



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento

Área de Conocimiento

TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DE ANDAS DE TRASLADO PARA NUESTRA SEÑORA

DE LA SOLEDAD

**(COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO Y SOLEDAD DE SAN PABLO)
MÁLAGA. ESPAÑA**

Grado en

Ingeniería en Diseño Industrial y desarrollo del producto

Autor: Raúl Peláez Luna

Tutor: Miguel Ángel Contreras López

MÁLAGA, septiembre de 2020

RESUMEN

El presente proyecto está sujeto a revisión y comprobación en caso de ejecutarse por parte de la Cofradía.

La Real, Ilustre y Venerable Hermandad del Santo Traslado y Nuestra Señora de la Soledad cuenta actualmente con unas andas de traslado para Nuestra Señora de la Soledad que alberga en su interior un mecanismo trabajoso y pesado para la elevación y bajada de la Virgen, ya sea para colocarla en su capilla, elevarla al trono de procesión o colocarla en el suelo para culto, y que requiere de una cierta cantidad de personas y medios para llevarse a cabo de forma satisfactoria.

El objetivo de dicho proyecto, gracias a la metodología de análisis de valor, es encontrar una estructura y mecanismo que cumplan una serie de requisitos que supongan una mejora al actual desde el punto de vista de la ingeniería, ya sea desde el punto de vista funcional y estético que simplifica personal, tiempos y medios auxiliares.

Este nuevo rediseño, además de estar adaptado a un nuevo diseño estético de las andas exclusivo para la Virgen, cuenta con una nueva función de servir como peana de culto para las festividades de Nuestra Señora de la Soledad.

PALABRAS CLAVE

Cajillo

Andas de traslado

Peana de culto

Estructura

Aluminio

Mecanismo

Cedro

Virgen

Varal

Arco de campana

Patatas telescópicas

Capilla

Trono procesional

Mecanismo hidráulico

Manivela

Análisis de valor

ABSTRACT

This project is subject to review and verification if it is executed by the Brotherhood.

The Royal, Illustrious and Venerable Brotherhood of Santo Traslado and Nuestra Señora de la Soledad has currently got a small structure (platform to transport) to transport Nuestra Señora de la Soledad. Inside of structure there is a laborious and heavy mechanism to raise and lower the Virgin to place her in the chapel, to lift her to the processional throne or to place her on the ground to worship, and requires a certain quantity people and means to be carried out satisfactorily.

The objective of this project, thanks to value analysis methodology, is to find a good structure and mechanism to achieve a series of requirements that present an improvement to the current one from an engineering, and from a functional and aesthetic point of view, that it simplifies personnel, time and auxiliary resources.

This new redesign, in addition to being adapted to a new aesthetic design of the small structure exclusively for the Virgin, has a new function of serving as a base of worship for the festivities of Nuestra Señora de la Soledad.

KEY WORDS

Built in box

Small structure (platform to transport)

Base of worship

Structure

Aluminium

Mechanism

Cedar

Virgin

Shaft of transport

Arch of bell

Telescopic legs (telescopic bars)

Chapel

Processional throne

Hydraulic mechanism

Handly

Value analysis



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL PROYECTO/TRABAJO FIN DE GRADO

D./ Dña.: Raúl Peláez Luna

DNI/Pasaporte: 74882359V

Correo electrónico: raulpelaezluna95@gmail.com

Titulación: Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

Título del Proyecto/Trabajo: Andas de traslado para Nuestra Señora de la Soledad (Cofradía del Santo Traslado)

DECLARA BAJO SU RESPONSABILIDAD

Ser autor/a del texto entregado y que no ha sido presentado con anterioridad, ni total ni parcialmente, para superar materias previamente cursadas en esta u otras titulaciones de la Universidad de Málaga o cualquier otra institución de educación superior u otro tipo de fin.

Así mismo, declara no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual, así como que las fuentes utilizadas han sido citadas adecuadamente.

En Málaga, a 4 de septiembre, de 2020.

Fdo.: PELÁEZ LUNA, RAÚL



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

- 1) La parte marcada de la memoria del Proyecto/Trabajo Fin de Estudios D. Raúl Peláez Luna contiene datos confidenciales de la empresa Cofradía del Santo Traslado y Soledad, que sólo podrán ser utilizados en los procedimientos de evaluación y defensa del PFE/TFE. Los contenidos del PFE/TFE serán sólo accesibles al tutor académico y a los miembros del tribunal evaluador. (Anexo A)

El uso del PFE/TFE en el marco de conferencias o charlas no estará permitido sin el consentimiento por escrito de la empresa.

- 2) La información confidencial no podrá, ya sea en su totalidad o en parte, publicada, reproducida o revelada a terceros a menos que se haya obtenido el consentimiento expreso y por escrito de la empresa.
- 3) La privacidad se observará, asimismo, con respecto a todos los asuntos corporativos y operaciones de la empresa Cofradía del Santo Traslado y Sc y sus empresas afiliadas que no sean conocidos públicamente y que – en forma oral o escrita – haya podido obtener el estudiante durante su tutorización por parte de
- 4) La declaración de privacidad y confidencialidad entrará en vigor una vez que se haya firmado este acuerdo y tendrá un periodo de validez de 3 años.

Málaga, 2 de Septiembre 2020.

VºBº tutor:

Nombre:

En nombre de la Empresa
Firma y sello:

Real Ilustre y Venerable Hermandad del
Santo Traslado y Soledad
Calle Trinidad 72 • TELF: 952 277 857
29009 MÁLAGA

Nombre y cargo

Prado F. Hernandez López
Hermano Mayor

En nombre de la Universidad de Málaga
Firma y sello:

Dr. D.
Presidente CTFE de la Escuela
de Ingenierías Industriales

ÍNDICE

1. INDICE

1. INDICE	
2. MEMORIA	15
2.1. Objeto	15
2.2. Alcance	15
2.3. Antecedentes	16
2.3.1. Estilos en la Semana Santa	16
2.3.2. Idiosincrasia de la cofradía	17
2.3.3. Andas actuales	22
2.4. Fase de recogida de información	24
2.5. Fase de análisis funcional	25
2.5.1. Diseño del cajillo	25
2.5.2. Estructura	26
2.5.3. Mecanismo	27
2.6. Fase de búsqueda de ideas y soluciones alternativas	31
2.6.1. Análisis de los problemas	31
2.6.2. Soluciones alternativas	32
2.7. Fase de evaluación	40
2.7.1. Evaluación del cajillo y elementos decorativos	40
2.7.2. Evaluación del metal	41
2.7.3. Evaluación del mecanismo	42
2.8. Diseño detallado	44
2.8.1. Diseño del cajillo y elementos decorativos	45
2.8.2. Estructura de aluminio	53
2.8.2.1. Aluminio EN AW-6063	53
2.8.2.2. Datos para las hipótesis de carga	54
2.8.2.3. Estructura como peana de culto	54
2.8.2.4. Estructura como andas de traslado	57
2.8.2.5. Uniones soldadas y atornilladas	58
2.8.3. Mecanismo elevador	58
2.8.3.1. Mecanismo Toplift model 234	59
2.8.3.2. Posición base	60
2.8.3.3. Posición capilla	60
2.8.3.4. Posición trono procesional	60
2.8.3.5. Vuelta a la posición base	61
2.9. Normas, referencias y bibliografía	61
2.9.1. Software informático	61
2.9.2. Normativa	61
2.9.3. Bibliografía	61
2.10. Conclusión	64
3. ANEXOS	65
ANEXO A: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y MECANISMO DE LAS ANDAS ACTUALES	
A.1. Estructura metálica	69

A.1.1. Estructura interior Virgen y unión a las andas	72
A.2. Mecanismo y fases de elevación/bajada	73
A.2.1. De la capilla a las andas	74
A.2.2. Estructura como andas de traslado	77
A.2.3. De las andas al trono de procesión	78
A.2.4. De las andas al suelo para culto	79
A.2.5. Vuelta a las andas	82
ANEXO B: BOCETOS Y DISEÑO CONCEPTUAL	83
B.1. Objetivos y requisitos	83
B.2. Bocetos del cajillo y elementos decorativos	84
B.3. Bocetos y diseño conceptual de mecanismo	90
ANEXO C: RENDERS	95
ANEXO D: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE UNIONES	109
D.1. Análisis estructural	109
D.1.1. Estructura base para peana de culto	110
D.1.1.1. Hipotesis de carga	110
D.1.1.2. Resultados de tensiones	111
D.1.1.3. Resultados de desplazamientos	112
D.1.1.4. Resultados del factor de seguridad.....	113
D.1.2. Estructura como andas de traslado	114
D.1.2.1. Hipotesis de carga	115
D.1.2.2. Resultados de tensiones	116
D.1.2.3. Resultado de los desplazamientos	118
D.1.2.4. Resultado del factor de seguridad	119
D.1.3. Comprobación de los varales	120
D.1.3.1. Hipotesis de carga	120
D.1.3.2. Resultados de tensiones	121
D.1.3.3. Resultado de los desplazamientos	122
D.1.3.4. Resultado del factor de seguridad	123
D.2. Cálculo de las uniones	124
D.2.1. Uniones atornilladas de las patas telescópicas	124
D.2.2. Uniones soldadas	126

