en Floby de Skaraborg y cuenta con 90 años de experiencia. Hoy en día, la compañía es el proveedor líder para adaptaciones en vehículos

comerciales ligeros para diferentes usos en el mercado Nórdico, entre ellos vehículos de reparto, servicios de rescate, construcción, etc. Las oficinas en Floby funcionan como centro de operación para ventas, administración, producción y desarrollo de producto. Gracias a que tienen un almacén de piezas y componentes, Autokaross puede ensamblar y dar servicio a todos sus productos ahí mismo. La compañía también cuenta con otras sucursales en Södertälje, Gotemburgo y Vellinge que, manejan ventas, ensamblados y centros de servicio de productos. Todas las adaptaciones son desarrolladas basándose en la certificación ambiental y de calidad ISO 14001: 2004 e ISO 9001: 2008, respectivamente. Este reporte se enfoca en los servicios ofrecidos por la subsidiaria Autokaross Rescue Systems i Floby AB que se especializa en la adaptación de camiones en vehículos de bomberos.

Hoy en día, el ensamblado de los vehículos de bomberos comienza con una cabina vacía conectada al chasis trasero de un camión. Los camiones más utilizados son de Scania y Volvo: transmisión de 4x4 o 6x6, este último utilizado para unidades militares. La caja trasera en donde se transporta el agua y las herramientas, se construye sobre el chasis del camión en una superestructura básica o marco de

acero, que se ajusta dependiendo de las necesidades del cliente. Autokaross descubrió un mejor método de ensamblado al colocar en medio de la cabina las bombas de agua y/o espuma, lo cual provee mayor espacio para el almacenamiento del agua en la parte trasera de la caja, característica que es la diferencia entre estos vehículos de bomberos y los de la competencia. Este proyecto se enfoca en la caja trasera y en específico en el techo de la misma.

Como se había mencionado antes, la caja trasera está construida de acero estandarizado y con perfiles de aluminio. Se utilizan también láminas de aluminio resistentes a la sal y al agua para recubrir el interior y el exterior de la caja. El enfoque principal de la empresa es en la reducción de costo, ya que la mayoría de los proyectos se adquieren a través de concursos. Tienen una amplia red de proveedores que proporcionan costos flexibles; por ejemplo Sapa, proveedor de perfiles de aluminio personalizados fabricados para Autokaross. Todas las modificaciones hechas a la cabina y a la carrocería tienen 20 años de garantía.

El problema a resolver se aclaró desde el primer contacto con la compañía, el cual consistía en desarrollar una nueva cubierta para la Escalera



Figura 1.1 EE6 y EE14 respectivamente

Extensible de 14m (EE14) colocada en la parte superior del vehículo de bomberos, cuyo acceso se encuentra en la parte trasera a 2.5m de altura. Una de las principales preocupaciones es respetar el sistema de operación de la EE14 y no hacerle modificaciones, la cubierta se desarrollará en base a ese sistema y debe ser eficiente en costo y fácil de usar.

1.1.2 Soluciones anteriores

Sobre el techo de los vehículos de bomberos de

Autokaross i Floby AB se encuentran dos tipos de escaleras, la Escalera Extensible de 14m de altura (EE14) y la Escalera Extensible de 6m de altura (EE6), y un pequeño bote de rescate, ver figura 1.1. Este proyecto se enfocó en desarrollar una cubierta únicamente para la EE14. Hoy en día, la empresa tiene como referencia dos cubiertas; para efectos prácticos de este reporte se les nombró Cubierta de Caja Manual (CCM) y Cubierta de Panel Automático (CPA).

Las escaleras pueden ser desmontadas de manera automática o manual; casi la mitad de los vehículos de bomberos se desmontan de forma automática. La EE14, como se mencionaba antes, está situada en el techo de la caja trasera y se accede por la parte trasera del camión a 2.5m de altura.

-CCM: Ésta es la primera solución que provee suficiente protección a la EE14 a un bajo costo, pero necesita ser operada de manera manual y manipularla crea un problema de nivel de alcance.

-CPA: Esta otra solución es muy fácil de utilizar por medio de un control remoto, excede los requerimientos de protección. Tiene un factor 6 IP (hermético, no permite el paso al polvo, ver tabla 1.1) y

tiene un costo muy elevado.

Ambas soluciones, así como las soluciones de los competidores, se explican posteriormente en el Capítulo 2. Pre-estudio.

Tabla 1.1 Grado de Protección (Índice IP) de Approved American National Standard, 2004

Grados de protección contra objetos ajenos extraños sólidos indicado por el primer numeral			
Factor		Grado de protección	
		Breve descripción	Definición
0		Sin protección	-
1		Protegido contra objetos ajenos sólidos de 50 mm de diámetro o más	El objeto de mayores dimensiones a 50 mm de diámetro no penetrará completamente
2		Protegido contra objetos ajenos sólidos de 12.5 mm de diámetro o más	El objeto de mayores dimensiones a 12.5 mm de diámetro no penetrará completamente
3		Protegido contra objetos ajenos sólidos de 2.5 mm de diámetro o más	El objeto de mayores dimensiones a 2.5 mm no penetrará
4		Protegido contra objetos ajenos sólidos de 1 mm de diámetro o más	El objeto de mayores dimensiones a 1 mm no penetrará
5		Protegido contra el polvo	La protección contra el polvo no se previene por completo, pero lo que entre no interferirá con la operación del aparato ni pondrá en riesgo la seguridad
6		Hermético	No entra polvo

1.2 Problema, meta y objetivos

Este capítulo define el problema principal, la meta general y los objetivos específicos del proyecto.

1.2.1 Problema

Consiste en diseñar una cubierta para la EE14 fácil de usar, que proteja del clima local, principalmente en Suecia y Noruega, a un bajo costo. Dos productos similares, CCM y CPA, serán considerados para establecer los parámetros por los que será juzgada la efectividad de la solución propuesta al final del proyecto. Los dos principales parámetros definidos por las soluciones previas son costo y función.

1.2.2 Meta

La meta primordial es llegar a una solución funcione de manera óptima, a un bajo costo y que proteja la EE14 de un deterioro prematuro. La óptima función se entiende como: que la solución sea accesible

rápidamente a 2.5m de altura y que provea una protección suficiente del clima y de condiciones externas en el ambiente. El proyecto se debe completar en tres meses y medio.

1.2.3 Objetivos

- Proteger/asilar la EE14 de las condiciones climáticas características de los países Nórdicos y de condiciones externas en el ambiente.
- Crear una solución de rápido acceso para los usuarios; considerar el nivel de alcance, seguridad, resistencia y simplicidad.
- Diseñar una solución tomando el cuenta



Figura 1.2 Dimensiones de la EE14 durante el desmonte

los límites en costo, tiempo de ensamblado y optimización de uso de espacio.

- Considerar atributos estéticos.
- Comprobar cómo se puede adaptar a los procesos de manufactura de la empresa.
- Hacer una estimación del costo total.

1.2.4 Descripción de la Escalera Extensible de 14m (EE14)

Como se explicó anteriormente, este proyecto se basa en la cubierta para la EE14 de la marca WIBE Ladders, modelo 2016 (WIBE Ladders, 2016). La EE14 es la escalera más larga del vehículo de bomberos y se sujeta a través de un móvil que permite su manipulación. En conjunto, estos elementos tienen

una dimensión de (479x851x4793)mm y pueden estar ubicados en los laterales o en medio del techo, ver figura 1.1. La EE14 se mueve gracias a un motor eléctrico que empuja el móvil a la orilla del techo, y unos pistones neumáticos que controlan su rotación para colocarlo suavemente en la posición de desmonte, ver figuras 1.3 y 1.4. En esta posición, la EE14 ocupa un espacio de (4425x2249)mm, ver figura 1.2.



Figura 1.3 Motor eléctrico y pistones neumáticos

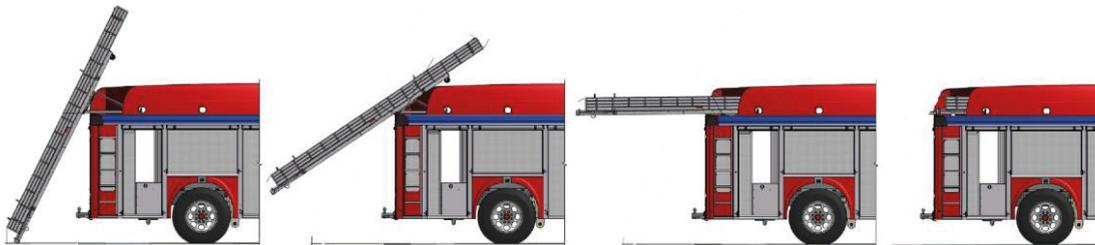


Figura 1.4 Diagrama de montaje-desmontaje del móvil y de la EE14

Se deben considerar las características de la EE14 durante el desarrollo del proyecto para obtener la mejor solución posible. Es importante considerar la fuerza de salida utilizada por el motor eléctrico ya que la solución puede ayudarse de este mecanismo para automatizar el proceso de abierto/cerrado, en vez de adicionar otro sistema que podría aumentar el costo y el mantenimiento.

1.3 Metodología

Para el desarrollo de este proyecto fue utilizada la metodología sugerida por Cross (2008). La estructura general del proyecto se divide en cuatro etapas: Exploración, Generación, Evaluación y Comunicación, ver figura 1.6 para consultar el Diagrama de flujo de Métodos de Diseño. En la fase de Exploración los métodos de diseño seleccionados fueron: Sondeo del mercado [Benchmarking], Declaración de la intención de diseño [Design Intent Statement] (Crudale, 2013) y Especificaciones de producto [Target Specifications,] (Ulrich & Eppinger, 2008). Estos métodos fueron utilizados para identificar los límites de trabajo (conceptos y criteria), pero en esta etapa de exploración se necesitaron delimitaciones adicionales por lo que se agregó un cuarto método: Árbol de objetivos [Objectives Tree] (Cross, 2008). Durante la exploración hubo constante comunicación con la empresa para asegurar el nivel de satisfacción con respecto al proyecto. Para la fase de Generación los métodos de diseño seleccionados fueron: Lotus Blossom (Crudale, 2013), C-Box (Crudale, 2013), Bocetos



Figura 1.5 Diagrama de flujo de Métodos

y Modelos funcionales [Low Fidelity Prototyping] (Cruedale, 2013). Al terminar la generación de ideas, tanto en 2D como en 3D, éstas se evaluaron a través de Decisión externa [External Decison] (Ulrich & Eppinger, 2008) y Matriz de puntuación [Concept Scoring Matriz] (Ulrich & Eppinger, 2008). Durante el desarrollo del proyecto la fase de Generación y la de Evaluación fueron alternadas; lo cual resultó en soluciones más detalladas. Los métodos de diseño Bocetos, Matriz de puntuación, sumados con Esquemas de movimiento, Videos y otros recursos, fueron utilizados varias veces para mejorar los conceptos. La fase de comunicación consistió en hacer el modelado 3D de la solución final utilizando el software Inventor 2015 y los renderizados en Keyshot 6. La idea final fue entregada a la empresa con sus respectivos esquemas de función, resultados y otra información que la compañía consideró pertinente para implementar la solución. Por cuestiones de confidencialidad en este documento no se anexaron planos ni detalles específicos de la solución final.

1.4 Propósito del trabajo

El propósito principal es desarrollar un proyecto a nivel Licenciatura de Diseño Industrial, en un ambiente de trabajo real y con objetivos reales. El proyecto busca asegurar que los estudiantes apliquen el conocimiento adquirido en la universidad en un ambiente de trabajo real y con un equipo de trabajo.

El trabajo descrito en este reporte es el desarrollo de una propuesta lograda gracias a la la formación académica en conjunto con las prácticas profesionales y para la solución de problemas industriales.

Este proyecto no va a modificar ni analizar el sistema mecánico existente de la EE14 utilizado por la compañía, el único enfoque es hacia la cubierta y su manipulación. Sin embargo, los resultados estarán entrelazados con el sistema existente para optimizar su función lo más posible.

02.

Este capítulo contiene la información correspondiente a las soluciones pre-existentes dentro de la compañía, los competidores y otros objetos que operan de manera similar y a la intemperie. Este análisis incluye mecanismos, materiales y técnicas de operación utilizados en cada caso, así como su posible potencial. El propósito del capítulo es conocer las opciones que existen y qué combinaciones son posibles para encontrar una nueva y mejor solución.

PRELIMINARES

- 2.1. Cubierta de caja manual (CCM)
- 2.2. Cubierta de panel automático (CPA)
- 2.3. Sondeo de mercado
 - 2.3.1. Solución de la marca Sala Brand
 - 2.3.2. Cubierta de escalera genérica
- 2.4. Soluciones de cubierta homólogas
 - 2.4.1. Contenedor para techo alemana de aluminio de la marca Ziegler
 - 2.4.2. Gabinete para extintor
 - 2.4.3. Envase para una balsa de rescate
 - 2.4.4. Portaequipaje para techo de coche
 - 2.4.5. Techo convertible de coche
 - 2.4.6. Mecanismo para apertura del capó

2.1 Cubierta de Caja Manual (CCM)

La CCM consiste de una caja de aluminio que recubre la EE14. Se opera de manera manual a través de una palanca y su apertura utiliza mecanismo existente en la EE14, ver explicación en el Capítulo 1.2.4. Como se puede observar en la figura 2.1, la caja tiene un eje de giro en el extremo que permite la apertura de la cubierta, de tal forma que la escalera se deslice hacia afuera. Mientras que ésta es una solución de bajo costo y cumple la función, cuando se abre, la posición de desmontado aumenta un metro a la altura total del camión resultando en una altura de operación de 4.4m, ver figura 2.1. Además de esto, de acuerdo con una entrevista llevada a cabo en Autokaross i Floby, la CCM es difícil de operar desde el suelo. La palanca de la CCM está posicionada a 2.5 metros de altura lo que la hace complicada de operar para una persona de estatura estándar. Para más ilustraciones de la CCM ver apéndice A.

La CCM está construída con láminas de aluminio

texturizado. Para usar la CCM el usuario tiene que manipular la manija para abrir la tapadera ubicada en la parte trasera del camión. Una vez que la tapadera está abierta, se activa el motor eléctrico de la EE14 a través de un control remoto y éste empuja el móvil que sostiene la escalera hasta el extremo trasero del camión. Al sobrepasar el punto medio, el móvil empieza a rotar; esto es controlado por unos pistones neumáticos que lo dejan a 60° con respecto al suelo para que los bomberos puedan desmontar la EE14 y utilizarla. La rotación induce la apertura de la CCM y la deja descansando a lo alto del móvil, ver figura



Figura 2.1 CCM en uso

2.1. El costo de esta solución es de 8050 SEK. Una variación de este mecanismo es jalar el móvil con una polea en vez de utilizar el motor eléctrico. La mayor contribución de este sistema es su simplicidad, el bajo número de piezas (7 paneles + 3 componentes de acceso) y una producción de bajo costo.

2.2 Cubierta de panel automático (CPA)

La CPA es un panel que cubre todo el techo del camión de bomberos, ver figura 2.2, se opera de manera automática a través de un control remoto. El panel tiene un eje de giro al medio de su longitud para que en cuanto el panel se comience a retraer, éste se pliegue. Ésta es una solución hermética que excede las requisitos para su uso en Escandinavia, con un costo aproximado de 30,000 SEK y un tiempo de instalación estimado de 15 horas; tiene 25+ componentes y un sistema operativo complejo. Los dos componentes principales que elevan el costo son los materiales utilizados, Honeycomb y fibra de vidrio, y el motor que opera el sistema de apertura.