ANEXO E: Glosario	127
 4. PLANOS	
4.00. Andas de traslado	133
4.01. Elementos decorativos	134
4.01.01. Cajillo lateral	135
4.01.02. Cajillo lateral. Vistas auxiliares	136
4.01.03. Cajillo frontal	137
4.01.04. Cajillo frontal. Vistas auxiliares	138
4.01.05. Rejillas frontal y lateral	139
4.01.06. Unión cajillo-estructura base	140
4.01.07. Cabeza de varal	141
4.01.08. Arco de campana	142
4.02. Estructura	
4.02.01. Estructura base (peana)	143
4.02.01.01. Pórtico frontal	144
4.02.01.02. Pórtico lateral	145
4.02.01.03. Vista planta	146
4.02.01.04. Barra raíl	147
4.02.01.05. Uniones soldadas en estructura base	148
4.02.02. Estructura como andas de traslado	149
4.02.02.01. Barras telescópicas	150
4.02.02.02. Uniones atornilladas patas telescópicas	151
4.02.02.03. Varales	152
4.02.02.04. Uniones atornilladas varales a estructura	153
4.02.02.05. Uniones cabezas de varal con varal	154
4.02.02.06. Uniones atornilladas del arco de campana con varales ...	155
4.02.03. Posiciones del mecanismo	156
4.02.03.01. Posición 1: Andas como peana de culto	157
4.02.03.02. Posición 2: Andas de traslado	158
4.02.03.03. Posición 3: Capilla	159
4.02.03.04. Posición 4: Trono de procesión	160
5. MEDICIONES	161
6. PRESUPUESTOS	165
6.1. Listado de las partidas	169
6.2. Cuadros de descompuestos	170
6.3. Resumen presupuesto	176

Índice de figuras

Figura 3.1. Cajillo Barroco del trono del Dulce Nombre de Jesús Nazareno del Paso. (Cofradía de la Esperanza)	16
Figura. 3.2. Conjuntos procesionales del Santo Traslado y Ntra. Sra. de la Soledad.	17
Figura 3.3. Iglesia de San Pablo.	18
Figura 3.4. Capilla en la Iglesia de los Sagrados Titulares.	19
Figura 3.5. Pebetero y ángel del Trono del Santo Traslado.	20
Figura 3.6. Trono procesional de Ntra. Sra. de la Soledad.	20
Figura 3.7. Cruz de guía de la Cofradía.	21
Figura 3.8. Túnicas de ambas secciones. Capirote burdeos pertenecen a la sección del Santo Traslado y capirote turquesa para la sección de la Virgen	21
Figura 3.9. Sandalia de Ntra. Sra. de la Soledad.	22
Figura 3.10. Uniforme de la escuadra romana.	22
Figura 5.1. Andas de traslado de Ntra. Sra. de la Soledad. (a) y (b).	26
Figura 6.1. Requisitos estéticos.	36
Figura 6.2. Requisitos funcionales.	33
Figura 6.3. Otros requisitos.	34
Figura 6.4. Texturas maderas rojizas.	37
Figura 7.1. Boceto digital de cajillo escogido.	41
Figura 8.1. Vista trasera andas-peana de traslado.	44
Figura 8.2. Andas-peana colocada como peana de culto en la capilla.	44
Figura 8.3. Peana de culto de Nuestro Padre Jesús de la Puente del Cedrón.	45
Figura 8.4. Fachada del teatro Echegaray de Málaga.	46
Figura 8.5. Frontal del cajillo.	47
Figura 8.6. Diseño de cajillo.	47
Figura 8.7. Módulo trasero del cajillo	48
Figura 8.8. Boceto digital del diseño de ánforas propuesto.	49
Figura 8.9. Pictogramas del discurso iconográfico.	50
Figura 8.10. Cabezas de varal y arco de campana	53
Figura 8.11. Peana de culto.	55
Figura 8.12. Estructura como peana.	56
Figura 8.13. Estructura como andas de traslado.	57
Figura 8.13. Conjunto como andas de traslado.	58
Figura 8.15. Mecanismo elevador Toplift model 234 de Böcker	59

Figura A.1. Vistas lateral y frontal de la estructura metálica y mecanismo de las actuales andas.	70
Figura A.2. Varal	71
Figura A.3. Carrito con topes de la estructura.	71
Figura A.4. Uniones de la escultura de la Virgen con la estructura.	72
Figura A.5. Estructura auxiliar de unión entre andas y la Virgen.	73
Figura A.6. Columna hidráulica encajando con la estruct. auxiliar base de la Virgen.	74
Figura A.1. Embellecedor frontal de la hornacina.	75
Figura A.8. Estructura auxiliar de soporte para la estructura de los raíles.	76
Figura A.9. Virgen colocada en su posición en las andas.	77
Figura A.10. Andas de traslado durante un traslado público.	78
Figura A.11. Estruct. auxiliares y colocación de la Virgen en el trono procesional. ..	89
Figura A.12. Estructura base como peana.	80
Figura A.13. Estructura de acople para los varaes.	80
Figura A.14. Conjunto preparado para bajar a la Virgen al suelo.	81
Figura A.15. Virgen colocada en el suelo tras bajarla desde las andas.	81
Figura A.16. Colocación de la Virgen sobre la peana.	82
Figura B.1. Boceto 1 del cajillo.	84
Figura B.2. Boceto 2 del cajillo.	85
Figura B.3. Boceto 3 del cajillo.	86
Figura B.4. Boceto 4 del cajillo.	87
Figura B.5. Boceto 1 de cabeza de varal.	88
Figura B.6. Boceto 2 de cabeza de varal.	89
Figura B.7. Boceto 1 de arco de campana.	89
Figura B.8. Boceto 2 de arco de campana.	90
Figura B.9. Mapa conceptual mecanismo.	91
Figura B.10. Boceto mecanismo 1.	92
Figura B.11. Boceto mecanismo 2.	93
Figura B.12. Plataforma boceto mecanismo 2.	94
Figura C.1. Recreación como peana de culto en la capilla.	95

Figura C.2. Recreación como peana de culto en la capilla.	95
Figura C.3. Vista como peana de culto.	96
Figura C.4. Vista frontal como peana de culto.	96
Figura C.5. Vista como peana de culto.	97
Figura C.6. Vista lateral como peana de culto.	97
Figura C.7. Vista trasera como peana de culto.	98
Figura C.8. Vista como peana de culto.	98
Figura C.9. Vista frontal como andas de traslado.	99
Figura C.10. Vista como andas de traslado.	99
Figura C.11. Vista como andas de traslado.	100
Figura C.12. Vista trasera como andas de traslado.	100
Figura C.13. Vista como andas de traslado.	101
Figura C.14. Vista como andas de traslado.	101
Figura C.15. Vista como andas de traslado.	102
Figura C.16. Estructura de aluminio como andas de traslado.	102
Figura C.17. Estructura de aluminio como andas de traslado.	103
Figura C.18. Estructura de aluminio como andas de traslado.	103
Figura C.19. Estructura de aluminio como andas de traslado.	104
Figura C.20. Estructura de aluminio como peana de culto.	104
Figura C.21. Cabeza de varal.	105
Figura C.22. Cabezas de varal y arco de campana.	105
Figura C.23. Cajilla vista frontal.	106
Figura C.24. Lateral derecho del cajillo.	106
Figura C.25. Lateral izquierdo del cajillo.	107
Figura C.26. Estructura de aluminio como andas de traslado.	107
Figura C.27. Conjunto con cajillo al detalle.	108
 Figura D.1. Estructura metálica de las andas de traslado.	 109
Figura D.2. Andas como peana de culto.	110
Figura D.3. Hipótesis de carga de la estructura base.	111
Figura D.4. Resultados de tensiones.	112
Figura D.5. Resultado de los desplazamientos.	113
Figura D.6. Resultado del factor de seguridad.	114
Figura D.7. Conjunto como andas de traslado.	115

Figura D.8. Hipotesis de carga de las andas de traslado.	116
Figura D.9. Resultado del trazado de tensiones.	117
Figura D.10. Unión superior de las patas.	117
Figura D.11. Taladro inferior patas.	118
Figura D.12. Resultado del trazado de desplazamientos.	119
Figura D.13. Resultado trazado de factor de seguridad.	120
Figura D.14. Hipótesis de carga para comprobación de varales.	121
Figura D.15. Resultado del trazado de tensiones.	122
Figura D.16. Resultado del trazado de desplazamientos.	123
Figura D.17. Resultado del trazado de factor de seguridad.	123

Índice de tablas

Tabla 6.1. Comparativas maderas rojizas.	36
Tabla 6.2. Comparativa metales.	38
Tabla 7.1. Método DATUM para elección de la madera.	40
Tabla 7.1. Método DATUM para elección metal.	42
Tabla 7.3. Método DATUM para elección del mecanismo.	43
Tabla 8.2. Propiedades químicas del Aluminio 6063-T6 de Alu-Stock.	54

MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

2. MEMORIA	15
2.1. Objeto	15
2.2. Alcance	15
2.3. Antecedentes	16
2.3.1. Estilos en la Semana Santa	16
2.3.2. Idiosincrasia de la cofradía	17
2.3.3. Andas actuales	22
2.4. Fase de recogida de información	24
2.5. Fase de análisis funcional	25
2.5.1. Diseño del cajillo	25
2.5.2. Estructura	26
2.5.3. Mecanismo	27
2.6. Fase de búsqueda de ideas y soluciones alternativas	31
2.6.1. Análisis de los problemas	31
2.6.2. Soluciones alternativas	32
2.7. Fase de evaluación	40
2.7.1. Evaluación del cajillo y elementos decorativos	40
2.7.2. Evaluación del metal	41
2.7.3. Evaluación del mecanismo	42
2.8. Diseño detallado	44
2.8.1. Diseño del cajillo y elementos decorativos	45
2.8.2. Estructura de aluminio	53
2.8.2.1. Aluminio EN AW-6063	53
2.8.2.2. Datos para las hipótesis de carga	54
2.8.2.3. Estructura como peana de culto	54
2.8.2.4. Estructura como andas de traslado	57
2.8.2.5. Uniones soldadas y atornilladas	58
2.8.3. Mecanismo elevador	58
2.8.3.1. Mecanismo Toplift model 234	59
2.8.3.2. Posición base	60
2.8.3.3. Posición capilla	60
2.8.3.4. Posición trono procesional	60
2.8.3.5. Vuelta a la posición base	61
2.9. Normas, referencias y bibliografía	61
2.9.1. Software informático	61
2.9.2. Normativa	61
2.9.3. Bibliografía	61
2.10. Conclusión	64

2. MEMORIA

2.1. Objeto

La cofradía del Santo Traslado cuenta actualmente con unas andas de traslado para Nuestra Señora de la Soledad que alberga en su interior un mecanismo trabajoso y pesado para la elevación y bajada de la Virgen, ya sea para colocarla en su capilla, elevarla al trono de procesión o colocarla en el suelo para culto.

Los objetivos de este trabajo fin de grado son:

- Establecer un rediseño del cajillo con el fin de que la Virgen cuente con unas andas de traslado con un diseño exclusivo.
- Encontrar un mecanismo menos trabajoso y simplifique tiempo y esfuerzo por parte de los hermanos de la cofradía cada vez que haya que trasladar a la Virgen.
- Dimensionar una estructura capaz de soportar todas las exigencias del rediseño de las actuales andas.

2.2. Alcance

El alcance de este proyecto de Diseño Industrial es aplicar los conocimientos adquiridos para satisfacer a una serie de necesidades por parte de dicha cofradía utilizando la metodología de Análisis del Valor. Se trata de una metodología idónea para este trabajo fin de grado porque se basa en analizar un producto ya existente, y tratar de incrementar su valor y reducir costes gracias a un rediseño con las exigencias que la cofradía necesita. Estas distintas fases son:

- Preparación y orientación.
- Recogida de información.
- Análisis funcional de las andas actuales.
- Búsqueda de ideas y soluciones alternativas.
- Evaluación.
- Aplicación.
- Producto detallado. (Diseño del cajillo de las andas, estructura metálica y mecanismo)

Como se establece en el apartado anterior, este proyecto se divide en 3 partes fundamentales de las cuales es necesaria una retroalimentación continua en cada una de las fases con el fin de encontrar el rediseño óptimo.

2.3. Antecedentes

Este apartado se refiere a la fase primera de la metodología de Análisis de Valor donde existe una preparación y orientación de la información de todo lo que engloba a las actuales andas. En este apartado se va a analizar cuáles son los antecedentes estéticos que definen a la cofradía para así contextualizar la propuesta de diseño del cajillo. Además, el mundo cofrade no sólo se nutre de artesanos, sino que requiere de una parte estructural para que los tronos y capillas sean capaces de aguantar todas las solicitudes a las que están sometidos. Esta labor siempre la han llevado a cabo profesionales de la metalurgia, siendo un campo para estudiar por parte de la ingeniería. A todo esto, hay que sumarle las distintas metodologías y mecanismos que se usan para trasladar a las Sagradas Imágenes.

2.3.1. Estilos en la Semana Santa

La Iglesia en España durante la historia ha desarrollado varias corrientes artísticas desde el Gótico, pasando por el Barroco, Renacimiento, Neoclasicismo, hasta alcanzar el Modernismo. Actualmente nos encontramos en una época donde las corrientes artísticas suelen ir acompañadas del prefijo “neo” debido a las distintas renovaciones que se están dando actualmente. La Semana Santa en el sur de España ha adoptado como corriente estilista el Barroco, pudiendo ver parte de este estilo no sólo en las capillas de las Iglesias, sino también en los diferentes tronos y pasos de Semana Santa, y hasta en enseres de las cofradías que sacan a lucir el día de su procesión. El Barroco está caracterizado por la expresividad y el carácter recargado de su ornamentación, podemos resumirlo por la expresión en latín “Horror vacui”, “Miedo al vacío”, donde se puede observar el uso de formas curvas/rizadas y abundancia de adornos, además de usar texturas brillantes como el dorado. Una prueba de esta abundancia son todos los trazos curvos y motivos florales que se encuentran en los diseños de los tronos y capillas como puede verse en la siguiente imagen.



Figura 3.1. Cajillo Barroco del trono del Dulce Nombre de Jesús Nazareno del Paso. (Cofradía de la Esperanza). Fuente: La Opinión de Málaga

Las texturas usadas por excelencia son el oro y la plata. Generalmente, son texturas que se atribuyen a los gloriosos y la divinidad, por ello, se tiende a usar el oro como atribución a Cristo que representa la Gloria y la Luz. Y la plata, normalmente, para Virgen, siendo esta una textura algo más sobria, que transmite más tristeza y seriedad si se compara con el oro. Cabe destacar, por la idiosincrasia de ciertas cofradías, el uso de otro material como el bronce.

Durante la investigación, se pudo observar que no siempre se usa el oro y la plata como texturas que envuelven los diseño, sino también destaca el uso de la textura de la caoba. Es una textura de madera oscura que aporta solemnidad y luto, muy acorde con la temática religiosa que nos aborda.

En esta fase de estudio también se pudo observar cómo existen pasos y capillas con otros estilos que no son el Barroco, como son el Rococó, Gótico o el Neoclásico, que por el simple hecho de desmarcarse del Barroco aportan más valor por la diferenciación del estilo artístico de formas y texturas del resto de diseños cofrades.

Por profundizar un poco más, los diseñadores de tronos y pasos de Semana Santa tienden a buscar en sus diseños un cierto parentesco con la arquitectura. En cada estilo artístico, en el campo que nos engloba, podemos observar cómo se desarrolla la pintura, la escultura, pero, además, la arquitectura. Esta arte es la que se utiliza para diseñar tronos con las particularidades de cada estilo artístico.

2.3.2. Idiosincrasia de la cofradía

Analizar la idiosincrasia de la cofradía es la pauta más importante en la fase de investigación para llevar a cabo un diseño exclusivo que contenga la personalidad de la cofradía. Para ello, dividimos este análisis entre culto externo e interno.

Es necesario comentar la iconografía de los Sagrados Titulares para contextualizar. Las advocaciones son las siguientes: Santísimo Cristo del Santo Traslado y Nuestra Señora de la Soledad. El conjunto del Señor está compuesto por un grupo escultórico que representa el Santo Traslado de Cristo al Sepulcro tras su muerte en la cruz compuesto por José de Arimatea, Nicodemus y el pastor Stefanus, que son acompañados por María de Cleofás, María Magdalena y María de Salomé.

Y, el conjunto de Nuestra Señora de la Soledad está formado por la propia Virgen arrodillada a los pies de la cruz con una sábana llamada “sudario” que con la que bajaron a Cristo. Este sudario resulta ser un elemento muy icónico de la Virgen. Ambas iconografías pueden verse en la figura 3.2.



*Figura. 3.2. Conjuntos procesionales del Santo Traslado y Ntra. Sra. de la Soledad.
Fuente: diariodepasion.net*

- Culto interno

Se conoce como culto interno todas las distintas muestras de fe que se realizan en el interior de la Iglesia, ya sea en la nave principal o en las distintas capillas. Es, según los Estatutos de la Hermandad, el culto más importante, porque es donde se veneran a nuestro Sagrados Titulares.

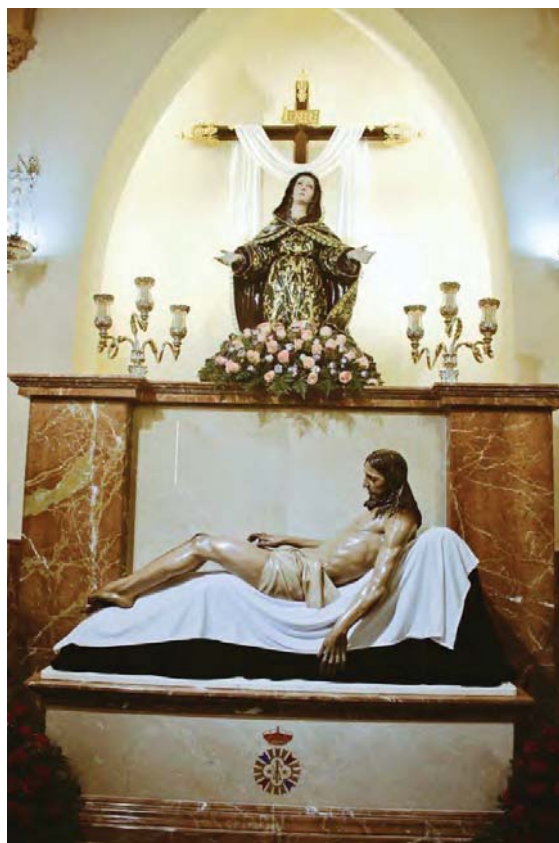
En el caso en el que nos acontece la cofradía del Santo Traslado se encuentra en una capilla dentro de la Iglesia de San Pablo, Iglesia que comparte junto a cofradías famosas como el Cautivo o Salud. Dicha parroquia se encuentra en el barrio de la Trinidad de Málaga.

La Iglesia de San Pablo pertenece al estilo neogótico con un diseño original de Jerónimo Cuervo tras el encargo efectuado en 1873. Dicha parroquia se caracteriza por contener elementos propios de este estilo como arcos apuntados, bóveda de crucería, contrafuertes, arbotantes y vidrieras. Todo esto acompañado del beige como color de fondo, y, naranja y dorado como colores empleados para los detalles.