El panel se dobla a la mitad y se desliza de atrás hacia adelante cuando se activa el control remoto. Una vez abierta la cubierta, el usuario puede sacar la EE14, la EE6 y al bote de rescate. Para hacer uso de la EE14, se empuja el móvil con el control remoto y se controla la rotación con los pistones

neumáticos, sistema utilizado también en la CCM. Para más ilustraciones de la CPA ver apéndice B. Una consideración importante es que la apertura es automática en su totalidad lo cual representa un atributo excepcional para acceder a la EE14.

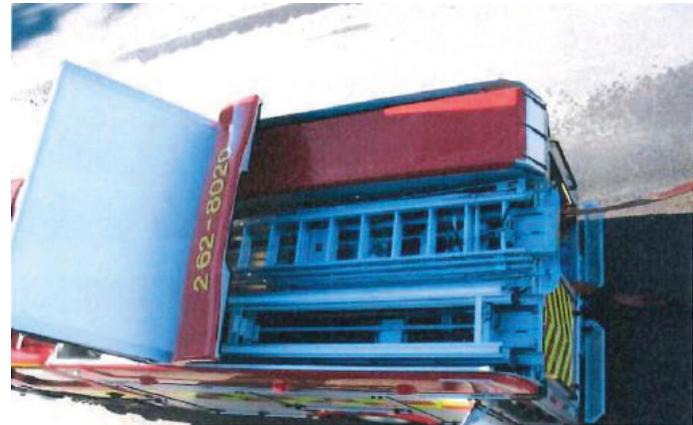


Figura 2.2 CPA en uso

2.3 Sondeo de mercado

El mayor competidor de Autokaross i Floby es Sala Brand (Sueco) seguido por Ziegler (Alemán) y cubiertas genéricas (EUA). Las últimas dos no siguen las mismas especificaciones como las soluciones suecas ya que en estos países no se tienen las mismas necesidades con respecto a las condiciones climáticas y las regulaciones ISO.

2.3.1 Solución de la marca Sala Brand

Sala Brand tiene un sistema llamado Sistema Sala que consiste de 13 categorías que incluyen: Cuerpo Sala-CL, Operación remota del equipo en el techo, Barandal automático de seguridad en el techo, Mantenimiento automático de presión, Dobles carretes de manguera a alta presión, entre otros. Los vehículos de bomberos están hechos de materiales anticorrosivos: aluminio, acero inoxidable y plástico. De acuerdo a su página de internet, para un mejor manejo los vehículos tienen suficiente peso para que el centro de gravedad se ubique cerca del suelo. Este

proyecto está interesado en analizar la Operación remota del equipo en el techo y el Barandal de seguridad automático en el techo (Sala Brand, 2016).

2.3.1.1 Operación remota del equipo en el techo

En el techo hay tres diferentes contenedores para la EE14, la EE6 y el pequeño bote de rescate, ver figura 2.4; son resistentes a la intemperie y forman un techo antideslizante para poder caminar. No hay especificaciones de qué condiciones climáticas resiste pero para propósitos de este proyecto se asume que resiste lo siguiente: nieve, granizo, lluvia, fuego, sal, corrosión y restos orgánicos. Este sistema tiene similitudes con los vehículos de bomberos de Autokaross i Floby. Como se puede ver en la figura 2.3; Sala Brand controla los contenedores a través de un monitor en la parte trasera del camión. La EE14 está colocada de manera similar que en la solución CCM. Es importante notar las consideraciones formales: proporción y simpleza de las formas.



Figura 2.3 Cubierta de la EE14 en operación



Figura 2.4 Cubierta en el techo para la EE14, EE6 y pequeño bote de rescate



Figura 2.5 Barandal de seguridad en el Sistema Sala

2.3.1.2 Barandal de seguridad automático en el techo

El techo también tiene un barandal auto mático cuando se activa bloquea las cubiertas para evitar una apertura no deseada, ver figura 2.5.

En general el Sistema Sala ofrece una solución compacta que tiene contribuciones formales que podrían ser utilizadas para la solución final.

2.3.2 Cubierta de escalera genérica

Se utiliza en vehículos de bomberos de EUA para evitar que la escalera se deslice/extienda, amortiguar cualquier impacto y asegurar su función, y dar un código visual de seguridad, ver figura 2.6. Las escaleras en estos camiones se encuentran en la parte lateral y la cubierta se ve desde la parte trasera/lateral. El código visual de seguridad se ofrece debido al posicionamiento de la escalera, ya que este sobresale ligeramente del cuerpo general del vehículo.



Figura 2.6 Solución genérica utilizada en EUA

Esta cubierta está hecha de una espuma de alta densidad recubierta por un vinil impermeable y resistente a altas temperaturas. Se utilizan colores brillantes como el amarillo, ya que éstos se identifican como codificación de colores de emergencia, junto con los símbolos fluorescentes para garantizar la visualización mientras el vehículo está en movimiento y/o trabaja en malas condiciones de luz.

Como se mencionaba antes, estas escaleras se colocan en la parte lateral del camión por lo que la cubierta no se deterioran tan rápido por las

condiciones climáticas durante su transporte; se asume que las escaleras no requieren de la misma protección, aunque la verdadera razón por su forma y dimensiones se desconoce.

La consideración más importante de esta cubierta para el proyecto es: el uso de códigos visuales como indicativos de emergencia para asegurar el uso adecuado por parte del usuario activo y del pasivo.

Esta caja está designada para ser instalada en el techo de un vehículo de bomberos. Es importante notar la versatilidad de la caja, su construcción, refuerzos, tipo de apertura y manipulación.

2.4 Soluciones de cubierta homólogas

Existen una serie de objetos que cumplen con necesidades similares a las de la EE14 respecto a protección contra el ambiente y/o factores climáticos. En este reporte se analizan estos homólogos que incluyen: contenedor Ziegler, gabinete para extintor, envase para una balsa de rescate, portaequipaje para techo de coche, techo convertible de coche y mecanismo para apertura del capó. Estas cubiertas fueron escogidas ya que comparten algunas de las características aislantes requeridas en este proyecto.

2.4.1 Contenedor para techo alemana de aluminio de la marca Ziegler

Este contenedor se utiliza para problemas no específicos como herramientas, mangueras, uniformes, etc. Consiste en una caja vacía alargada

de aluminio con una apertura inducida por bisagras de gas, ver figura 2.7. Las dimensiones de los contenedores dependen de las especificaciones del cliente, así que las pueden ser utilizados para cubrir una escalera si el usuario tiene esa necesidad específica.

Este contenedor puede ser instalado en el techo de un vehículo de bomberos. Es importante notar su versatilidad, su construcción, refuerzos, tipo de apertura y manipulación.



Figura 2.7 Ziegler Caja de aluminio alargada para techo

2.4.2 Gabinete para extintor

Construido de diversos materiales, plástico, metal recubierto por pintura electrostática, este tipo de cubierta ofrece una visibilidad de 180° del extintor. Puede incorporar diferentes tipos de puertas de acceso como: puerta de una bisagra, puerta giratoria o cubierta de vidrio templado. Esta solución de cubierta combina una protección funcional, acceso, visión y consideraciones estéticas para el propósito funcional de un extintor. En espacios públicos los extintores también tienen que resolver un factor de vandalismo o de mal uso. Los gabinetes suelen tener un vidrio que debe ser quebrado para poder acceder al extintor. Una vez roto, si no hay fuego presente, éste emite una alarma que no puede ser desactivada sin una llave que alerta a las personas correspondientes que éste ha sido operado por alguien no autorizado. Esto también alerta a mantenimiento para que revisen el extintor y apliquen el cambio o recarga correspondiente.

Como se puede observar en la figura 2.8, el gabinete es un prisma rectangular con tapa articulada por bisagras. La apertura es manual. El contenedor protege el extintor de factores ambientales y agentes externos que lo podrían perjudicar. También funciona

como un sistema antirrobo y para evitar vandalismo, por las razones explicadas anteriormente (EXCAB Inc., 2016).

Diferencias de esta cubierta con respecto a las necesidades específicas del proyecto son: la altura en la que el contenedor es operado y el tamaño; sin embargo se pueden aplicar las bisagras en distintas proporciones y los sistemas de alarma.

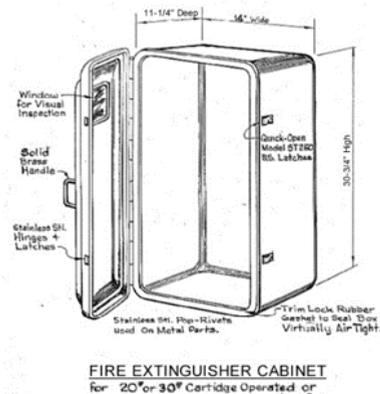


Figura 2.8 Gabinete de extintor

2.4.3 Envase para una balsa de rescate

Esta variación de cubierta tiene la intención de ser durable y fácil de manipular. Consiste de un barril hecho de fibra de vidrio con nervaduras diseñadas para aumentar la rigidez de la estructura, ver figura 2.9. Está diseñada para resistir una caída de hasta 36 metros, aunque existen otras que resisten una caída de 55 metros. La carcasa diseñada por VIKING tiene un sello hermético que protege la balsa del exterior.

Este tipo de envase resulta en una elemento sólido para que su manipulación sea más fácil y rápida, aún cuando las condiciones sean húmedas y/o resbalosas. El diseño traslapado es fácil de abrir y re-sellar durante el servicio.

Estos contenedores se fabrican dependiendo las necesidades de cada cliente en cuanto a requerimientos y sistemas de despliegue. Con 45 años de experiencia y una investigación en curso, la marca VIKING asegura que son los contenedores más resistentes del mercado (VIKING, 2016).

La carcasa se abre al accionarse la palanca de apertura. Esto se puede hacer de manera manual o automática; el Sistema Hidrostático de Lanzamiento

se activa si el bote se hunde, al abrirse lanza e infla la balsa de rescate. Una vez abierto es responsabilidad de la compañía re-ensavar la balsa y cerrar la carcasa para usarlo de nuevo.

Para este proyecto se debe resaltar el uso de fibra de vidrio, las enervaduras, las condiciones de uso así como el mantenimiento que se le da a la carcasa.



Figura 2.9 Envase para una balsa de rescate VIKING

2.4.4 Portaequipaje para techo de coche

Este artículo fue desarrollado para aumentar el espacio de guardado de equipaje en un coche, permitiendo que se coloque sobre el techo del automóvil dentro de un contenedor para exterior protegiéndolo de los factores ambientales. El acceso al portaequipaje se hace por el lateral del vehículo a una altura aproximada de 1.5 m a 2.5 m

En este portaequipaje la apertura funciona por dos barras laterales que sirven de ejes de giro y sostienen la tapa cuando está abierto, ver figura 2.10 (THULE, 2016).

Para la solución final se debe tomar en cuenta la altura en la que opera el portaequipaje para el techo, los ejes de rotación y las palancas de apoyo.

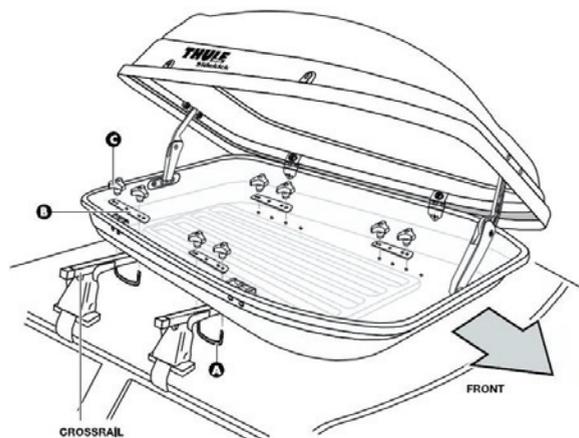


Figura 2.10 Portaequipaje para automovil THULE

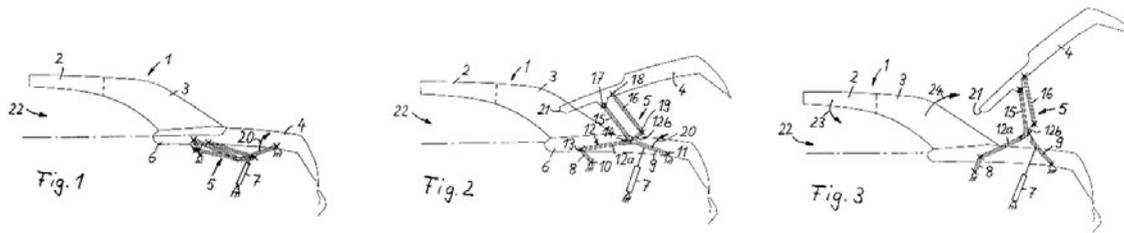


Figura 2.11 Diagrama de techo convertible de la US Patent No. US 6578899 B2

2.4.5. Techo convertible de coche

Un vehículo convertible incluye:

“Un techo que se puede mover entre una posición de cerrado, en la cual el techo cubre el espacio interior en un vehículo, y una posición de apertura, en la cual el techo es depositado en un compartimiento de almacenamiento detrás del compartimiento del pasajero del vehículo, que está cubierto por una tapa trasera, es provisto un mecanismo de operación para abrir y cerrar la tapa trasera que incluye brazos de pivote delantero y trasero montados al cuerpo del vehículo, un brazo de acoplamiento conectado a los brazos de pivote y al primer y segundo enlace, los cuales tienen una terminación pivotante conectada a la parte trasera de la tapadera y al primer enlace conectado con el otro extremo del brazo de acoplamiento mientras que el segundo enlace

forma una extensión al brazo pivotante trasero.” (US Patent No. US 6578899 B2, 2003)

Puede ser operado de manera manual o automática desde el exterior o interior del coche. El techo retráctil consiste en una cubierta rígida fija a una estructura articulada con un cierre hermético, ver figura 2.11. Las propiedades del material del techo deben ser resistentes a la intemperie y debe ofrecer una buena resistencia mecánica.

El sistema consta de varias estructuras rígidas que se colapsan y giran para poder reacomodarse en el interior de la cajuela. Para el proyecto es importante notar los puntos de giro, las proporciones entre piezas y elementos que conforman el mecanismo en su totalidad.

2.4.6 Mecanismo de apertura del capó

La solución estándar para mantener abierto el capó en un coche es usando una barra estabilizadora que lo sostiene en una posición y ángulo adecuados a fin de que el usuario tenga suficiente espacio para acceder al motor y otros componentes funcionales, ver figura 2.12. El mecanismo de cuatro barras

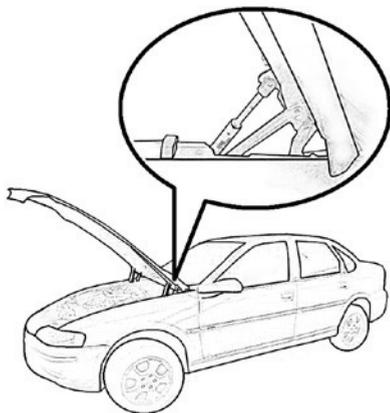


Figura 2.12 Apertura del capó

utilizado en el capó puede tener variaciones para formar configuraciones particulares como la de barras paralelas que se ve en la figura 2.13. En este caso la portezuela tiene resortes neumáticos para suavizar el movimiento. Este mecanismo puede ser adaptado para abrir en rotación, en paralelo o en otras modalidades.

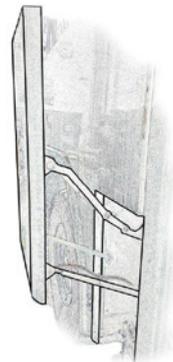


Figura 2.13 Barras paralelas con resortes neumáticos

03.

Los métodos elegidos para determinar las especificaciones fueron: Declaración de la intención de diseño [Design Intent Statement] (Cruedale, 2013) y Especificaciones de producto [Target Specifications] (Ulrich & Eppinger, 2008). Se utilizaron para identificar las necesidades del cliente a través de una métrica. Éstos se presentan al mismo nivel de detalle para una comparación significativa y una selección imparcial. En la Matriz de puntuación se utilizarán ambos métodos como referencia, ver Capítulo 6.2 en adelante.

ESPECIFICACIONES

- 3.1. Declaración de la intención de diseño [Design Intent Statement]
- 3.2. Borrador de tabla de especificaciones [Targen Specifications]
- 3.3. Árbol de objetivos [Objectives Tree]

3.1 Declaración de la intención de diseño

Este método fue escogido para asegurar una guía concreta en el proceso de desarrollo de diseño. “Es una declaración que contiene los objetivos creativos del diseño sin describir la solución de diseño final” (Cruedale, 2013). La declaración resulta de plantear el problema de una manera clara y sin ambigüedades para así entender los límites y alcances del proyecto; las respuestas se convertirán en criterios métricos. Preguntas pre-establecidas fueron llevadas a la compañía en forma de una entrevista; el equipo de trabajo contestó estas preguntas y de ahí se determinaron con precisión los requerimientos generales y las metas:

1. *¿El problema es claro?*

Proteger la escalera de los factores ambientales y que sea de fácil acceso.

2. *¿Los objetivos son claros?*

Considerar diferentes conceptos para proteger la escalera.

Considerar diferentes conceptos para acceder a la escalera.

Adaptar el diseño al proceso de manufactura.

Hacer una estimación del costo total.

3. *¿La intención de diseño fue acordada por todos los interesados?*

Comunicación entre la compañía y el equipo de diseño.

4. *¿Cuáles son las restricciones?*

Precio, espacio, materiales, factores externos (materia orgánica, clima, etc.), ergonomía, posición de la escalera (altura, obstáculos volumétricos, peso, acceso).

5. *¿Qué presunciones han sido verificadas?*

La escalera está a 2.5 m de altura y debe cubrirse.

El usuario solo puede acceder a la escalera por la parte trasera del camión,

Existen dos cubiertas previas que deben considerarse.

Se asume que la nueva solución será mejor que las cubiertas anteriores.

Puede utilizarse el material que ofrecen los proveedores a precios preferenciales, para lograr un bajo costo.

6. *¿Cuáles son los riesgos?*

Tiempo, alto costo, no funcional, no ergonómica y difícil de operar.

7. *¿Cuáles son los objetivos de negocio?*

Ser eficiente en costo para que el cliente pueda ganar en concursos.

8. *¿Cuáles son los objetivos del usuario?*

Ser fácil de utilizar a nivel del piso.

9. ¿Cuáles son los objetivos ambientales?

No dañar al medio ambiente durante su producción y asegurar una vida útil de por lo menos 20 años.

10. ¿Cuáles son los objetivos en cuanto a tecnología?

Usar las tecnologías disponibles para la compañía así como la tecnología de los proveedores.

La conclusión de este método es la clarificación del problema, los factores que intervienen y las consideraciones que guiarán la solución hacia un resultado satisfactorio. Estas consideraciones deben ser evaluadas de manera cuantificable por lo que Especificaciones de Producto fue utilizado como siguiente método.

3.2. Borrador de tabla de especificaciones

Para generar esta tabla se utilizó como referencia el método de Especificaciones de Producto [Target Specifications] (Ulrich & Eppinger, 2008); busca explicar de manera precisa lo que tiene que hacer el producto. Los criterios utilizados para esta tabla resultaron de las respuestas del capítulo anterior.

Están categorizados en cuatro grupos que están organizados en orden de importancia (de acuerdo a los requerimientos iniciales de la compañía). La solución final debe cumplir con las siguientes demandas:

Tabla 3.1 Borrador de tabla de especificaciones

Métrica	Valor
Función (proteger la escalera)	
Restricción de movimiento	$R \leq 3 \text{ cm}$
No. de pasos desde la inmovilización hasta la secuencia de activación	$\text{Pasos} \leq 3$
Aislamiento de los elementos externos	$3 \text{ IP (Approved American National Standard, 2004)}v$
Mecanismos de bloqueo	1
Dimensiones	$4793 \times 850 \times 481 < D < 4893 \times 900 \times 600 \text{ mm}$
Uso	
Tiempo de acceso	$t \leq 3 \text{ segundos}$
Nivel de alcance	<i>Nivel del piso (Swedish Standard Institute, 2009)</i>
Uso claro de la solución	<i>Visibilidad a un metro en cualquier clima (Swedish Standard Institute, 2009)</i>
Durabilidad de la solución	$t > 20 \text{ años}$
No. de subtareas	$5 \text{ a } 10 \text{ subtareas}$

Tiempo de operación	<i>t ≤ 10 segundos (si el tiempo de apertura de la cubierta y el despliegue de la escalera son simultáneos el tiempo se considera de 0)</i>
Uso del sistema eléctrico de la EE14	<i>Sí</i>
Producción	
No. de piezas	<i>1 a 25 piezas</i>
Tiempo de ensamblado	<i>t < 15 horas</i>
Bajo costo	<i>precio ≤ 8000 SEK</i>
No. de materiales	<i>1 a 3 materiales</i>
Estética	
Considerar atributos formales del vehículo	<i>Decisión externa (subjetivo)</i>
Solución compacta	<i>0 ≤ P ≤ 32% de espacio sin utilizar (la CCM es utilizada como referencia para este porcentaje)</i>

Durante la elaboración de la Tabla de Especificaciones se hizo aparente que había que incluir otro Método de Diseño para determinar más claramente las demandas y los deseos de la compañía. Esto condujo a la inclusión del método Árbol de Objetivos.

3.3. Árbol de objetivos

El propósito del Árbol de objetivos (Cross, 2008) es definir y determinar los objetivos específicos del proyecto con la intención de explorar el problema. El método fue llevado a cabo y los resultados se muestran en la figura 3.2. Estos resultados se presentan en un mapa conceptual que jerarquiza objetivos desde lo general a lo particular. Los conceptos nacieron del brief de diseño, de la comunicación con la compañía en cuestión, de la Declaración de la intención de diseño y de la Evaluación de mercado.

El resultado del Árbol de objetivos fue la clarificación de las demandas y deseos específicos de la compañía que incluyen la Protección, el Acceso, la Producción y la Estética de la solución final. Con la ayuda del Árbol de objetivos, la Tabla de Especificaciones fue completada y utilizada para el capítulo 6.2 Matriz de puntuación.

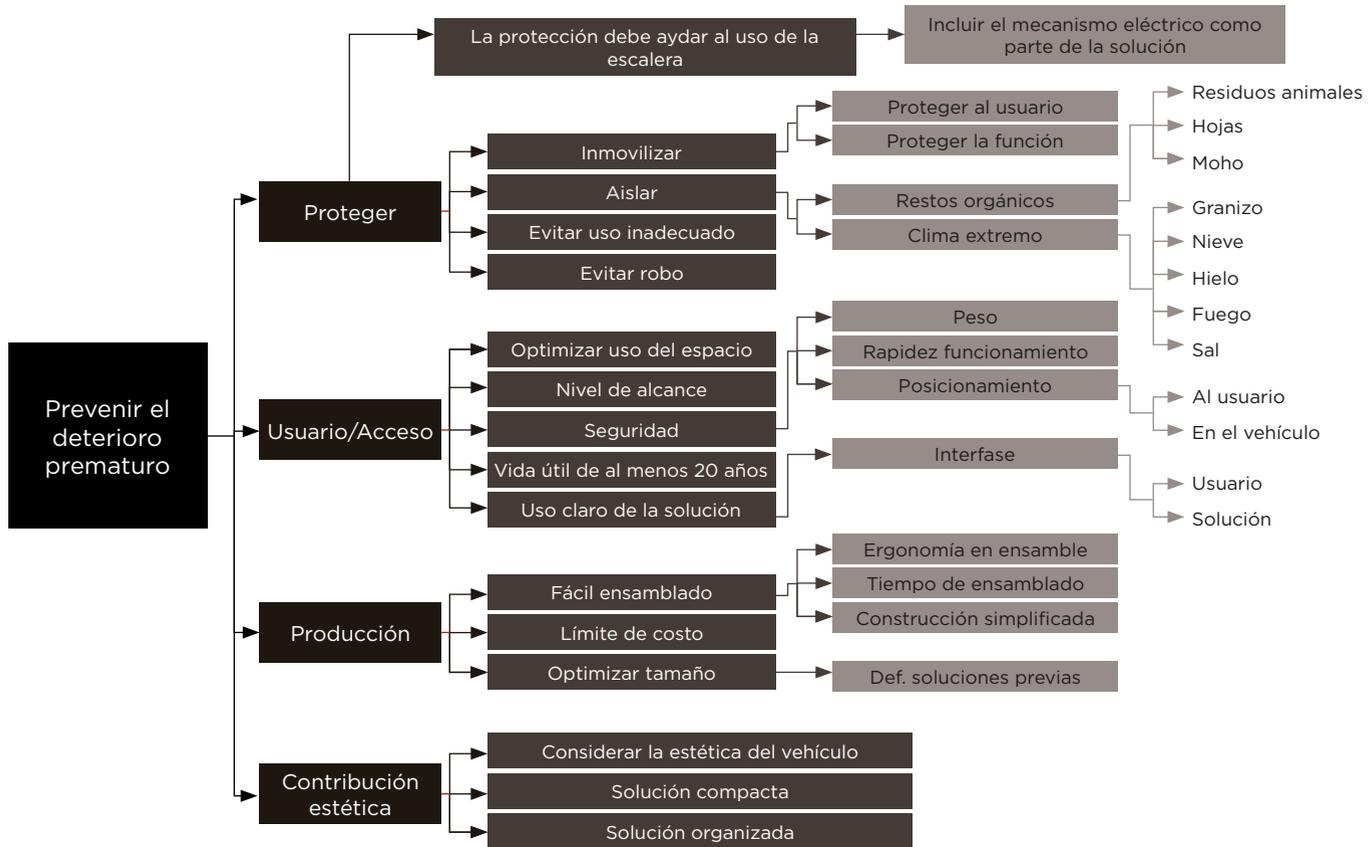


Figura 3.1 Árbol de objetivos

04.

Fijar los objetivos del proyecto resultó en algunas ideas por parte del equipo de diseño. Estas ideas fueron desarrolladas en bocetos, referidos en este reporte como 4.1 Acercamiento al problema; las ideas no unían los distintos objetivos, sino que se enfocaban en objetivos individuales. Los bocetos no tenían un orden ni un propósito por lo que el equipo de diseño decidió seguir un método de diseño para generar y combinar conceptos. Los objetivos fueron representados con el método de Lotus Blossom y se generaron 95 conceptos que fueron evaluados y combinados en el Capítulo 5.

GENERACIÓN DE CONCEPTOS

- 4.1. Acercamiento al problema
- 4.2. Lotus Blossom

4.1. Acercamiento al problema

Las ideas desarrolladas en esta etapa del proyecto fueron soluciones conceptuales resultado del Capítulo 3.3 Árbol de objetivos. La generación de ideas no siguió un método de diseño, lo cual resultó en conceptos arbitrarios que resolvían ambos objetivos, generales y específicos. Algunas de estas ideas fueron después clasificadas durante 4.2 Lotus Blossom. Los siguientes tres conceptos mostrados fueron seleccionados porque resolvían un mayor número de objetivos y con la única finalidad de documentar estos conceptos para guiar el trabajo siguiente.

La preocupación principal en este punto era buscar diferentes tipos de apertura que involucraran diferentes secciones y formas que involucraran de manera más efectiva la volumetría de la EE14. Además, el cilindro y el prisma rectangular ofrecían un mayor número de posibilidades más amplio. Éstos pertenecen al primer set de soluciones alternativas que fueron consideradas.

Las figuras 4.1 y 4.2 muestran el concepto uno, que consiste en una cubierta con dos secciones deslizantes. Al contrastar los elementos del concepto con la tabla de especificaciones del capítulo anterior, había un gran probabilidad que

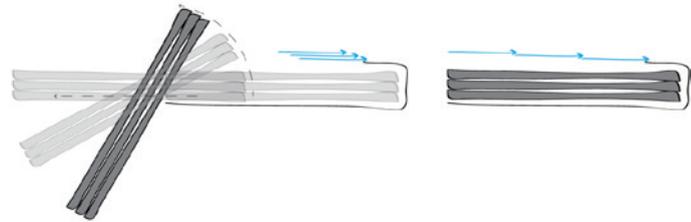


Figura 4.1 Diagrama: Concepto inicial 1

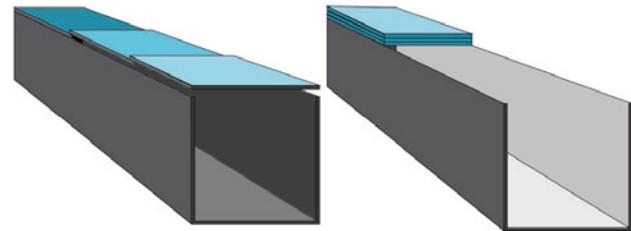


Figura 4.2 Perspectiva: Concepto inicial 1

los mecanismos fallaran por causa de obstrucciones. Estas secciones son apilables y si hubiera algún escombros el mecanismo habría encontrado problemas.

El segundo concepto explora secciones que se pliegan, ver figura 4.3 y 4.4. El principal problema

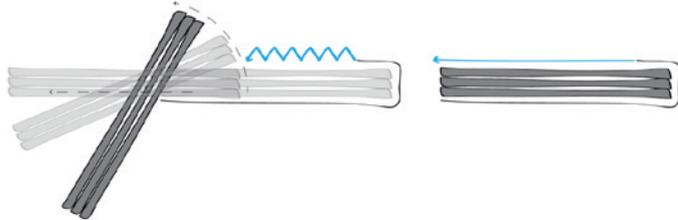


Figura 4.3 Diagrama: Concepto inicial 2

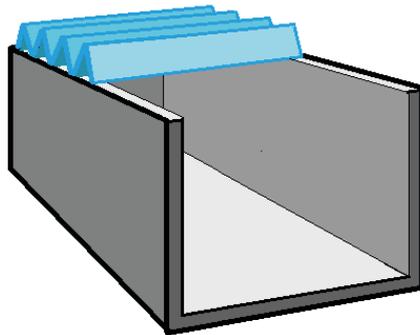


Figura 4.4 Perspectiva: Concepto inicial 2

de la solución es el alto número de articulaciones que podrían fallar, arriesgando una posible falla en el mecanismo; con el fin de prevenir algún error, se debería tener un mantenimiento constante, incrementando el costo y afectando la vida útil definida en la tabla de especificaciones.

El tercer concepto se ilustra en la figura 4.5. Este caso adopta una forma cilíndrica con secciones circulares. Estas secciones se deslizan permitiendo así que la EE14 se despliegue sin restricciones verticales. Debido a que la escalera es un objeto rectangular, este tercer concepto probó ser ineficiente con respecto al intervalo de dimensiones establecido en la tabla de especificaciones. El espacio de uso del círculo fue reducido solo a la mitad, significando que las dimensiones generales excederían las del intervalo

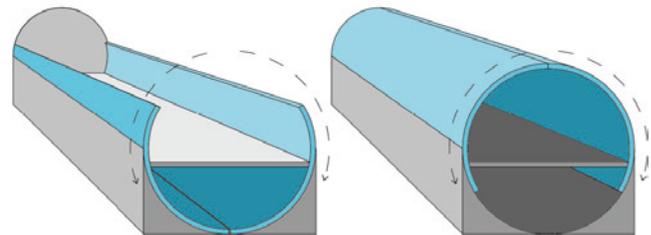


Figura 4.5 Perspectiva: Concepto inicial 3

preestablecido.