*Figura 3.3. Iglesia de San Pablo.
Fuentes: Palio de Plata y Juany Jimenez Torres.*

Una vez contextualizado la sede espiritual de la cofradía, vamos a analizar la estética que tiene la capilla. La actual capilla fue inaugurada en 2018 con un nuevo diseño del arquitecto Emilio Betés, que servía como solución ante una necesaria reforma debido a la antigüedad de ésta. La capilla pertenece a un estilo clásico, donde la Virgen se encuentra en la parte superior y el Cristo en un catafalco en la parte inferior. En la capilla predominan las líneas rectas combinado con mármol de color marfil y burdeos con un fondo de estuco que sirven como texturas. La hornacina de la Virgen de la Soledad está rematada con un arco ojival, acorde con el estilo neogótico del templo. Además, en ambos lados cuenta con una lámpara plateada con forma de incensario de luz artificial. Recientemente se le ha añadido una reja alrededor de la capilla de color negro que sirve como protección de los titulares debido a un acto vandálico que sufrió el Cristo en su brazo. En la figura 3.4. se puede ver la configuración de ambos en la capilla.



*Figura 3.4. Capilla en la Iglesia de los Sagrados Titulares.
Fuente: Cofradía del Santo Traslado y Soledad.*

- Culto externo

Se llama culto externo a toda demostración de fe que se realizan en la calle, como conocemos popularmente en Málaga como procesiones.

Analizando detenidamente la cofradía el día de la procesión del Viernes Santo, podemos observar que tanto el trono del Cristo del Santo Traslado como el de Nuestra Señora de la Soledad pertenecen al Barroco y Neobarroco, debido a la evolución que está tomando esta corriente artística gracias a la Semana Santa.

El conjunto del Señor está compuesto por un grupo escultórico, como se ha comentado anteriormente, que conjunto a Cristo, representa Su Traslado al Sepulcro tras m. En la capilla no cuenta con el acompañamiento de este grupo. El trono está realizado en madera y dorado por el reconocido tallista Liébana. Cabe reseñar la particularidad de que dicho trono cuenta en cada esquina con un pebetero, que es un elemento que se encarga de evacuar el humo del incienso, en vez de usar puntos de luz como arbotantes o faroles tan frecuentes en otros tronos. Además de contar con un ángel custodio debajo de cada pebetero, como puede verse en la figura 3.5.



*Figura 3.5. Pebetero y ángel del Trono del Santo Traslado.
Fuente: anapi.com*

Para concluir el análisis del conjunto procesional del Señor, cabe reseñar las vestimentas y ropajes con las que cuenta el grupo escultórico, teniendo 2 equipos distintos de ropajes. Uno de época veneciana, como puede verse en la figura 3.2. y otro, de carácter más sobrio y de luto, siendo estos de color negro.

El trono de Nuestra Señora de la Soledad está realizado en metal cincelado plateado con detalles en dorado. El conjunto cuenta además con una cruz arborea y otra octogonal, según se elija para la salida procesional, similar a la de la capilla con un sudario. En este trono vuelve a repetirse la particularidad como en el del Señor, de que en cada esquina cuenta con un ángel, pero estos sujetan cada uno un farol que ilumina el conjunto en señal de reverencia a la Virgen, figura 3.6. (a). Estos ángeles tienen este protagonismo y posición porque antes de la reforma del trono actual, el trono contaba con otros ángeles que sujetaban cada uno una piña con rosas rosas, flor tan característica de Nuestra Señora, como se puede apreciar en la figura 3.6. (b) y que han sido una gran seña de identidad de este trono.



*Figura 3.6. Trono procesional de Ntra. Sra. de la Soledad. (a) y (b).
Fuentes: Cofradía del Santo Traslado y Soledad, y Málaga Hoy.*

Si seguimos analizando a la cofradía en el día de la procesión podemos ver cómo los diferentes enseres que portan los nazarenos y acólitos vuelven a verse inmersos en el Barroco, con la salvedad de la Cruz de guía, dorada también, que pertenece al Neogótico presente en el estilo artístico de la parroquia. Se trata de la Cruz de guía más antigua de la Semana Santa de Málaga.

La procesión cuenta también con un cortejo nazareno que dan paso a los tronos. Los nazarenos visten túnicas de terciopelo negras en señal de luto en ambas secciones, con la particularidad de que los capirotos y los cíngulos son burdeos para los nazarenos del Cristo como muestra de la Pasión, y azul turquesa para el caso de los nazarenos de la Virgen. En la figura 3.7. puede observarse el frente de procesión con la Cruz de guía y en la figura 3.8. los nazarenos de la corporación.



*Figura 3.7. Cruz de guía de la Cofradía.
Fuente: Pedro J. Pacheco*



*Figura 3.8. Túnicas de ambas secciones. Capirotos burdeos pertenecen a la sección del Santo Traslado y capirotos turquesa para la sección de la Virgen.
Fuente: Pedro J. Pacheco*

Es digno de reseñar las dos particularidades que ofrece la cofradía durante la procesión y que son señas de identidad en la actualidad: todos los nazarenos usan sandalias muy parecidas a las que lleva la Virgen (figura 3.9.) y la escuadra romana perteneciente a la hermandad.



*Figura 3.9. Sandalia de Ntra. Sra. de la Soledad.
Fuente: elaboración propia.*

La escuadra romana es un conjunto que con el paso de los años han ido suprimiendo las cofradías de Málaga, pero esta corporación ha cuidado desde el primer momento que se empezaron a suprimir, siendo en la actualidad la única que permanece viva en Málaga. (Figura 3.10.)



*Figura 3.10. Uniforme de la escuadra romana.
Fuentes: Diario Sur y Cofradía del Santo Traslado y Soledad.*

2.3.3. Andas actuales

Para concluir este apartado de antecedentes es necesario un resumen como información de partida para establecer unos objetivos, debido a que más adelante, se va a exponer todos los datos y etapas más específicamente en su respectivo epígrafe en la fase de recogida de información.

Las actuales andas son una estructura de pequeñas dimensiones si se compara con los tronos de procesión. Tienen dos funcionalidades principales:

- Servir de estructura y soporte de la Virgen para los distintos traslados que la cofradía lleva a cabo durante el año. Se trata de una estructura de pequeñas dimensiones que actualmente se encuentran deterioradas, no hasta el punto de ser inservible, pero si es visible el paso de los años. Cuenta a su vez con un cajillo que sirve de embellecedor de la estructura y se suele adornar con flores.
- Como ya se ha comentado anteriormente, sirven como mecanismo de elevación y bajada de la Virgen, es decir, cumple la función de colocar a la Virgen en distintas alturas, ya sea para ascenderla al trono procesional como para descenderla y colocarla en el suelo. Ambos procesos requieren de un considerable esfuerzo humano. Este mecanismo se basa en el uso de aceite como fluido que trabaja a presión gracias a cuatro tubos hidráulicos y una manivela.

Para tener una mejor comprensión de estas funcionalidades se recomienda ver el anexo A.

2.4. Fase de recogida de información

En esta fase de la metodología de Análisis del Valor se hace un estudio de todas las variables y la obtención de información a tener en cuenta para encontrar una solución que satisfaga las necesidades de la cofradía, para así, aportar un diseño que suponga una mejora del proceso de elevación y bajada de las actuales andas, además de encontrar un diseño de cajillo personal para la Virgen.

Requisitos y datos:

- Peso propio de la escultura de Nuestra Señora de la Soledad: 250 kg aprox.
- La escultura de Nuestra Señora de la Soledad cuenta en la parte inferior de la base de:
 - o 4 ruedas de 65 milímetros de diámetro y 15 milímetros de espesor, separadas 940 milímetros de la del mismo eje y 845 milímetros de la del mismo raíl.
 - o 2 barras horizontales transversales con 2 agujeros cada una para uniones atornilladas.
 - o 2 pestañas, una en cada lado del interior de la base para unión mecánica.
- Altura capilla: 2,14 metros.
- Altura trono procesional de Viernes Santo: 2,98 metros.
- Ancho puerta principal de la Parroquia de San Pablo: 2,80 metros.
- Ancho puerta de la reja de la capilla: 2,64 metros.
- Nueva estética del cajillo acorde con la idiosincrasia de la cofradía, de la capilla o de la propia escultura de Nuestra Señora de la Soledad.
- Dimensiones parecidas a las actuales andas.
- Mecanismo que simplifique tiempos, esfuerzo, mano de obra y menos medios auxiliares.
- Andas de traslado más ergonómica.

2.5. Fase de análisis funcional

Una vez establecido los requisitos para aportar un nuevo diseño de andas se procede a realizar un análisis de todo lo que engloba a las actuales andas, es decir, un análisis funcional del mecanismo y de la propia estructura en sí, por ello, se recomienda para una mayor comprensión leer en Anexo A perteneciente al análisis estructural y del funcionamiento del mecanismo.

Las andas actuales, que fueron diseñadas y elaboradas por un hermano de la cofradía, tienen las dos funciones de servir como estructura de transporte y como mecanismo, ya expuestas en el apartado 3.3., pero es en este apartado donde se va a analizar más detalladamente.

Esta fase de recogida de información se divide en los siguientes puntos.

2.5.1. Diseño del cajillo

Para el caso en cuestión, como ya se ha comentado, las andas actuales cuentan con un cajillo que sirve de adorno para la estructura tan propia de los tronos procesionales, sirviendo este como embellecedor estructural.

Dicho cajillo tiene forma rectangular que se divide en cuatro módulos (piezas) de madera, desmontables y atornilladas a la estructura. 2 piezas iguales para la parte frontal y trasera, y 2 piezas iguales para los laterales de la estructura, siendo estos módulos más largos que el frontal y trasera.

Cada módulo está compuesto a su vez por 2 piezas, una de madera que usa como color la textura de la madera de la que está hecha donde se le aplicó una capa de barniz oscuro para darle más resistencia a la superficie y sobriedad como se puede ver en la figura 5.1.(a). Se usan elementos como las líneas rectas y cubos tan característicos de las cornisas de los templos pertenecientes al estilo clásico.

Y, además, otra pieza en el punto intermedio de la pieza base de madera con una banda plateada de alpaca repujada con formas florales repetitivas. Estas formas florales sirven como guiño al estilo clásico que desarrollaron los antiguos romanos gracias al desarrollo en dicha cultura de los famosos florones, como se observa en la figura 5.1.(b).

Como se ha indicado anteriormente, la textura juega un valor muy importante en cuanto a la percepción del conjunto debido al estímulo que produce al espectador combinando la textura de la madera con la de la banda plateada, aportando sobriedad al conjunto debido a que se trata de una imagen que transmite luto.

En cuanto al volumen podemos observar que tiene un diseño que aporta ligereza debido a que no es volumétrico, combinándose con formas cóncavas, convexas, y aristas marcadas en las partes inferiores y superiores de las andas.

Estas andas transmiten dinamismo y sensualidad debido a las formas ondulantes y redondeadas, con un buen tratamiento superficial. También destaca la ligereza y la estabilidad que gana el conjunto.

Hay que destacar que este diseño cuenta con estimulación sonora debido a que siempre que se usa las andas para el traslado de la Virgen la cofradía contrata una capilla musical que interpreta piezas musicales relacionadas con la Pasión de Cristo.

A nivel de análisis compositivo podemos ver el ritmo que transmite el diseño del cajillo repitiéndose alrededor de él. No existe proporcionalidad del cajillo debido a que se buscó desde un primer momento el protagonismo de la Virgen, por ello, tiene esas medidas para tratar de pasar desapercibido.

Las placas se unen a la madera por medio de tornillos que se camuflan debido a que tanto el acero del tronillo como la alpaca tienen texturas parecidas. A su vez también, cada pieza del cajillo se une a las andas por uniones atornilladas, pero éstas se encuentran en las caras interiores de las andas, fuera del alcance de la vista.

Es destacable el desgaste del cajillo debido al paso del tiempo y al uso. Tanto las placas como la madera, actualmente, cuentan con bastantes agujeros y mordeduras debido a las uniones atornilladas que hacen que pierda valor artístico de las andas. Además, cada vez es más frecuente la limpieza de las placas de alpaca debido al óxido oscuro originado por la corrosión ambiental.

Para concluir el análisis estético, reseñar que a este conjunto estético hay que añadirle flores con la función de adornar, obteniendo así junto el resto de elemento, una cierta complejidad en cuanto a la totalidad.



*Figura 5.1. Andas de traslado de Ntra. Sra. de la Soledad. (a) y (b).
Fuentes: elaboración propia.*

2.5.2. Estructura

La estructura base de las andas se trata de acero. El acero es un material resistente por su límite elástico por lo que supone un elevado peso para unas simples andas.

La estructura cuenta con 4 patas que cumplen con la función de pilar unidas por barras en la parte superior de la estructura que funcionan como vigas de atado, similar a los pórticos del mundo de la construcción. A su vez, cuenta con 4 vigas tipo Pratt que sirve como refuerzo, además, de servir como acople de los varales cuando la estructura tengan la función de andas de traslado.

También cuentan con barras diagonales y horizontales en la parte media e inferior para asegurar aún más la estructura, que suponen un peso añadido y que dificultan el trabajo para las situaciones en las que hay que elevar o bajar a la Virgen. Lo mismo que existen 4 barras que sirven de atado en la parte superior de la estructura, también existe 4 barras de atado en la parte inferior.

Todas las uniones de las distintas barras son soldadas, salvo las uniones que se colocan en las vigas tipo Pratt para unir los cuatro varales a la estructura. Estas uniones son por medio de uniones atornilladas, que junto a una pletina se ejerce presión sobre los varales y estos quedan unidos.

Cuando se colocan los varales en las andas durante los distintos traslados de la Virgen es necesario emplear entre 40-50 personas, dependiendo de la demanda por parte de los hermanos y devotos que quieren participar en dichos traslados. Dichos varales, aunque se le hayan acoplado una lámina de aluminio para hacerlos más cómodo, no son ergonómicos debido a los 45 milímetros de ancho de la sección y que suponen una incomodidad para los hombres de trono para el traslado de unas simples andas.

La escultura de la Virgen cuenta con una estructura auxiliar colocada en la estructura que sirve para unirla con la estructura por medio de una unión mecánica. En los momentos en los que la Virgen sube o baja gracias al mecanismo, esta estructura sigue unida a la Ella. Dicha estructura auxiliar cuenta con dos barras que sirven de rail para el movimiento lineal de la Virgen debido a que cuenta con 4 ruedas en la base inferior.

Existen 2 estructuras auxiliares más que sirven de nexo entre la estructura y la capilla/trono procesional, una sirviendo como estructura base que soporta a la otra, teniendo esta última railes que facilitan el desplazamiento de la Virgen.

Para que la propia estructura pueda desplazarse con facilidad, se cuenta con un carrito con ruedas bastante robusto pero que simplifica el trabajo a la hora de usar el mecanismo, ya que este cuenta con topes que se echan en el momento que se va a elevar la Virgen con el fin de estabilizar la estructura y no se mueva. La estructura por gravedad se une encajándose en varias aperturas del propio carrito y para asegurar la unión se colocan presillas, uniendo las barras que componen el carrito con las barras inferiores de atado de la estructura. Dicho carrito tiene unas dimensiones parecidas a las andas debido a que es una sola pieza(estructura).

Es necesario siempre que se va a manipular la estructura el uso de un carrito de herramientas y entre los dos responsables de las andas se colocan los varales, el cajillo, las cabezas de varal y el arco de campana.

2.5.3. Mecanismo

El mecanismo se compone de 4 tubos hidráulicos de aceite situados al lado de cada una de las patas en las esquinas de las andas. Dichos tubos se encajan por la parte inferior en el carrito y por la parte superior a la estructura auxiliar situada en la base de la Virgen.

Existe una manivela que, con un trabajo manual de algún hermano de la cofradía, hace que se eleve la estructura auxiliar ya sea con o sin Virgen. Dicha manivela es algo pesada y se une a la estructura para su funcionamiento por medio de uniones atornilladas al igual que los tubos.

De la manivela sale una manguera que se bifurca en 4 mangueras que se conectan por medio de una unión mecánica a los tubos para que funcione el mecanismo. Tanto los tubos como la manivela cuentan con válvulas para asegurar que no existan fugas de aceite cuando el mecanismo no está en funcionamiento.

Como se ha comentado en el apartado anterior, el carrito cuenta con 4 fijadores que se colocan cuando la Virgen va a ser elevada o bajada, necesario para ganar estabilidad durante el proceso.

A continuación, se va a explicar el proceso de elevación y bajada de la Virgen:

- De la capilla a las andas.

Esta es la función principal de las andas: mover a la Virgen de la capilla a las andas y tras esto, hacerla llegar al trono de Viernes Santo por medio de un traslado público.

Las andas y el carrito se sitúan próximos a la capilla, mientras se van colocando las estructuras auxiliares que sirven de nexo entre capilla y andas. Tras esto, se procede a elevar la estructura base con el raíl para colocarlo a la altura de 2,14 metros en la que se encuentra la Virgen en la capilla. Se colocan los tubos hidráulicos en su posición y antes de darle a la manivela para elevar la estructura base, se comprueba que las conexiones de las mangueras con los tubos están bien colocadas y no hay riesgo de fugas, asegurándose de que las válvulas están abiertas para poder realizar la elevación.

Una vez que la estructura base se encuentra a una cota cercana a la de la capilla, las andas se aproximan a la estructura auxiliar en el camino que tiene que recorrer la Virgen. Se sigue elevando la estructura base hasta que encajan las barras que componen los raíles. Tras esto, se cierran las válvulas y se colocan los fijadores del carrito. Varios hermanos quitan las uniones de la base de la Virgen de la capilla y entre 5 personas la desplazan linealmente hasta llegar a las andas debidamente colocada. Se une a la Virgen a las andas y se abren las válvulas para, así, gracias a la gravedad por el propio peso descienda. Una vez la estructura base de la Virgen llega a la parte superior de la estructura de las andas se vuelven a cerrar las válvulas, y ya queda el conjunto preparado como andas de traslado o para bajar a la Virgen al suelo para su culto en la Iglesia.

- De las andas al trono procesional.

Para poder realizar esta etapa, se necesitan los mismos medios y estructuras auxiliares en el salón de tronos esperando a que lleguen las andas de traslado y realizar la elevación al trono procesional tras el traslado público. Dicho traslado se realiza sin el carrito para la estructura, éste se coloca sólo cuando hace falta usar el mecanismo o para manipular más fácilmente la estructura.

Para que se realice el traslado público se ha tenido que colocar primero los varales en las andas, en los acoples de la viga tipo Pratt, debido a que, para trabajar con el mecanismo de una manera más cómoda, estos se quitan.

Previamente al traslado, se colocan las estructuras auxiliares en el trono procesional y se deja todo preparado para trabajar de una forma más rápida. Tras la llegada de las andas al salón de tronos, se unen las andas con el carrito gracias al esfuerzo de todos

los hombres de trono. Del mismo modo, se quitan los varales para así tener menos elementos por medio.

Destacar que, durante el traslado, los tubos hidráulicos permanecen en el interior de las andas, lo que supone un aumento considerable del peso del conjunto. Se coloca la manivela en su posición junto con las mangueras que se encuentran en la casa-hermandad. Vuelve a repetirse el mismo proceso descrito en el punto anterior pero esta vez con la Virgen. Se aproximan las andas al trono procesional y se empieza a elevar el mecanismo con la manivela. Antes de encajar los raíles, se procede a situar las andas en la posición correcta para que encajen bien y, tras esto, colocar los fijadores del carrito para asegurar el movimiento. La Virgen se eleva hasta los 2,98 metros, que es la altura a la que se encuentra situada en el trono de procesión.