El acercamiento inicial resultó en ideas inconclusas que serían mejoradas más adelante al aplicar técnicas de creatividad y un método de diseño que se adaptara a las necesidades del equipo de diseño. Lotus Blossom fue seleccionado como el siguiente método, ya que consiste en tener 8 conceptos iniciales que se desarrollan para tener una gama más amplia.

4.2. Lotus Blossom

El método de Lotus Blossom (Cruedale, 2013) fue utilizado para generar nuevos conceptos y conseguir nuevas configuraciones. Este método expresa el problema como se interpreta en el Árbol de objetivos: Prevenir el deterioro prematuro de la escalera; de éste nacen ocho conceptos que forman incluyen ramas del Árbol de objetivos como: Protección, Acceso, Producción y Estética. Después, estas ideas fueron evaluadas y configuradas en soluciones concretas.

Como se mencionó anteriormente, ocho categorías nacen como referencia del Árbol de objetivos, los cuales fueron escritos de tal manera que fomentaran soluciones creativas concretas y no conceptos abstractos:

- Aislamiento
- Uso auxiliar de la escalera (Motor Eléctrico)
- Ensamble optimizado
- Durabilidad
- Optimización del espacio
- Inmovilización
- Mal uso

Cada concepto generó más de ocho ideas que dieron un gran total de 95, ver figura 4.6.

La aportación de utilizar este método fue la gran variedad conceptual que se obtuvo de cada categoría, lo cual dio una muchas alternativas específicas; esto se debió a que la relación entre conceptos no restringía el proceso de generación de ideas. El resultado fue elementos individuales dirigidos a resolver tareas específicas; ejemplos de esto: módulos, soldadura, secuencias de doble acción, apertura/cerrado simultáneo, estructuras colapsables, etc.

Hacer distintas configuraciones de las categorías no aseguraba que las ideas fueran a funcionar por lo que el equipo buscó una manera de comparar y determinar su compatibilidad.

Todas las ideas se evaluaron para determinar que tan factible era usarlas en las propuestas.



Figura 4.6 Lotus Blossom

05.

Las 95 ideas del Lotus Blossom fueron evaluadas en un C-Box (Cruedale, 2013) para discernir cuáles eran las mejores con respecto a dos consideraciones: fácil de utilizar y protección adecuada. Se realizaron unos bocetos que exploraran distintas configuraciones para después ser fabricados en Modelos funcionales [Low Fidelity Prototyping]. Finalmente estos modelos se mostraron a la compañía y se aplicó la metodología de Decisión externa.

DELIMITACIÓN DE CONCEPTOS A DESARROLLAR

5.1. C-Box

5.2. Bocetos

5.3. Modelos funcionales [Low Fidelity
Prototyping]

5.4. Decisión externa

5.1 C-Box

C-Box (Cruedale, 2013) fue considerado el mejor método para comparar y evaluar las 95 ideas del Lotus Blossom. Este método fue utilizado para encontrar ideas que pertenecieran en la categoría “Fácil de usar” (interpretado desde el punto de vista de ambos, usuario y fabricante; en términos generales contempla tiempo, pasos, esfuerzo, ergonomía, conocimiento del usuario, etc.) y “Protección adecuada”(considera todos los criterios específicos de la rama de Protección mencionada en el Árbol de objetivos) que fueron elegidas desde los Objetivos y la Meta así como el Árbol de Objetivos, ver figura 5.1.

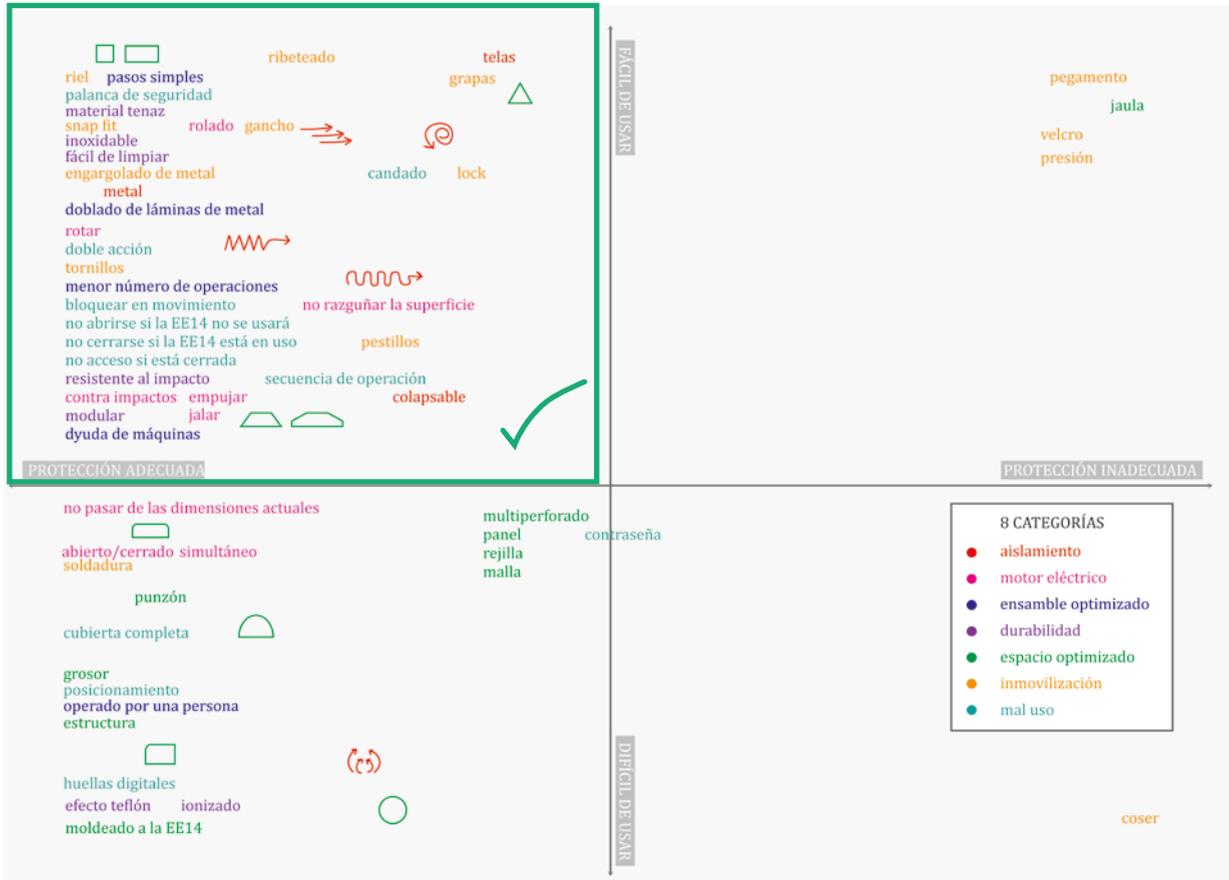


Figura 5.1 CBox

5.2. Bocetos

resultados de la C-Box, ver figura 5.2, para generar nuevas configuraciones con las cuales trabajar. Los bocetos incorporan los conceptos que pertenecen al cuadrante superior de la C-Box, ver figura 5.1, en distintas propuestas.

Se hicieron algunos bocetos tras obtener los

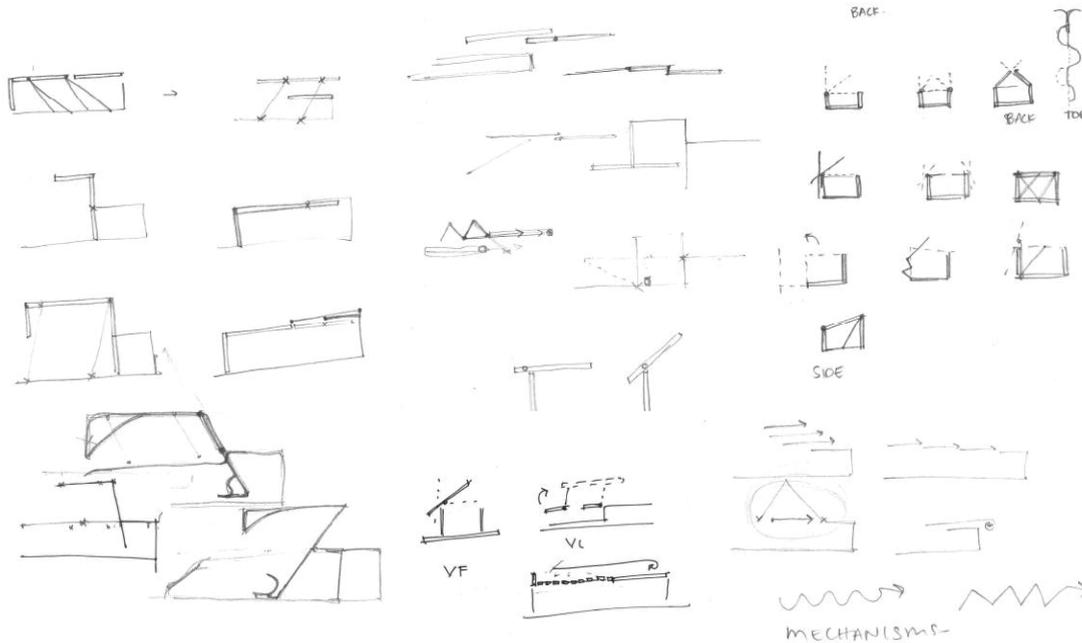


Figura 5.2 Bocetos de generación de conceptos

5.3. Modelos funcionales

Los bocetos fueron evaluados por el equipo de diseño y representados en Modelos funcionales (Cruedale, 2013) con la intención de fabricar estos conceptos. Tres configuraciones fueron desarrolladas siguiendo este método y evaluadas con ayuda de la compañía. Los resultados de los modelos se pueden ver en las figuras 5.3, 5.4, 5.5.



Figura 5.3 Modelo 1

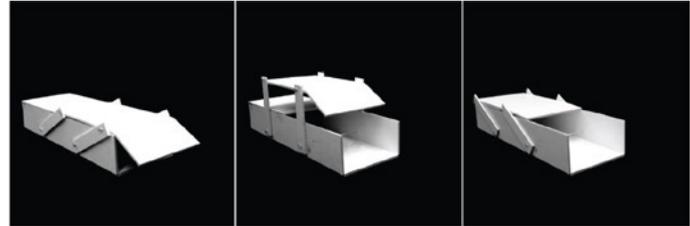


Figura 5.4 Modelo 2

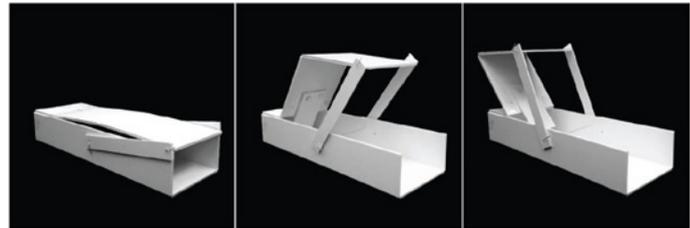


Figura 5.3 Modelo 1

5.4. Decisión externa

Este método es una forma de evaluación para saber la opinión de un participante externo al equipo de diseño acerca del proceso hasta ese momento (Ulrich & Eppinger, 2008). Los tres modelos fueron mostrados a la compañía para tener cierta perspectiva del trabajo hecho. Se discutieron aportaciones importantes con la compañía con respecto a las posibles soluciones, así como algunas aclaraciones e información faltante:

- Debe haber 200 mm de distancia entre la cubierta y la escalera al momento de desplegarla
 - La EE14 no está fija al medio, también se puede colocar en los laterales del techo. Depende de las necesidades del cliente
 - La secuencia de apertura ya está establecida y no se necesita intervenir en ella. La principal preocupación del proyecto debe ser resolver cómo abrir la cubierta desde el nivel del suelo.
 - Los requerimientos del equipo eléctrico y los candados, áreas para caminar, y otros siguen la regulación encontrada en SVENSK STANDARD SS-

EN 1846-2:2009 (Swedish Standard Institute, 2009). Hay referencia de dimensiones, posicionamiento, ángulos, etc.

- El material de la cubierta debe ser



Figura 5.6 Control remoto

preferentemente no conductible y se recomienda utilizar plástico. Fibra de vidrio también es una opción pero elevaría el costo de sobremanera.

- El tiempo para la apertura de la cubierta será de máximo 10 segundos antes de que se opere la escalera. Si la apertura de la cubierta y el despliegue de la escalera es simultáneo, el tiempo debe ser considerado de 0 segundos.

- No se han documentado pruebas ergonómicas de las otras soluciones. La CCM fue desarrollada hace un largo tiempo y lleva en operación muchos años. Los trabajadores de la compañía nos dieron su retroalimentación durante las visitas a la planta. El CPA es activado por control remoto, ver figura 5.6

Hay una transcripción de los puntos mencionados anteriormente en el Apéndice C.

06.

El resultado de la evaluación hecha por la compañía fue la implementación de los mecanismos que ayudarían al movimiento de la cubierta en los siguientes modelos. Los modelos 2 y 3 fueron combinados para operar como un mecanismo de 4 barras paralelas (1. Barras paralelas). El modelo 1 fue modificado de una a dos particiones en la cubierta, ayudada por una polea con dos ejes (2. Polea) y un tornillo sin fin (3. Tornillo sin fin). Estas tres propuestas fueron analizadas y evaluadas a través de una Matriz de puntuación y presentadas a la compañía para aplicar el método de Decisión externa y de esta manera seleccionar la mejor opción. Esta selección resultó en cuatro propuestas con más detalle que fueron evaluadas por otra Matriz de puntuación la cual determinaría la solución final y sus detalles. Este capítulo explora la adición de mecanismos, cómo funcionan, su intervalo de movimiento, las dimensiones y los características cinemáticas, para poder seleccionar los elementos más adecuados.

PROPUESTAS Y EVALUACIÓN

- 6.1 Desarrollo de tres propuestas
 - 6.1.1 Propuesta 1- Barras paralelas
 - 6.1.2. Propuesta 2- Polea
 - 6.1.3. Propuesta 3- Tornillo sin fin
- 6.2 Matriz de puntuación [Concept Scoring Matriz]
 - 6.2.1. Borrador de matriz de puntuación
 - 6.2.2. Resultados y selección
- 6.3 Decisión externa
- 6.4 Matriz de puntuación
 - 6.4.1. Características de las propuestas
 - 6.4.2. Matriz de puntuación final
 - 6.4.3. Resultados de la matriz
- 6.5 Árbol conceptual
- 6.6 Decisión externa

6.1 Desarrollo de tres propuestas

Las recomendaciones de la compañía resultaron en el desarrollo de tres propuestas distintas que consisten en Barras paralelas, Polea y Tornillo sin fin. Estos mecanismos fueron aplicados en diferentes configuraciones y analizados a través de esquemas para comprender cómo funcionan. Después se analizó el número de partes, materiales, fricción, el cumplimiento de las especificaciones, etc.