Se quitan las uniones de la base de la Virgen para poder desplazarla hasta el trono y una vez llega a su posición, se vuelve a unir, pero a la estructura del trono. Se abre la válvula de la manivela para que la estructura base auxiliar de las andas baje hasta su posición en la estructura de las andas.

Se recogen todos los elementos auxiliares y las andas se quedan ya montadas preparadas para el siguiente traslado debido a que el trono de procesión sólo se utiliza el Viernes Santo y la Virgen debe estar de vuelta a su capilla.

- De las andas al suelo.

Esta es la otra opción que se plantea debido a que una vez al año se baja a la Virgen a una estructura de poca altura para su veneración en la Iglesia por la festividad de su advocación. Para ello, existen otras estructuras auxiliares que a continuación se desarrolla:

Para comenzar, la Virgen está situada en su posición en las andas y debidamente unida. Ésta cuenta en su parte inferior, además de 4 ruedines, con 2 barras transversales. Estas barras están situadas de una forma para una fácil accesibilidad debido a que se le unen 2 estructuras auxiliares que tienen 2 huecos cada una para poner 2 varales. Estas piezas se unen a las barras del interior de la Virgen por medio de uniones atornilladas, y tras esto, al poner los varales, estos también se unen por medio de uniones atornilladas.

Hasta el momento, nos encontramos con la Virgen unida a la estructura de las andas, y unida a la ésta hay 2 varales que se van a usar para bajarla al suelo. Se procede a quitar las uniones de la Virgen con las andas, y con el esfuerzo de alrededor de 10 hermanos, se eleva a la Virgen levemente para que otro hermano desplace las andas a otro sitio y no supongan un estorbo. La Virgen no se mueve de sitio, lo único que cambia es de altura. Tras esto se procede a quitar estos varales y piezas auxiliares, y entre varias personas levantan a la Virgen y se sitúa debajo de Ella una estructura que sirve de peana.

Se recoge todos los elementos y se procede a colocar todos los adornos en la Iglesia para dejarlo todo decentemente para el culto.

Del mismo modo se realiza el proceso a la inversa.

- Recogida de datos.

A continuación, se expone los datos obtenidos durante distintas ocasiones de elevación/bajada de la Virgen:

Mano de obra

- Una media de 3 personas trabajando continuamente, ya sea en la Iglesia o en el salón de tronos.
- 4 personas para transportar las andas con el carrito y 1-2 personas para guiar y cortar rápidamente el tráfico, debido a que el trayecto desde la casa-hermandad es de 200 metros.
- 10 personas para meter las andas en el interior de la Iglesia desde la Plaza de San Pablo. Dicha entrada tiene escaleras, salvo en Semana Santa que se coloca una rampa.
- 8 personas para colocar y desplazar a la Virgen ya sea de la capilla a las andas y viceversa o de las andas al trono procesional. De las cuales:
 - 4 se colocan en la capilla y en las estructuras auxiliares que sirven como nexo.
 - 1 en el interior de las andas para usar la manivela.
 - 4 en el exterior de las andas para empujar la estructura y colocar los fijadores del carrito.
- Alrededor de 16 personas en los momentos de gran esfuerzo humano como en la fase bajada/subida de la Virgen desde las andas al suelo.
- 6-8 personas para transportar la propia escultura de la Virgen.

Normalmente, cuando se sube/baja a la Virgen suelen venir un bastante número de hermanos para agilizar todo el proceso y ayudar, además de ser momentos íntimos de la cofradía, pero es destacable la cantidad de personas para realizar dicha actividad.

Tiempos

- Alrededor de 1 hora y 10 minutos para bajar a la Virgen desde la capilla hasta las andas y dejar preparada la estructura como andas de traslado, sin contar el tiempo empleado en la colocación de elementos decorativos.
- 45 minutos en elevar a la Virgen desde las andas hasta el trono procesional.
- 1 hora y media para bajar a la Virgen desde la capilla hasta el suelo.

2.6. Fase de búsqueda de ideas y soluciones alternativas

Una vez se ha recogido la información necesaria y se ha realizado un análisis funcional de las actuales andas, se va a buscar distintas soluciones para el rediseño de las andas. En la fase anterior se realizó un análisis profundo de las funciones de los elementos que componen las andas, para que en este apartado se analicen los distintos problemas, y en el siguiente, evaluar cual es la mejor solución.

Existen varias actividades para el análisis de los problemas, el escogido para nuestro caso en cuestión y que se adapta perfectamente a la metodología de análisis de valor es el análisis de las inconsistencias visuales y funcionales. Dicha técnica consiste en un estudio de las características formales y funcionales de un producto ya existente y que se quiere mejorar para que en el futuro tenga solución los problemas que origina las andas actuales.

2.6.1. Análisis de los problemas

El análisis de los problemas se realizó de manera independiente entre diseño de cajillo, estructura y mecanismo:

- Diseño de cajillo

El cajillo actual satisface las necesidades para el que se realizó. Se trata de un diseño ligero, acorde con la estética de luto y sobriedad de la cofradía, respetando las líneas rectas tan características del mundo clásico junto a motivos florales aportando una personalidad barroca. Este cajillo podría ser aún más personal, debido a que, si estas andas se prestan a otra cofradía para sus imágenes, desde el punto de vista estético, no se sabría decir si pertenece a esa cofradía u otra.

Es destacable también el paso del tiempo debido a que cada vez hay que limpiar dicho cajillo con más frecuencia, sobre todo la placa de alpaca repujada. Además, del deterioro de la madera y el barniz que se aplicó como acabado superficial.

Son muy numerosos los agujeros y mordeduras para las uniones atornilladas de la madera base y de la placa, haciendo que pierda calidad artística.

- Estructura

Gracias a la explicación y fotos del Anexo A se ha podido observar cómo es la estructura de acero de las andas. En cuanto a dimensiones satisface con creces la demanda de la cofradía debido a que se trata de unas dimensiones reducidas.

Desde el punto de vista estructural, se trata de una estructura pesada debido al material (acero) si se compara con otros metales o aleaciones y la cantidad de barras que tiene, aumentando el peso propio para las dimensiones de dicha estructura.

Como se puede observar en las distintas imágenes de la estructura de este proyecto la estructura tiene tantas barras porque no fueron calculadas ni dimensionadas por un ingeniero, dicha estructura fue elaborada y soldada por un hermano de la cofradía que

trabajaba en el mundo del acero. Por tanto, aporta ligereza de la estructura se convertirá en uno de los objetivos de dicho proyecto.

Además, existen varias estructuras auxiliares que se pueden haber ahorrado en el momento de la fase de estudio del mecanismo de las actuales andas, empleando así más personas para ayudar a dejar a punto las andas.

Los 4 varales que componen las andas cuando se va a realizar el traslado no son ergonómicos debido al ancho de la sección. Se trata de un ancho que se hince en el hombro de los hombres de trono y que suponen una incomodidad junto al peso que se tiene que soportar para trasladar el conjunto.

- Mecanismo

Como se ha explicado, el mecanismo también tiene medios auxiliares que suponen un estorbo por el tipo de mecanismo que se usa para satisfacer la necesidad de elevar o bajar a la Virgen.

Tanto la manivela como los 4 tubos hidráulicos son pesados debido al volumen de aceite que estos portan en su interior. Cada vez es más frecuente las fugas de aceite que se producen cuando se estás utilizando el mecanismo, la solución actual a ese problema es colocar prendas de tela y que se enrollan en las uniones de las mangueras y los tubos para así dificultar la fuga en las uniones.

También es destacable la cantidad de tiempo y esfuerzo que se emplea con el uso de la manivela y colocación de todos los elementos del mecanismo, además de la cantidad de personas que se hacen necesarias siempre que se va a mover a la Virgen.

Una vez se han observado todos los problemas que supone las andas de traslado y el mecanismo actual, se van a convertir estos problemas en puntos fuerte y requisitos a tener en cuenta para obtener una buena propuesta de valor que satisfaga las necesidades de la cofradía.

2.6.2. Soluciones alternativas

Para encontrar distintas soluciones antes de tomar una decisión en la fase de evaluación de alternativas, se realizó un brainstorming (tormenta de ideas) con la información obtenida en el análisis de inconsistencias visuales y funcionales, para así, reunir una serie de requisitos y condiciones de diseño.

Tras esta actividad, se realizó una etapa de bocetaje para tener una amplia gama de posibles soluciones que supongan un valor añadido para el propio diseño de cajillo, una nueva estructura y un mecanismo que simplifique todo el proceso.

A continuación, se muestra un diagrama en el que se plantean los objetivos para el rediseño de las andas, que fue consultada con los miembros de la junta de gobierno responsables de las andas, donde primero se preparó una lista de objetivos, y tras esto, ordenar de forma jerárquica los objetivos de nivel superior e inferior:

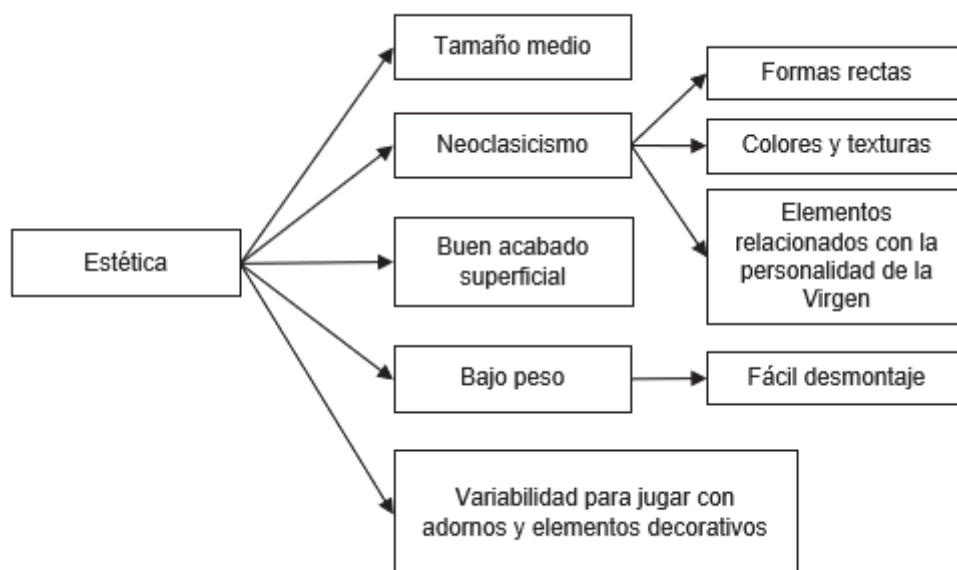


Figura 6.1. Requisitos estéticos. Fuente: elaboración propia.