6.1.1 Propuesta 1- Barras paralelas

Esta configuración consta de una precarga que tiende a abrir la cubierta. La apertura es casi completamente dependiente del móvil de la escalera que se controla a través del motor eléctrico. La secuencia de apertura consiste en, ver figura 6.1: (1) Abrir la tapa colocada en la parte trasera del camión a través de una cerradura eléctrica unida a la tapa (la tapa rota hacia arriba), (2) El motor eléctrico

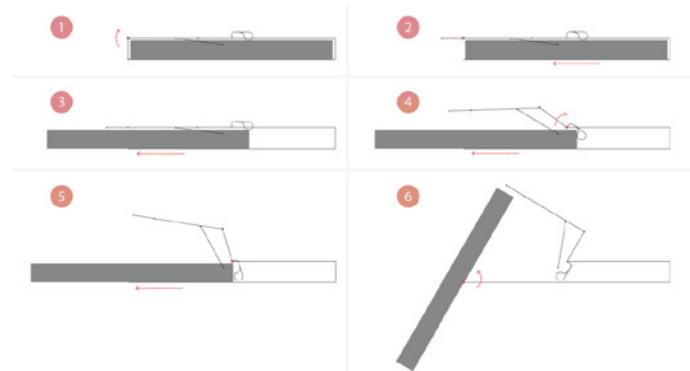
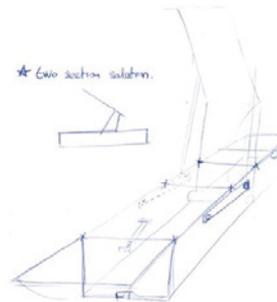


Figura 6.1 Propuesta 1 Barras paralelas



- Box
 - 2x panels of [redacted] (side panels)
 - 1x panel of [redacted] (bottom)
 - 1x panel of [redacted] (Exp. front cut)
- Lid
 - 1x panel of [redacted] (cross-section in view)
 - 1x panel of [redacted] (section 1)
 - 2x panel of [redacted] (front lid) & (front back)
 - 2x triangular axis ([redacted])
 - 2x pivot bars (front lid and top lid).
 - 1x electric lock
 - 2x balance poles ([redacted] mm) Rectangular section.
 - 4x locking rotation movement parts [redacted]
 - 2x wheels for low inner end of lid. panel of [redacted]

Figura 6.2 Esquema de componentes para la Propuesta 1

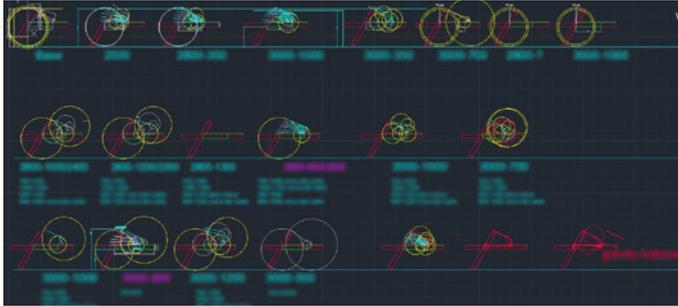


Figura 6.3 Esquemas de dimensiones del Barras paralelas e intervalo de movimiento

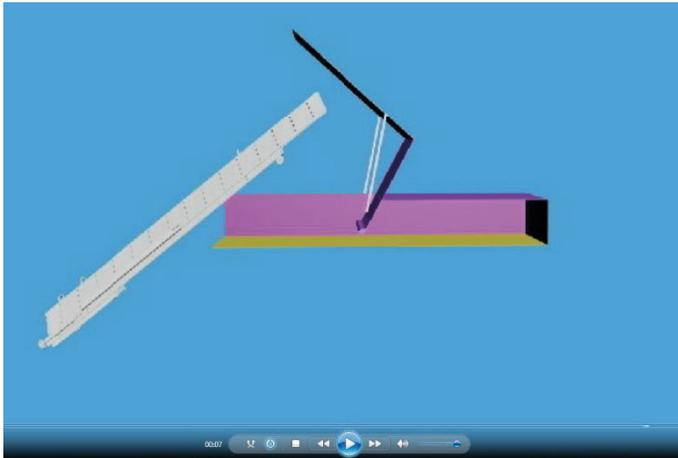


Figura 6.4 Imagen estática del video del Barras paralelas

empuja el móvil hacia afuera de la cubierta, (3) El móvil guía la palanca de compresión, (4) La palanca se comienza a desplegar, (5) El móvil alcanza su posición máxima horizontal y (6) El móvil rota 60° y como consecuencia la cubierta alcanza su posición máxima de apertura. La apertura se lleva a cabo al mismo tiempo que se extrae la escalera, por lo tanto el tiempo de operación se considera cero.

La propuesta fue analizada para identificar los elementos así como sus dimensiones, ver figura 6.2. Se hicieron algunos análisis geométricos para determinar cuáles eran las dimensiones óptimas para que la propuesta funcione, así como el intervalo de movimiento de cada ambos, EE14 y cubierta, ver figura 6.3. La idea fue modelada en 3D y se realizaron unos videos esquemáticos, ver figura 6.4.

6.1.2 Propuesta 2- Polea

Esta configuración consiste en un sistema de cubierta que se pliega operado por una polea que se mueve gracias al motor eléctrico. La cubierta está dividida en tres secciones idénticas que se pliegan para adquirir una estructura triangular al final del procedimiento. La primera sección está conectada a

la polea que corre a los laterales de la caja principal de la cubierta. La secuencia de operación consiste en, ver figura 6.5: (1) Abrir la tapa colocada en la parte trasera del camión a través de una cerradura eléctrica unida a la tapa (la tapa rota hacia abajo), (2) El motor eléctrico empuja el móvil hacia afuera de la cubierta, (3) El móvil jala la polea que está unida a ambos, cubierta y móvil, (4) La cubierta se pliega, (5) El móvil alcanza su movimiento horizontal máximo y la cubierta se pliega por completo y (6) El móvil rota 60° soltando la unión que tiene con la polea y dejandola en posición preparada para recibir/unirse al móvil una vez más.

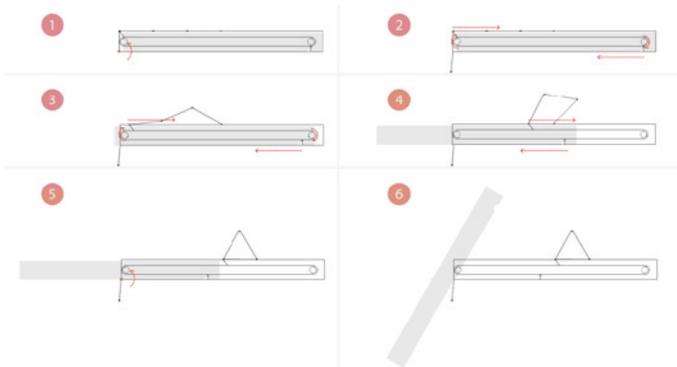


Figura 6.5 Propuesta 2 Polea

La propuesta de Polea fue analizado parte por parte para tener un mejor entendimiento de la complejidad de éste, ver figura 6.6 (color azul y rojo; el azul y verde pertenece a la Propuesta 3. Tornillo sin fin). Se realizó una investigación y una discusión acerca de los posibles materiales para la cadena y los elementos que conectan la cubierta y la tapa. El intervalo de movimiento fue analizado en un video hecho a través de un modelado 3D, ver figura 6.7.

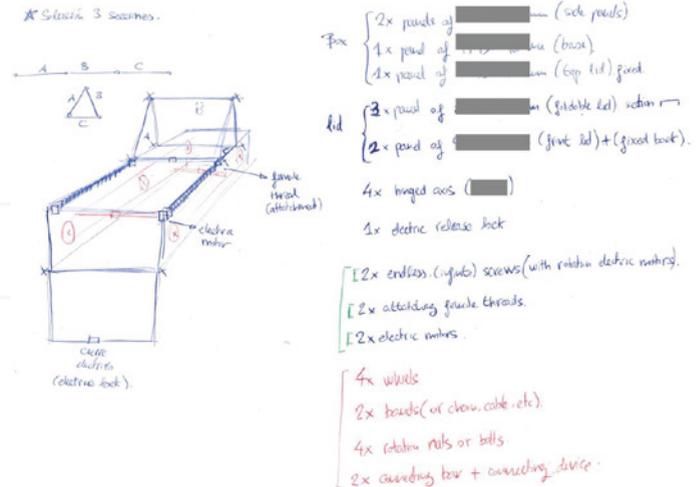


Figura 6.6 Esquemas de componentes para la Propuesta 2 (azul y rojo), Propuesta 3 (azul y verde)

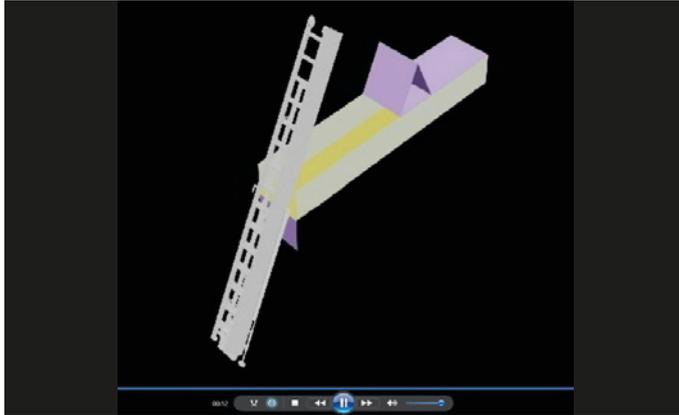


Figura 6.7 Video de la Propuesta 2Polea

6.1.3 Propuesta 3- Tornillo sin fin

Esta opción consiste en una cubierta plegable impulsada por un tornillo sin fin controlado por un motor eléctrico diferente al de la EE14 localizado en una pared interior de la caja de la cubierta. La cubierta también está dividida en tres secciones idénticas que se pliegan para formar una estructura triangular al final del procedimiento. El tornillo sin fin guía la secuencia de apertura al estar conectada con la primera sección de la cubierta. El tornillo sin fin está instalado al interior de la caja de la cubierta,

paralelo al movimiento del móvil.

La secuencia de apertura consiste en, ver figura 6.8: (1) Abrir la tapa colocada en la parte trasera del camión a través de una cerradura eléctrica unida a la tapa (la tapa rota hacia abajo), (2) El segundo motor eléctrico comienza a rotar el tornillo sin fin que desliza la cubierta, (3) La cubierta se pliega hasta su posición máxima sobre el tornillo sin fin, (4) Una vez que la cubierta está abierta se opera el primer motor eléctrico que empuja el móvil hacia afuera, (5) El móvil alcanza su posición horizontal máxima y (6) El móvil rota 60°.

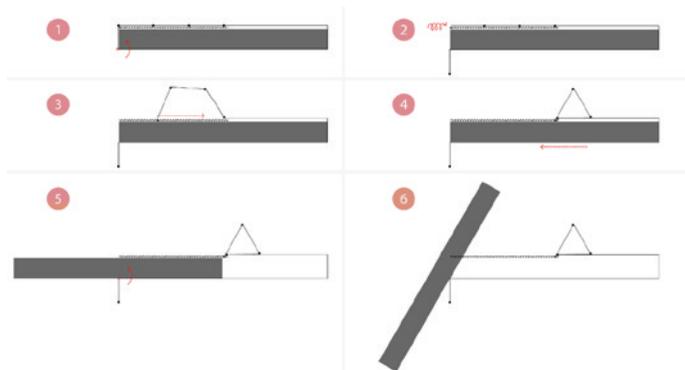


Figura 6.8 Propuesta 3 Tornillo

Los componentes de la propuesta de Tornillo sin fin están enlistados en los esquemas de la figura 6.6 (colores azul y verde).

6.2 Matriz de puntuación

El método de diseño utilizado en esta etapa del proyecto es Matriz de puntuación de conceptos [Concept Scoring Matrix] (Ulrich & Eppinger, 2008) porque traduce las demandas y deseos en requerimientos específicos cuantificables [inputs] mientras que al mismo tiempo evalúa distintos conceptos entre sí. Las métricas y los valores deben ser tan objetivos como sea posible, por ejemplo: en una forma de evaluación cuantitativa, y para los criterios subjetivos se recomienda hacer uso de opiniones externas; por ejemplo: compañía y supervisor. Es importante tener en mente que la puntuación es relativa a los objetivos que se establecieron en la Tabla de especificaciones del Capítulo 3. Después de ciertas modificaciones la tabla resultó como se muestra en la siguiente página:

Tabla 6.1 Tabla de especificaciones para la Matriz de puntuación de conceptos

Demanda/ Deseo	No.	Métrica	Valor
Función (Proteger la escalera)			
Demanda	1	Restricción de movimiento	$R \leq 3 \text{ cm}$
Deseo	2	No. de pasos desde la inmovilización hasta la secuencia de activación	$\text{Pasos} \leq 3$
Demanda	2	Aislamiento de los elementos externos	3 IP (Approved American National Standard, 2004)
Demanda	6	Mecanismos de bloqueo	1
Deseo	6	Mecanismos externos	No más de 3
Demanda	1	Dimensiones	$4793 \times 850 \times 481 < D < 4893 \times 900 \times 600 \text{ mm}$
Uso			
Deseo	1	Tiempo de acceso	$t \leq 3 \text{ segundos}$
Demanda	7	Nivel de alcance	Nivel del piso (Swedish Standard Institute, 2009)

Demanda	3	Uso claro de la solución	<i>Visibilidad a un metro en cualquier clima (Swedish Standard Institute, 2009)</i>
Deseo	4	Durabilidad de la solución	<i>t > 20 años</i>
Deseo	8	No. de subtareas	<i>5 a 10 subtareas</i>
Demanda	4	Tiempo de operación	<i>t ≤ 10 segundos (si el tiempo de apertura de la cubierta y el despliegue de la escalera son simultáneos el tiempo se considera de 0)</i>
Deseo	3	Uso del sistema eléctrico de la EE14	<i>Sí</i>
Producción			
Deseo	8	No. de piezas	<i>1 a 25 piezas</i>
Demanda	1	Tiempo de ensamblado	<i>t < 15 horas</i>
Demanda	1	Bajo costo	<i>precio ≤ 8000 SEK</i>
Deseo	5	Mecanismo standard comercial	<i>Ajustado/ Comercial</i>
Demanda	1	Componentes con incertidumbre a la falla	<i>No. de componentes</i>
Demanda	5	Eficiencia de reparación	<i>Sí/No</i>

Deseo	9	No. de materiales	<i>1 a 3 materiales</i>
Estética			
Deseo	10	Considerar atributos formales del vehículo	<i>Decisión externa (subjetivo)</i>
Demanda	1	Solución compacta	<i>0 ≤ P ≤ 32% de espacio sin utilizar (la CCM es utilizada como referencia para este porcentaje)</i>

Cada métrica fue clasificada como demanda o como deseo y después se le dio un número de importancia. Las demandas son los prerequisites que se deben cumplir para que se alcancen las Especificaciones de producto, ver tabla 6.2, mientras que los deseos son atributos de mejora que pueden aumentar el valor del

producto pero que no son cruciales, ver tabla 6.3.

La Matriz de puntuación de conceptos fue llevada a cabo dos veces durante el proyecto en una Etapa de borrador y para decidir el Concepto final .

Tabla 6.2 Demandas

No.	Métrica	Valor
1	<i>Restricción de movimiento</i>	$R \leq 3$ cm
1	<i>Dimensiones</i>	$4793 \times 850 \times 481 < D < 4893 \times 900 \times 600$ mm
1	<i>Tiempo de ensamblado</i>	$t < 15$ horas
1	<i>Bajo costo</i>	precio ≤ 8000 SEK
1	<i>Componentes con incertidumbre de falla</i>	No. de componentes
1	<i>Solución compacta</i>	$0 \leq P \leq 32\%$ de espacio sin utilizar (la CCM es utilizada como referencia para este porcentaje)
2	<i>Aislamiento de los elementos externos</i>	3 IP (Approved American National Standard, 2004)

3	<i>Uso claro de la solución</i>	Visibilidad a un metro en cualquier clima (Swedish Standard Institute, 2009)
4	<i>Tiempo de operación</i>	$t \leq 10$ segundos (si el tiempo de apertura de la cubierta y el despliegue de la escalera son simultáneos el tiempo se considera de 0)
5	<i>Eficiencia de reparación</i>	Sí/No
6	<i>Mecanismos de bloqueo</i>	1
7	<i>Nivel de alcance</i>	Nivel del piso (Swedish Standard Institute, 2009)

Tabla 6.3 Deseos

No.	Métrica	Valor
1	<i>Tiempo de acceso</i>	$t \leq 3$ segundos
2	<i>No. de pasos desde la inmovilización hasta la secuencia de activación</i>	Pasos ≤ 3
3	<i>Uso del sistema eléctrico de la EE14</i>	Sí
4	<i>Durabilidad de la solución</i>	$t > 20$ años
5	<i>Mecanismo standard comercial</i>	Ajustado/ Comercial
6	<i>Mecanismos externos</i>	No más de 3
7	<i>No. de subtareas</i>	5 a 10 subtareas
8	<i>No. de piezas</i>	1 a 25 piezas
9	<i>No. de materiales</i>	1 a 3 materiales
10	<i>Considerar atributos formales del vehículo</i>	Decisión externa (subjetivo)

6.2.1 Borrador de matriz de puntuación de concepto

Los tres conceptos fueron evaluados en un borrador para determinar la probabilidad de manufactura de cada una. Esta Matriz de puntuación fue definida como borrador ya que cierta información de la matriz es una aproximación de los datos existentes al momento de realizar el análisis; estas aproximaciones se evaluaron como Bajo-Medio-Alto. Las métricas del borrador fueron evaluadas por los participantes del proyecto, Isabel Acosta y Marco Aurelio Molbeck, el contacto con la compañía, Jörgen Andersson, y el supervisor Lennart Ljunberg.

La métrica utilizada para evaluar los conceptos se puede encontrar en el Capítulo 3.2 Tabla de Especificaciones y en el Capítulo 6.2 Matriz de puntuación.

Tabla 6.4 Borrador de matriz de puntuación- Demandas

Demandas			Propuesta 1- Barras paralelas	Propuesta 2- Polea	Propuesta 3- Tornillo sin fin
No.	Métrica	Valor			
1	Restricción de movimiento	$R \leq 3 \text{ cm}$	$R \leq 3 \text{ cm}$ 1	$R \leq 3 \text{ cm}$ 1	$R \leq 3 \text{ cm}$ 1
1	Dimensiones	$4793 \times 850 \times 481 < D < 4893 \times 900 \times 600 \text{ mm}$	$4793 \times 500 \times 900 \text{ mm}$ 0	$4793 \times 500 \times 900 \text{ mm}$ 0	$4793 \times 500 \times 900 \text{ mm}$ 0
1	Tiempo de ensablado	$t < 15 \text{ horas}$	Medio 0	Alto -1	Bajo 1
1	Bajo costo	precio $\leq 8000 \text{ SEK}$	Medio 0	Medio 0	Alto -1
1	Componentes con incertidumbre de falla	No. de componentes	Medio 0	Alto -1	Alto 1
1	Solución compacta	$0 \leq P \leq 32\%$ de espacio sin utilizar (la CCM es utilizada como referencia para este porcentaje)	10% 1	10% 1	32% -1

2	<i>Aislamiento de los elementos externos</i>	3 IP (Approved American National Standard, 2004)	<i>4IP</i> 1	<i>4IP</i> 1	<i>4IP</i> 1
3	<i>Uso claro de la solución</i>	Visibilidad a un metro en cualquier clima (Swedish Standard Institute, 2009)	<i>Sí</i> 1	<i>Sí</i> 1	<i>Sí</i> 1
4	<i>Tiempo de operación</i>	t≤10 segundos	<i>0</i> 1	<i>0</i> 1	<i><5</i> 1
5	<i>Eficiencia de reparación</i>	Sí/No	<i>Sí</i> 1	<i>No</i> 0	<i>Sí</i> 1
6	<i>Mecanismos de bloqueo</i>	1	<i>1</i> 0	<i>1</i> 0	<i>1</i> 0
7	<i>Nivel de alcance</i>	Nivel del piso (Swedish Standard Institute, 2009)	<i>Control remoto</i> 0	<i>Control remoto</i> 0	<i>Control remoto</i> 0
Total=			6	3	5

Tabla 6.5 Borrador de matriz de puntuación- Deseos

Deseos			Propuesta 1- Barras paralelas	Propuesta 2- Polea	Propuesta 3- Tornillo sin fin
No.	Métrica	Valor			
1	Tiempo de acceso	t≤3 segundos	1 0	1 0	1 0
2	No. de pasos desde la inmovilización hasta la secuencia de activación	Pasos ≤3	1 0	1 0	1 0
3	Uso del sistema eléctrico de la EE14	Sí	Sí 1	Sí 1	No -1
4	Durabilidad de la solución	t>20 años	10 0	5 -1	20 1
5	Mecanismo standard comercial	Ajustado/ Comercial	Comercial 1	Ajustado -1	Comercial 1
6	Mecanismos externos	No más de 3	0 0	0 0	1 0
7	No. de subtareas	5 a 10 subtareas	0 0	0 0	1 -1
8	No. de piezas	1 a 25 piezas	8 1	14 -1	9 1

9	<i>No. de materiales</i>	1 a 3 materiales	<i>Bajo</i> 1	<i>Alto</i> -1	<i>Medio</i> 0
10	<i>Considerar atributos formales del vehículo</i>	Decisión externa (subjetivo)	<i>Sí</i> 1	<i>Sí</i> 1	<i>Sí</i> 1
Total=			5	-2	2

6.2.2 Resultados y selección

La puntuación final de las tres propuestas es la siguiente:

Como se puede observar en la tabla 6.6 la Propuesta 1- Barras paralelas tiene la mayor puntuación. Esto se debe a que ésta no tiene valores negativos, ni en *Tabla 6.6 Resultados del borrador de matriz de puntuación*

	Propuesta 1- Barras paralelas	Propuesta 2- Polea	Propuesta 3- Tornillo sin fin
Total=	11	1	7

las demandas ni los deseos, lo cual la convierte en la mejor opción en general, pero puede mejorar en las métricas en las que su valor es cero. Es importante notar también que la Propuesta 3 ofrece un resultado prometedor que puede ser mejorado con las modificaciones apropiadas.

6.3 Decisión externa

Durante esta etapa hubo constante comunicación con Autokaross i Floby; hicieron comentarios importantes acerca de la Propuesta 1. Esta propuesta fue la base para desarrollar las soluciones finales que son analizadas en la Matriz de puntuación final. Algunas de las aportaciones más relevantes son:

- Combinar la CCM con la Propuesta 1 para obtener el menor costo y asegurar el funcionamiento.
- Retirar los mecanismos extras (agregarlos implicaría un aumento de 2800SEK al costo total).
- La escalera plegada tiene una altura máxima de 4625 mm y la mínima es de 4425 mm.
- Debe haber un radio de 200 mm de distancia entre la cubierta y la escalera al momento de desplegarla.
- La solución final no puede exceder el presupuesto de 8000SEK.

6.4 Matriz de puntuación- Solución final

La solución final es la combinación de la investigación y la estructura de la CCM. Ésta resultó ser la de menor costo y mejor solución, ya que combinar mecanismos ayudó a disminuir la altura de apertura y mejoró el funcionamiento de la cubierta, ambas características de interés para la empresa.

6.4.1 Características de las propuestas

Se hicieron distintas modificaciones con respecto al uso de mecanismos, medidas, consideraciones geométricas, etc. que concluyeron en cuatro propuestas.

6.4.1.1 Sistema de apertura de armario

Esta opción se basa en una cubierta seccionada en dos partes que asemeja a las puertas de un armario,

ver figura 6.9. Esta propuesta proviene de una idea previamente concebida en el Capítulo 5.2 Bocetos. Se propuso este concepto tan distinto en un punto avanzado del proyecto para ofrecer a la empresa más opciones de solución, y al mismo tiempo para asegurar que no se quedaran conceptos sin explorar.

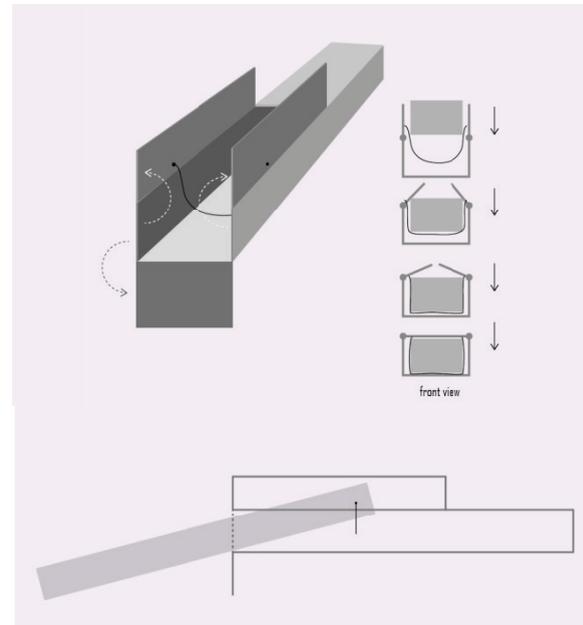


Figura 6.9 Propuesta de apertura de armario

Los beneficios de esta solución son minimizar la altura de operación y reducir componentes. Sin embargo, hubo una gran preocupación con la estabilidad del lateral de la cubierta; la fuerza del viento podría comprometer las articulaciones y el funcionamiento de la solución.

6.4.1.2 Cuerda elástica de amortiguación (Sistema pre-cargado)

Esta solución se basa en un sistema de pre-carga que tiende a abrir la cubierta con la ayuda de unas cuerdas elásticas, ver figura 6.11, unidas a ambas, cubierta y laterales de la caja, ver figura 6.10.

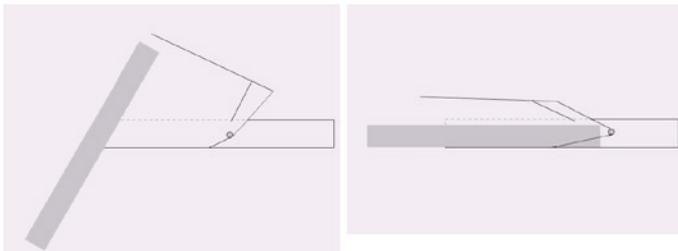


Figura 6.10 Solución con cuerdas elásticas de amortiguación



Figura 6.11 Cuerda elástica de amortiguación
www.perfprotech.com

6.4.1.3 Resortes neumáticos (Sistema pre-cargado)

Esta solución se basa en un sistema de pre-carga que tienda a abrir la cubierta con la ayuda de resortes neumáticos, ver figura 6.13, unidas a la tapa frontal y a la trasera fija a la caja, ver figura 6.6. Es similar a la Solución con cuerda elástica de amortiguación, la diferencia es la dirección que lleva el sistema de pre-carga y la utilización de la amortiguación neumática.

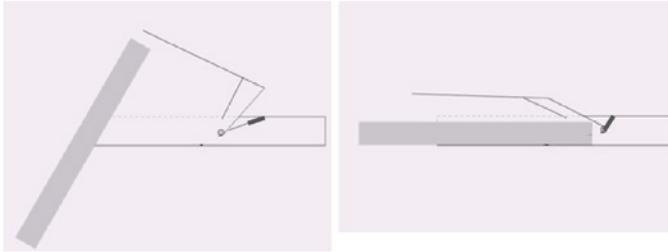


Figura 6.12 Solución con resortes neumáticos

6.4.1.4 Cierre inducido por gravedad (Barras paralelas)

Esta cubierta depende enteramente de la gravedad para cerrar y del móvil para abrir, ver figura 6.7. Las medidas fueron adaptadas para asegurar que la operación corriera suavemente. Puede haber elementos adicionales que aseguren el cierre como resortes de torque, ruedas o polea manual.

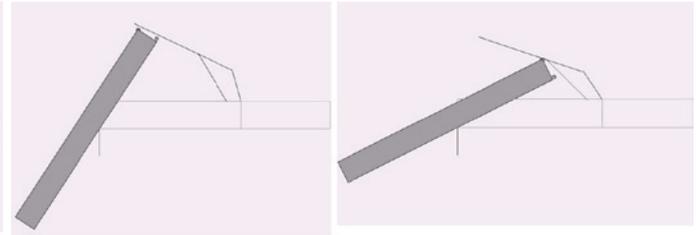


Figura 6.14 Cierre inducida por gravedad



Figura 6.13 Resorte neumático

6.4.2 Matriz de puntuación final

Los cuatro conceptos fueron evaluados a través de una Matriz de puntuación conceptual:

Tabla 6.7 Matriz de puntuación de demandas: Solución final

Demandas			Mecanismo de armario		Cuerdas elásticas de amortiguación		Resorte neumático		Inducción por gravedad	
No.	Métrica	Valor								
1	Restricción de movimiento	R≤3 cm	R≤3 cm	1	R≤3 cm	1	R≤3 cm	1	R≤3 cm	1
1	Dimensiones	4793x850x481 < 4893x900 x600 mm	4793x 600x 920 mm	1	4793x 600x 920 mm	1	4793x 600x 940 mm	-1	4793x 600x 920 mm	1
1	Tiempo de ensamblado	t<15 horas	Bajo	1	Medio	0	Alto	-1	Bajo	1
1	Bajo costo	precio ≤8000 SEK	≥8000SEK	0	<8000SEK	1	>8000SEK	-1	<8000SEK	1

1	<i>Componentes con incertidumbre de falla</i>	No. de componentes	Bajo 1	Bajo 1	Medio 0	Bajo 1
1	<i>Solución compacta</i>	0 ≤ P ≤ 32% de espacio sin utilizar (la CCM es utilizada como referencia para este porcentaje)	32% 1	32% 1	36% -1	32% 1
2	<i>Aislamiento de los elementos externos</i>	3 IP (Approved American National Standard, 2004)	4 IP 1	4 IP 1	4 IP 1	4 IP 1
3	<i>Uso claro de la solución</i>	Visibilidad a un metro en cualquier clima (Swedish Standard Institute, 2009)	Sí 1	Sí 1	Sí 1	Sí 1
4	<i>Tiempo de operación</i>	t ≤ 10 segundos	0 1	0 1	0 1	0 1

5	<i>Eficiencia de reparación</i>	Sí/No	<i>Sí</i> 1	<i>Sí</i> 1	<i>No</i> -1	<i>Sí</i> 1
6	<i>Mecanismos de bloqueo</i>	1	<i>1</i> 1	<i>1</i> 1	<i>1</i> 1	<i>1</i> 1
7	<i>Nivel de alcance</i>	Nivel del piso (Swedish Standard Institute, 2009)	<i>Control remoto</i> 1	<i>Control remoto</i> 1	<i>Control remoto</i> 1	<i>Control remoto</i> 1
Total=			<i>11</i>	<i>11</i>	<i>1</i>	<i>12</i>

Tabla 6.7 Matriz de puntuación de demandas: Solución final

Demandas			Mecanismo de armario		Cuerdas elásticas de amortiguación		Resorte neumático		Inducción por gravedad	
No.	Métrica	Valor								
1	Tiempo de acceso	t≤3 segundos	1	1	1	1	1	1	1	1
2	No. de pasos desde la inmovilización hasta la secuencia de activación	Pasos ≤3	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Uso del sistema eléctrico de la EE14	Sí	Sí	1	Sí	1	Sí	1	Sí	1
4	Durabilidad de la solución	t>20 años	20	1	5	-1	10	1	20	1
5	Mecanismo standard comercial	Ajustado/ Comercial	Comercial	1	Comercial	1	Comercial	1	Comercial	1
6	Mecanismos externos	No más de 3	1	0	1	0	1	0	1	0

7	<i>No. de subtareas</i>	5 a 10 subtareas	1	0	1	0	1	0	1	0
8	<i>No. de piezas</i>	1 a 25 piezas	8	0	8	0	8	0	6	0
9	<i>No. de materiales</i>	1 a 3 materiales	2	0	5	-1	6	-1	3	0
10	<i>Considerar atributos formales del vehículo</i>	Decisión externa (subjetivo)	<i>Sí</i>	1	<i>Sí</i>	1	<i>Sí</i>	1	<i>Sí</i>	1
Total=				6		3		4		7

6.4.3 Resultados de la matriz de puntuación final

El cierre inducido por gravedad es la propuesta a desarrollar ya que cumple completamente las demandas, ver tabla 6.7 y los deseos con excepción de tres valores en cero, ver tabla 6.8. La compañía la consideró como la solución más apropiada por su simplicidad y su eficiencia en costo. El sistema de

apertura de armario podría también ser considerada como opción siempre y cuando se haga más investigación, pero ya que fue explorada en una etapa avanzada del proyecto fue puesta a un lado por falta de tiempo. Los Resortes neumáticos y las Cuerdas elásticas de amortiguación no cumplieron los criterios, eficiencia en costo y durabilidad respectivamente, que eran esenciales para la empresa, así que fueron descartadas.