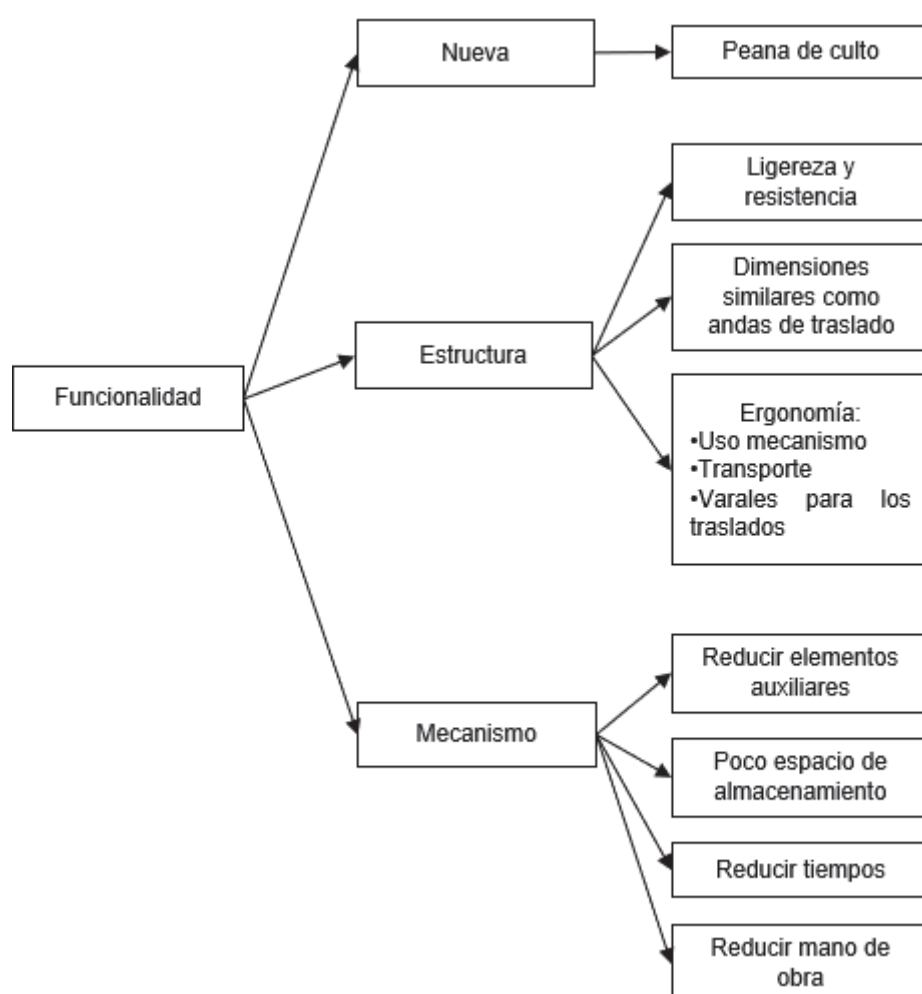


Figura 6.2. Requisitos funcionales. Fuente: elaboración propia

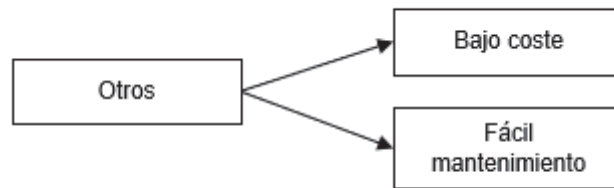


Figura 6.3. Otros requisitos. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama, se ha planteado el rediseño de otro cajillo con un estilo neoclásico debido a que es la conjunción perfecta mezclando formas provenientes del mundo clásico con una mayor ornamentación debido a la influencia del barroco. Además, se escoge este estilo artístico porque las andas de traslado son el nexo entre la capilla (con un estilo clásico) y el trono procesional (estilo barroco). Es vital es correcto uso de los colores y texturas para conseguir dicho objetivo. Será necesario un buen acabado superficial para que los elementos que componen el cajillo sean más duraderos.

También se quiere reducir pesos debido al tamaño medio del cajillo, por ello, es necesario encontrar una madera ligera y que sea resistente. El cajillo debe de tener una forma para poder colocar elementos decorativos en las esquinas de éste como faroles, candelabros, piña de rosas, etc...

Como aumento del valor con respecto a las andas actuales se ha planteado el objetivo de que las andas cumplan un objetivo más, es el de que funcione como peana de culto para exponer a la Virgen en su festividad. Se trata de un valor añadido que la cofradía carece debido a la ausencia de una peana digna para el culto. En la actualidad, la cofradía usa una estructura de pequeñas dimensiones y que se embellece gracias a una tela que hacen la función de faldón y que se rodea de adorno floral para tapar las inconsistencias visuales, como ya se ha explicado. Esta idea cuenta con el apoyo de varios hermanos que anhelan la idea de tener una peana de culto digna que acompañe a Nuestra Señora de la Soledad durante su festividad. Por ello, el cajillo debe de tener un diseño personal para la Virgen, y que restringe la clase de mecanismo necesario para cumplir dicho objetivo.

En cuanto a la estructura metálica, se requiere usar un metal que sea ligero y que aguante las sollicitaciones a las que estará sometida. Se desea respetar las dimensiones de las actuales andas porque se tratan de unas dimensiones con la que la cofradía trabaja de manera satisfactoria.

Y, por último, un aspecto a tener en cuenta para mejorar el valor de la estructura metálica es la ergonomía, siendo necesario usar una sección para los varales que suponga una mayor comodidad que los actuales (se hincan en el hombro), calcular una estructura que suponga una reducción de peso para un fácil transporte con los patines puestos y no entorpezca el trabajo cuando se vaya a usar el mecanismo.

Existen una cantidad de mecanismos aplicables en función de un diseño estructural y otro, depende de las dimensiones que se busque. Por ello, los requisitos para el mecanismo es que se reduzcan elementos auxiliares, mano de obra y tiempos. Y que a su vez también ocupe poco espacio para su almacenamiento y no suponga un estorbo.

Otros aspectos para tener en cuenta para el rediseño de las andas es que se obtenga un presupuesto lo más reducido posible y que se tenga un fácil mantenimiento por parte de los miembros responsables de éstas.

- Bocetos y diseños conceptuales del cajillo.

Para un mejor entendimiento de todos los bocetos planteados para el cajillo se recomienda la lectura del apartado 1 y 2 del anexo B de bocetos y diseño conceptual.

Para el diseño de cajillo que se plantea se han realizado una serie de bocetos con el fin de obtener un resultado que satisfaga siguientes los objetivos y requisitos estéticos:

- Tamaño medio sin afectar al protagonismo de la escultura de Nuestra Señora de la Soledad.
- Uso de materiales que aporten ligereza al conjunto.
- Un diseño de cajillo perteneciente al estilo neoclásico. Se escoge este estilo artístico debido a:
 - Escuadra romana perteneciente a la cofradía. El estilo Barroco predomina en los tronos y enseres de la propia corporación, pero existen elementos como esta escuadra romana que aportan valor y son una seña de identidad. Dicha escuadra está compuesta por ropajes y armaduras pertenecientes al estilo clásico.
 - Capilla de la Iglesia. La capilla en la que se encuentran los Sagrados Titulares fue reformada y renovada recientemente por el arquitecto Emilio Betés, en la que predominan las formas clásicas con líneas rectas y el uso del mármol como textura predominante en la capilla, usando los colores rosa-anaranjado y beige. Lo único que se respeta del diseño de la antigua capilla es el arco ojival.
 - Como las andas son un elemento que sirve de nexo entre la capilla (estilo clásico) y el trono procesional (estilo barroco), el mejor estilo que supone una mezcla entre ambos es el Neoclásico, donde se respetan las formas del estilo clásico acompañada de una ornamentación un poco más recargada que el propio estilo clásico.
- Uso de colores y texturas presentes en la Virgen, donde se puede observar los colores: verde oscuro para el exterior del ropaje de la Virgen, dorado para los detalles de este ropaje y burdeos en el interior.
- Buen acabado superficial con el uso de una capa barniz que refuerce el acabado superficial para aguantar más tiempo.
- Diseño modular.
- Variabilidad para usar faroles, candelabros, piña de rosas, etc, como elementos decorativos de las esquinas.