Tabla 6.9 Total de la matriz de puntuación: Solución final

	Mecanismo de armario	Cuerdas elásticas de amortiguación	Resorte neumático	Inducción por gravedad
Total=	17	14	5	19

6.5 Árbol conceptual

El flujo creativo se representa en el siguiente esquema, ver figura 6.15. El código de color es el siguiente: Verde para los conceptos aceptados y desarrollados, Rojo para los conceptos rechazados. El árbol muestra el camino que condujo a la solución final.

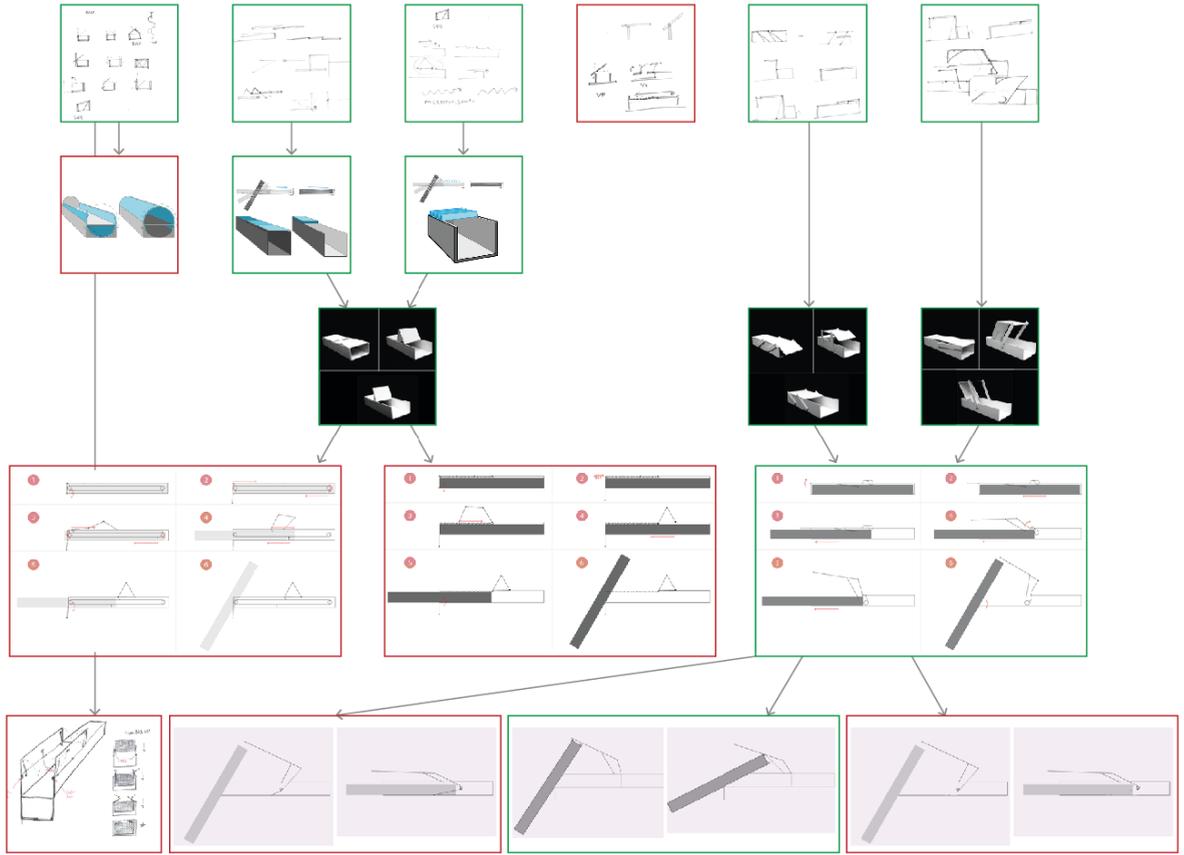


Figura 6.15 Árbol conceptual

6.6 Decisión externa

La decisión final consistió en comunicación constante con la compañía para lograr los detalles finales de la Solución de cubierta. En esta etapa la compañía fue de invaluable importancia con respecto al uso de Software, selección de materiales, análisis de mecanismos y otras características específicas.

07.

La solución es la protección funcional a bajo costo de la EE14 en un vehículo de bomberos, ver figuras 7.1 y 7.2. La cubierta provee la protección del clima y de condiciones externas del ambiente mientras que es accesible desde un control remoto (apertura/cierre con ayuda del motor eléctrico que mueve el móvil).

RESULTADO Y ANÁLISIS

- 7.1. Propuesta de diseño de producto
 - 7.1.1. Producción y especificaciones técnicas
 - 7.1.2. Uso de la solución final
- 7.2. Modelo 3D



Figura 7.1 Propuesta de producto en uso



Figura 7.2 Propuesta de producto en uso

7.1 Propuesta de diseño de producto

La Propuesta final de producto logró una solución automatizada a bajo costo que cumple con los objetivos iniciales del proyecto que se establecieron en el capítulo 1.2 Problema, metas y objetivos. La compañía expresó lo complacida que estaba con la solución final.

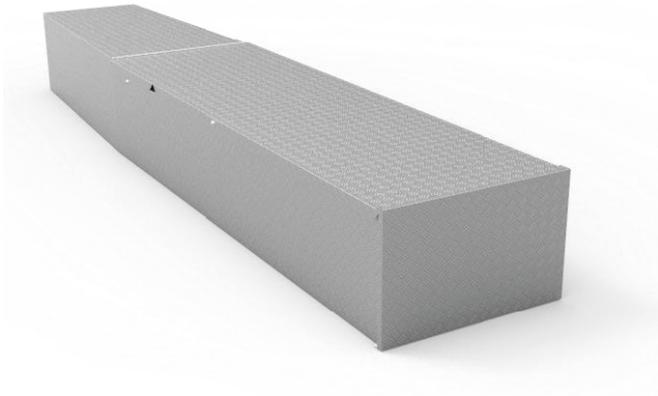


Figura 7.3 Propuesta de producto cerrado

7.1.1 Producción y especificaciones técnicas

De acuerdo a la política de privacidad de la empresa las medidas específicas, planos, geometría, ajustes, etc. no están incluidos ni serán discutidos a gran detalle en el reporte.

La solución en cuestión se coloca en el techo de un vehículo de bomberos y puede estar localizada en cualquier lugar disponible (izquierda, medio o derecha) dependiendo en las necesidades del cliente, sus deseos y equipo de rescate adicional. En general la cubierta se compone por ocho partes principales que permiten la apertura/cierre, ver figura 7.3 y tabla 7.1, divididas en tres sistemas. El proceso de apertura combina el movimiento del móvil con la apertura de la cubierta articulada. Toda moción del mecanismo es dependiente del traslado del móvil.

La solución, como se menciona anteriormente, se compone por tres sistemas: (A) Cubierta articulada, (B) Paneles estructurales y (C) Tapa articulada. Ambos sistemas articulados funcionan ayudados por muelles de torsión de hasta 125 N-mm, que inducen el cierre; estos muelles de torsión funcionan como

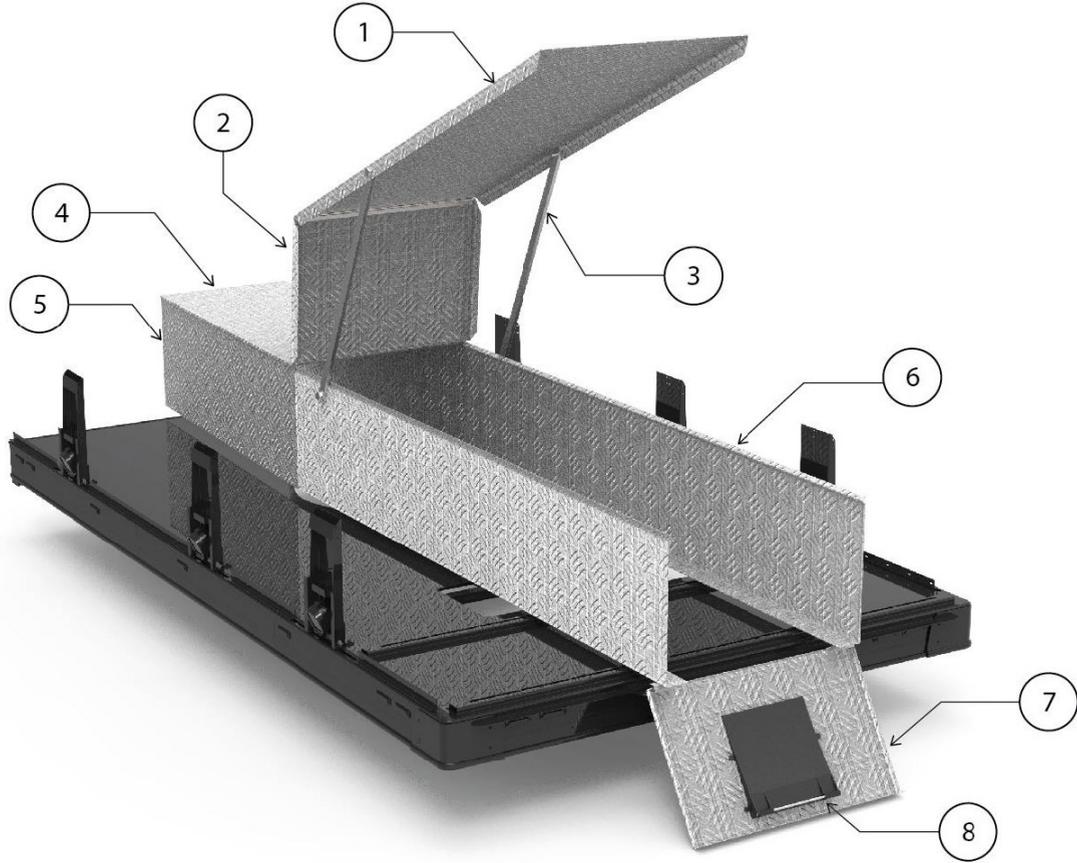


Figura 7.4 Partes de la propuesta de producto

Tabla 7.1 Componentes

No.	Nombre	Cantidad	Material	Función
1	<i>Cubierta frontal</i>	1	<i>Aleación de aluminio</i>	(A) Cubierta articulada
2	<i>Cubierta media</i>	1	<i>Aleación de aluminio</i>	(A) Cubierta articulada
3	<i>Barra paralela</i>	2	<i>Acero galvanizado</i>	(A) Cubierta articulada
4	<i>Cubierta trasera</i>	1	<i>Aleación de aluminio</i>	(B) Paneles estructurales
5	<i>Lateral trasero</i>	2	<i>Aleación de aluminio</i>	(B) Paneles estructurales
6	<i>Lateral frontal</i>	2	<i>Aleación de aluminio</i>	(B) Paneles estructurales
7	<i>Tapa</i>	1	<i>Aleación de aluminio</i>	(C) Tapa articulada
8	<i>Paragolpe</i>	1	<i>Robalon y tubos de silicón</i>	Protección contra desgarres y fricción

Tabla 7.2 Especificaciones de producto

Producción	
<i>Costo</i>	7465SEK
<i>Tiempo de ensamblado</i>	10 horas
<i>Número de piezas</i>	8
<i>Tipo de mecanismo</i>	Comercial
<i>Número de materiales</i>	4
Función	
<i>Restricción de movimiento</i>	R≤3 cm
<i>Dimensiones (LxHxW)</i>	4793x920x600 mm
<i>Componentes con incertidumbre de falla</i>	3
<i>Aislamiento de los elementos externos</i>	3IP
<i>Uso del sistema eléctrico de la EE14</i>	Sí

<i>Mecanismos externos</i>	0
----------------------------	---

Uso

<i>Uso claro de la solución</i>	Visibilidad a un metro en cualquier clima (Swedish Standard Institute, 2009)
<i>Tiempo de operación</i>	0 segundos
<i>Eficiencia de reparación</i>	Sí
<i>Mecanismo de bloqueo</i>	Ninguno
<i>Nivel de alcance</i>	Nivel del piso (Control remoto)
<i>Tiempo de acceso</i>	0 segundos
<i>No. de pasos desde la inmovilización hasta la secuencia de activación</i>	0 pasos
<i>Durabilidad de la solución</i>	20 años
<i>No. de subtareas</i>	0 tareas

Estética

<i>Solución compacta</i>	32% de espacio sin utilizar
<i>Considerar atributos formales del vehículo</i>	Sí

mecanismos de pre-carga, ver figura 7.5, ver tabla 7.3. Las juntas están articuladas por bisagras de acero, soldadas o remachadas.

Como se observa en la tabla 7.2, la solución final alcanza los objetivos y las metas iniciales con excepción del número de materiales; en este caso excede la métrica inicial por uno. Es importante notar que la adición de este material permite que la cubierta cierre sin la necesidad de agregar elementos de bloqueo. La aleación de aluminio fue seleccionada como el material principal sobre otros materiales. Las propiedades físicas son apropiadas para las condiciones de trabajo al aire libre: anticorrosivo, resistente, fuerte y tenaz. La textura añadida se basa en un patrón antideslizante que también oculta imperfecciones que puedan ocurrirle a la cubierta, aumentando de esta manera sus propiedades estéticas.



Figura 7.5 Muelle de torsión de precarga

El costo final de la Propuesta de diseño es de 7465SEK y el tiempo de ensamblado es de 10 horas, que es más bajo que el objetivo original de 8000SEK, y $t < 15$ horas a pesar de haber aumentado el número de materiales, ver tablas 7.4 y 7.5 El costo se obtuvo de la lista de precios proporcionada por los proveedores y el tiempo de ensamblado de acuerdo a la línea de ensamblaje de la empresa. Estos dos valores se lograron reducir al simplificar la propuesta y modificar los prerrequisitos que se les darán a los proveedores de material; en especial mencionar que el aluminio vendrá doblado y barrenado. Al eliminar los resortes neumáticos y el mecanismo de bloqueo utilizados originalmente en la CCM, se pudieron agregar las barras paralelas, el paragolpes y los muelles de torsión sin superar el presupuesto. La reducción del tiempo de ensamblaje se dio gracias a ordenar a los proveedores elementos maquinados y listos para ser ensamblados sin tener que ser modificados en el taller (barrenados, doblados, cortados, etc.) y utilizar configuraciones de construcción más simples (eliminación del mecanismo de bloqueo).

Custom Part Number	
Custom part number :	AT1000-10033-7.000-SST-LH-25.000-N-MM
Rates & Torques	
Rate per degree :	0.785 N-mm/Degree
Spring Rate (or Spring constant) per 360 degrees, K_{360} degrees:	282.698 N-mm/360 Degrees
Maximum torque possible, $Torque_{max}$:	125.907 N-mm
Safe Travel	
Maximum safe travel, $Travel_{max}$:	160.3347 Degrees
Physical Dimensions	
Diameter of spring wire, d :	1.000 mm
Outer diameter of spring, D_{outer} :	10.033 mm
Inner diameter of spring, D_{inner} :	8.033 mm
Mean diameter of spring, D_{mean} :	9.033 mm
Number of active coils, n_a :	7.000
Body length, L_{body} :	8.000 mm
Length of leg 1 :	25.000 mm
Length of leg 2 :	25.000 mm
Total leg length :	50.000 mm
Direction of wind :	Left hand
Spring index, C :	9.033
Material type	
Material type :	Stainless 302 A313

Tabla 7.3 Requerimientos de los muelles de torsión www.acxesspring.com.

Tabla 7.4 Costo de la Propuesta de diseño

Propuesta de diseño		
Material	Costo	Tiempo esperado de ensamblado (h)
<i>Láminas de aluminio</i>	4,150.00 kr	6
<i>Paragolpes</i>	750.00 kr	1
<i>Barras paralelas</i>	900.00 kr	1
<i>Bisagras y remaches</i>	215.00 kr	1.5
<i>Muelles de torsión, ver Tabla 7.3</i>	1,200.00 kr	1
<i>Costos extras</i>	250.00 kr	
Total=	7,465.00 kr	10.5h

Tabla 7.5 Costo de la CCM

CCM		
Material	Costo	Tiempo esperado de ensamblado (h)
<i>Láminas de aluminio</i>	3,750.00 kr	8.5
<i>Mecanismo de bloqueo</i>	3,000.00 kr	4
<i>Resortes neumáticos</i>	915.00 kr	1
<i>Bisagras y remaches</i>	175.00 kr	1
<i>Costos extras</i>	250.00 kr	
Total=	8,090.00 kr	14.5h

7.1.2 *Uso de la solución final*

Secuencia de apertura, ver figura 7.6: (1) El usuario activa el motor eléctrico que mueve el móvil de manera horizontal, (2) El móvil se desplaza hacia adelante empujando la tapa a través del paragolpes (esta apertura se suaviza por el paragolpes producido en plástico Robalon y los tubos de silicón, parte 8, que evita algún desgarre o fricción entre el móvil y la tapa), (3) El móvil alcanza su posición horizontal máxima y comienza a rotar, (4) La cubierta articulada es empujada por el extremo trasero del móvil, (5) el móvil alcanza su inclinación máxima, de esta manera abriendo completamente la cubierta, (6) El usuario puede desmontar la EE14 del móvil. En caso de que el cliente lo requiera se le puede agregar un cierre eléctrico a la Solución que asegure el bloqueo de acceso a la EE14. Este bloqueo no es necesario y no está incluido en el presupuesto.

1



2



3



4



5



6



7.2 Modelo 3D

El modelo 3D fue desarrollado en Inventor 2015 a petición de la compañía.

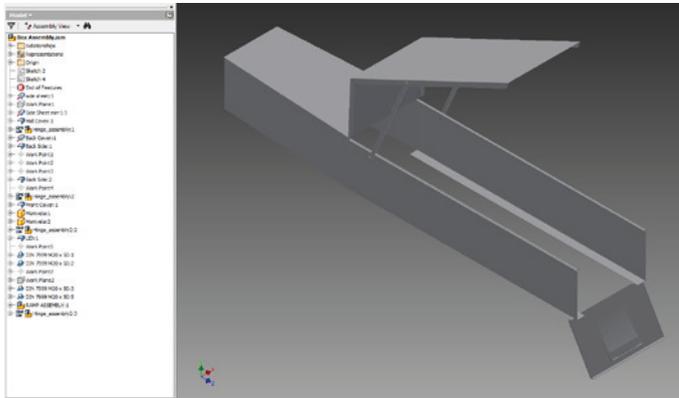


Figura 7.7 Captura de pantalla del modelado 3D en Inventor

CONCLUSIONES

Este trabajo, realizado durante el último semestre de movilidad en la Universidad de Skövde, es el resultado del trabajo en equipo de la mexicana Isabel Acosta Vega y el español Marco Aurelio Molbeck, fue un proyecto que surgió de las necesidades de la empresa Autokaross Rescue Systems i Floby AB en Suecia. Este proyecto sigue la metodología utilizada en la universidad sede, metodología distinta a la que se usa en el CIDI. Una de las diferencias más notorias es el uso de referencias literarias para la exploración, generación, evaluación y comunicación de los conceptos.

Como resultado global se cree que las metas principales fueron logradas y la compañía terminó muy satisfecha con el resultado. La propuesta final de diseño consiste en una solución funcional, de bajo costo y una protección de fácil acceso para la EE14, sin embargo existe más trabajo que se podría retomar en un futuro para mejorar la cubierta.

Una de las tareas más importantes de este

desarrollo de producto fue la selección de Métodos de Diseño al principio del proyecto. Como se mencionaba anteriormente, éstas forman parte del sistema implementado por la Universidad de Skövde. Los métodos fueron seleccionados en referencia a la habilidad de los mismos para identificar los límites de trabajo que definirían las especificaciones del producto. Durante la fase de Exploración algunos métodos fueron agregados para guiar el desarrollo de producto y categorizar el problema.

Los Modelos funcionales aclararon las proporciones que afectarían las variables dependientes tales como el largo de las barras paralelas, el eje de rotación, el ángulo de la tapa, etc. Estas variables siguen el teorema de Kennedy de barras paralelas y la condición de Grashof. Las medidas finales no son arbitrarias, éstas son resultado de un análisis cinemático que depende de las restricciones físicas y del intervalo de movimiento.

El uso del Borrador de matriz de puntuación fue necesario para provocar una opinión e involucrar de manera activa a la compañía; gracias a este Borrador fue aparente que camino seguir conceptualmente. La métrica evaluada como Baja-Media-Alta no son exactas porque la mayoría fueron presunciones

hechas de acuerdo a la información que se tenía en esa etapa de la investigación. Estos valores son generalizaciones que incluyen el conocimiento de la compañía (tiempo de ensamblado, costo del material, complicaciones mecánicas, etc.), del contacto con la universidad y la del equipo de diseño.

Aplicar el método de Decisiones externas ayudó al equipo de diseño a reforzar sus propuestas y buscar compromisos de ambas partes para lograr una solución sencilla y de buen funcionamiento. Trabajar con una empresa, en especial de otro país, fue una muy buena experiencia que abrió el panorama del equipo de diseño a nuevas ideas y nuevas formas de trabajo. Uno de los mayores compromisos que se hizo durante el proyecto fue confiar en la investigación previa de la compañía. En retrospectiva el equipo de diseño debió haber forzado más este tema e investigado a profundidad temas como materiales y usuarios.

Con respecto al tema de materiales, hubo contacto con la empresa Material ConneXion entre los capítulos 6.4 y 7 la cual ofreció una gran cantidad de información con respecto a materiales que no pudo ser acomodada en el programa por falta de tiempo. El concepto final, a pesar de que ofrece baja innovación

con respecto al uso de materiales, se enfoca en detalle creativo que dio como resultado una solución conservadora, completamente funcional con una incertidumbre de falla muy baja. Sin embargo la solución ofrece la posibilidad de poder ser adaptada a nuevos materiales.

Con respecto a las demandas de usuarios, la mayoría de los empleados de Autokaross i Floby fueron/son bomberos por lo que éstos se consideraron la principal fuente de información para poder resolver este proyecto. Se pudo haber hecho un análisis de usuario más extenso a través de encuestas y entrevistas lo cual pudo haber dado un resultado distinto.

Algunas de las propuestas finales consistían demecanismos que utilizaban recursos alternativos no probados para abrir y cerrar la cubierta. Tras insistir en estas ideas el equipo de diseño fue correctamente aconsejado a considerar ideas más sencillas para evitar complicaciones de funcionamiento y bajar la incertidumbre a la falla.

Durante la elaboración de este proyecto se presentaron muchos retos profesionales, pero sobre todo culturales y educativos. La propuesta final no

solo es el resultado de la colaboración entre una empresa consolidada y un equipo de trabajo, lo influyente es el punto de encuentro en donde todas las culturas involucradas convergen.

REFERENCIAS

- Approved American National Standard . (3 de noviembre, 2004). ANSI/IEC 60529-2004. Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code). Rosslyn, Virginia, EUA: National Electrical Manufacturers Association. [Consultado marzo 2016]
- Autokaross i Floby. (febrero 2016). Autokaross i Floby. [Consultado 29 de febrero, 2016, de <http://www.autokaross.se>]
- Cross, N. (2008). Engineering Design Methods: Strategies for Product Design (4ta Edición). Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd.
- Curedale, R. (2013). 50 selected design methods : to transform your design. Topanga, California, EUA: Design Community College.
- EXCAB Inc. (marzo 2016). EXCAB Catalogue. [Consultado en marzo 2016 de www.excab.com: <http://www.excab.com/Excab%20Catalog.pdf>]
- Hasselgruber, A., Salz, W., & Halbweiss, T. (17 junio, 2003). US Patent No. US 6578899 B2. [Consultado 2016]
- ISO 14001. (15 noviembre, 2004). Environmental management systems: Requirements with guidance for use. International.

- ISO 9001. (15 noviembre, 2004). Quality management systems. International.
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2013). Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design. (M. A. Molbeck Blyth , Trans.) Estocolmo, Suecia: Liber AB.
- MindTools. (2013). Brainwriting Getting More From Your Idea Sessions. [Consultado enero, 2016, de Creativity Tools: http://www.mindtools.com/pages/article/newCT_86.htm]
- Ranson, J., & Lahn, M. (N.P.). Rapid Prototyping. (CFC Medialab, Producer) [Consultado marzo 2016, de Design Research Techniques: <http://designresearchtechniques.com/casestudies/rapid-prototyping/>]
- Sala Brand. (2016). www.salabrand.se. [Conslutado de System Sala: <http://www.salabrand.se/System-SALA-produkter-100.aspx>]
- Swedish Standard Institute. (17 agosto 2009). SVENSK STANDARD SS-EN 1846-2:2009. Firefighting and rescue service vehicle - Part 2: Common requirements- Safety and performance, 2, 68. [Consultado marzo 2016]
- THULE. (2016). Roof Boxes- Brochure Manual. [Conslutado abril 2016 de [www.thule.com](http://www.thule.com/en-us/us/products/carriers-and-racks/boxes-and-baskets/roof-boxes/thule-hyper-xl-612-_-1680020): http://www.thule.com/en-us/us/products/carriers-and-racks/boxes-and-baskets/roof-boxes/thule-hyper-xl-612-_-1680020]
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2008). Product Design and Development (4ta. Edición). Nueva York, EUA: McGraw Hill Higher Education.
- VIKING. (2016). Containers by VIKING. [Conslutado en marzo 2016 de www.viking-life.com: <https://www.viking-life.com/viking.nsf/public/products-containers.html>]

- WIBE Ladders. (2016). Fire- and Rescue Ladders: Spare Part List. Nässjö, Suecia. [Consultado abril 2016]

APÉNDICE

A. Cubierta de caja manual/ Solución de bajo costo

Fotografías



Figura 0.1 Vehículo de bomberos con CCM. Perspectiva



Figura 0.2 Vehículo de bomberos con CCM. Vista trasera



Figura 0.3 CCM apertura

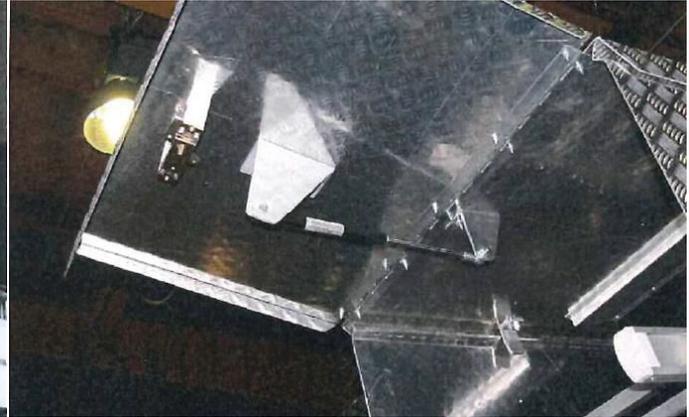


Figura 0.5 Detalle de la CCM. Tapa

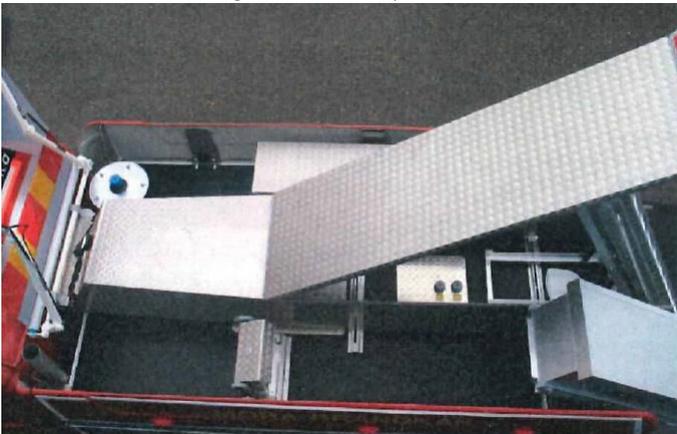


Figura 0.4 Apertura 2



Figura 0.6 Detalle de la CCM. Resorte neumático



Figura 0.7 CCM palanca



Figura 0.8 CCM

B. Cubierta de panel
automático/ Solución de alto
costo

Fotografías



Figura 0.9 CPA apertura



Figura 0.10 CPA apertura 2

C. Decisión externa

Comentarios de la compañía:

- El prototipo 2, ver figura 5.4, podría ser complicado para maniobrar a un bajo costo
- La solución debe ser lo más simple posible
- Debe haber un espacio de mínimo 200 mm al abrir la cubierta entre la tapa y la escalera
- Debe haber un espacio de 20 mm a los laterales de la escalera
- El motor eléctrico puede mover hasta 100Kg
- El motor eléctrico puede tener un impulso para tener más fuerza
- Los brazos paralelos del Prototipo 3 deben ser lo más cortos posible
- Tomar en cuenta que el brazo interno del Prototipo 3 tiene un radio y se mueve
- Debe haber una solución más simple utilizando la CCM como base y crear una apertura automática para la tapa
- La CCM no está fija en el centro del techo, también puede ir a los lados. Depende de las necesidades del cliente
- Bloquear la cubierta no es el problema, el

problema es maniobrar la cubierta desde el suelo

- Enfocarse en resolver cómo abrir desde la parte de atrás
- La secuencia de operación ya está definida, no hay necesidad de interferir con ella. La preocupación principal del proyecto debe ser resolver cómo abrir la cubierta y la tapa desde el nivel del suelo
- El proveedor de la escalera es WIBE (WIBE Ladders, 2016) y se utiliza una escalera estándar aprobada
- Hay tres tipos de escalera pero la solución se debe enfocar en la más grande
- No ha habido pruebas ergonómicas para las soluciones pasadas. La CCM fue desarrollada hace mucho tiempo y la CPA es activada por un control remoto, ver figura 0.14
- Los requerimientos del equipo eléctrico así como los candados, áreas para caminar y los demás deben seguir las regulaciones encontradas en SVENSK STANDARD SS-EN 1846-2:2009 (Swedish Standard Institute, 2009)
- Los requerimientos físicos de los bomberos varían porque políticamente hablando todos pueden ser bomberos
- La cubierta no puede tomar más de 10 segundos para abrir antes que la escalera pueda ser operada. Si el tiempo de operación y el despliegue

de la escalera son simultáneos el tiempo se debe considerar 0 segundos

- La CCM cuesta 8000SEK más el tiempo de ensamblado
- El material de la cubierta debe ser de preferencia no conductivo, se recomienda plástico. Fibra de vidrio también puede ser una opción pero el costo aumentará considerablemente
- No es necesario hacer un análisis cinemático pero la cubierta debe de funcionar
- El software utilizado en la compañía es Inventor 2015
- Al finalizar el proyecto debe haber un análisis de estrés en inventor
- La CCM está fijada al móvil hasta que se desmonta



Figura 0.11 Control remoto para el motor eléctrico