A continuación, se muestra una comparativa de varias maderas rojizas para poder escoger la mejor para este rediseño:

	Sapelly	Cedro (cuidado resina del interior)	Bubinga	Cambara	Acacia	Caoba	Abedul
Origen	África Tropical	Pacífico	África	Tropical	Muchas especies Europa	Centro y Sur América	
Coste	Barato	Medio			Elevado (Especie invasora en España)	Elevado	
Mecanizado	Medio	Fácil	Difícil, necesita más potencia	Fácil	Bueno Al trabajarla provoca alergia e irritación ojos	Fácil	Medio
Rojizo	Tirando a castaño	Más rojiza	Pardo rojizo	Marrones, pardos y rosas	del amarillo al marrón	del amarillo blanquecino al rojo claro	del amarillo al anaranjado
Fibra	Entrelazada	Recta		Recta	Recta	Recta	
Grano	Fino y de poro pequeño	Medio			Medio	Fino-Medio	Fino
Resistencia Humedad	Buena	Buena		Malo	Buena	Buena	Malo
Resistencia insectos	Mala	Buena		Mala	Buena	Buena	Malo (existen tratamientos)
Usos	Muebles, chapas y parquet.	Mobiliario calidad, Exteriores y barcos. Instrumentos, juguetes y ataúdes	Muebles, torneados, chapas decorativas y carpintería de exterior	Muebles	Muebles, parquet y barcos, también exteriores. Vigas, postes ferrocarril	Ebanistería, muebles y chapas	Chapas, torneados y carpintería interior
Densidad kg/m3	Pesada o semipesada 680-690	Ligera 490-550		600	Pesada 770	Semiligera 570-600	Pesada 650
Tiempo	Se oscurece con la luz					Con la luz se oscurece	

Tabla 6.1. Comparativas maderas rojizas. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.4. Texturas maderas rojizas. Fuente: Maderame.com

- Estructura metálica.

La siguiente tabla muestra una comparativa con datos generales de aluminio y acero, sin entrar en ninguna aleación, para poder decidir qué material es el más eficaz para la estructura metálica de las andas:

	Aluminio	Acero
Módulo elasticidad (N/mm ²) E	70.000	210.000
Módulo rigidez cortante(N/mm ²) G	280.000	840.000
Módulo Poisson	0,33	0,28
Peso específico (g/cm ³)	2,7	7,8
Punto fusión(°C)	660	1500
Rango temperatura trabajo	-250 a 150	-50 a 500
Conductividad térmica (W/m °C)	200	76
Conductividad eléctrica (m/Ohm mm) ²	29	7
Coef. expansión lineal (°C) ⁻¹	24*10 ⁻⁶	12*10 ⁻⁶
Magnético	No	Si
Resistencia a la corrosión	Si	Si
Coste	Barato	Caro
Mecanizado	Fácil	Fácil
Maleable	Si	Si
Soldadura	-	+
Innovación	+	=

Tabla 6.2. Comparativa metales. Fuente: Elaboración propia.

- Bocetos y diseño conceptual mecanismo.

Para concluir este punto, también es necesario bocetar y plantear distintos mecanismos ya existentes en el mercado que puedan adaptarse a las siguientes exigencias:

- Mecanismo capaz de elevar una peana de alrededor de 1 metro de altura, o elevar sólo a la Virgen situada a 1 metro de altura.
- Menor número de elementos auxiliares.
- Poco espacio de almacenamiento
- Reducir tiempo de elevación y bajada de la Virgen.
- Reducir la mano de obra que trabaje para dicha actividad.

Como se ha comentado, se plantean 2 posibles opciones, la primera es elevar todo el conjunto, es decir, tanto la peana (estructura base de las andas) y la Virgen. La otra opción es elevar sólo a la Virgen. Por ello, se plantean estos dos posibles mecanismos:

MECANISMO 1

Consiste en el uso de una grúa tijera que se introduce en el interior de la estructura base (peana), con un diseño de ésta capaz de poder introducirse en su interior. Este mecanismo pertenece a la primera opción en el que se eleva tanto esta estructura como la Virgen.

La Virgen en todo momento debe de estar unida a esta estructura y una vez llegue el conjunto a la altura necesaria, ya sea la de la capilla o la del trono procesional, debe quitarse esta unión y mover linealmente la escultura gracias a las estructuras auxiliares ya existentes.

MECANISMO 2

Este segundo mecanismo consiste en el uso de una grúa con una plataforma de pequeñas dimensiones similar a las que usan los camiones-grúa de mudanza. Esta opción implica que sólo eleva a la escultura de la Virgen, colocándose la plataforma justo detrás de la peana.

Esta plataforma necesita que se coloquen 2 barras que sirven como raíl para facilitar el movimiento lineal de la Virgen. Se puede graduar tanto la longitud y el ángulo de la grúa para conseguir el objetivo de elevar y bajar a la Virgen.

Dicha opción reduce el uso de estructuras auxiliares para colocar a la Virgen en la posición que se quiere.

2.7. Fase de evaluación

En esta fase se van a evaluar las diferentes soluciones planteadas en el apartado anterior para la toma de decisiones multicriterio.

Existen múltiples métodos para la toma de decisión multicriterio para elegir la propuesta más óptima, debido a que se plantean varias posibles opciones con una serie de requisitos y criterios que deben previamente ordenarse de mayor peso a menor.

Se ha escogido es el método Datum porque se trata de un método para la toma de decisiones cualitativas de las distintas opciones que se plantean. Por tanto, se va a usar este método para la elección del material tanto del cajillo como estructura metálica.

Este método se basa en el uso de (+) para la opción que mejor cumple el objetivo, (=) para la opción que no suponga ni una mejora ni un empeoramiento con respecto a las andas actuales, y (-) para la opción que se adapta de peor forma.

2.7.1. Evaluación del cajillo y elementos decorativos

Como se ha visto, se barajan varios tipos de madera rojizas, a la escogida se le aplicarán un barniz para oscurecerla para conseguir un tono parecido al del interior del ropaje de la Virgen.

Aspectos a tener en cuenta para una mejor interpretación:

Coste: (+) cuando se trate de bajo coste. Mecanizado: (+) Fácil mecanizado.

Ligereza: (+) para más ligero.

	Andas actuales	Sapelly	Cedro	Cambara	Acacia	Caoba	Abedul
Coste	D	+	=	-	-	-	=
Mecanizado	A	=	+	+	+	+	=
Resistencia a la Humedad	T	+	+	-	+	+	-
Resistencia a insectos	U	-	+	-	+	+	-
Ligereza	M	-	+	=	-	=	-
$\Sigma +$		2	4	1	3	3	0
$\Sigma -$		2	0	3	2	1	3
Total		0	4	-2	1	2	-3

Tabla 7.1. Método DATUM para elección de la madera. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la mejor madera para usar como material base para las distintas piezas del cajillo y elementos decorativos es la madera de cedro.

En cuanto al diseño de cajillo de los bocetos propuestos se escoge el último dibujado. Este boceto se trata del diseño más completo y que cumple con todos los requisitos propuestos. Se usan todos los colores y texturas de la propia escultura de Nuestra Señora de la Soledad, supone una mezcla de estilos entre la capilla y el trono procesional, y da juego para transmitir algún mensaje bíblico gracias a las cartelas de los laterales.

En la fase de diseño detallado se explicará y justificará todos y cada uno de los aspectos que envuelve este diseño escogido.



*Figura 7.1. Boceto digital de cajillo escogido.
Fuente: elaboración propia. Illustrator*

2.7.2. Evaluación del metal

Para la elección del metal se sigue la misma técnica Datum, pero con los siguientes requisitos:

	Andas actuales	Aluminio	Acero
Módulo elasticidad (N/mm2) E	*	=	+
Módulo rigidez cortante(N/mm2) G	D	=	+
Densidad/Peso (g/cm3)	A	+	-
Resistencia a la corrosión	T	+	+
Coste	U	+	-
Mecanizado	M	+	+
Soldadura	*	-	+
Innovación		+	=
$\Sigma +$		5	5
$\Sigma -$		1	2
Total		4	3

Tabla 7.3. Método DATUM para elección metal. Fuente: elaboración propia.

Basándonos en la ligereza y el coste como criterios de mayor peso el metal seleccionado es el aluminio, aunque como se puede apreciar, el metal seleccionado por el método Datum es el aluminio.

Como existen varias aleaciones de aluminio, el aluminio EN AW-6063-T6 es el escogido porque es de las aleaciones más comunes del mercado para carpintería y arquitectura.

2.7.3. Evaluación del mecanismo

Del mismo modo que se han escogido los materiales tanto del cajillo como de la estructura metálica, se va a utilizar por última vez este método Datum para la elección del mecanismo.

	Andas actuales	Grúa Tijera	Grúa con plataforma
Facilidad montaje	*	+	+
Estabilidad	D	-	+
Confort	A	+	+
Menor riesgo	T	-	+
Coste	U	=	=
Espacio Almacenaje	M	+	-
Medios auxiliares	*	=	=
Influencia diseño estructura		-	+
Adaptabilidad		+	-
$\Sigma +$		4	5
$\Sigma -$		3	2
Total		1	3

Tabla 7.3. Método DATUM para elección del mecanismo.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la mejor opción de mecanismo es la de la grúa con la plataforma. Este mecanismo supone una facilidad de montaje y confort en cuando a su uso. Ambos necesitan medios auxiliares y mano de obra para colocar dichos elementos.

Esta segunda opción supone menos riesgo debido a que es más estable cuando se use. La grúa tijera puede restringir el diseño de la estructura metálica mientras que la grúa con la plataforma se puede adaptar mejor, lo único que se necesita adaptar 2 barras metálicas que sirvan de raíl para el movimiento de la Virgen.

2.8. Diseño detallado

Esta es la última fase de la metodología de análisis de valor donde se presenta la propuesta de rediseño de las andas-peana para Nuestra Señora de la Soledad. Este punto se va a dividir en 3 partes, una parte estética, otra estructural y, por último, el mecanismo elevador.



*Figura 8.14. Vista trasera andas-peana de traslado.
Fuente: elaboración propia. SolidWorks*



*Figura 8.15. Andas-peana colocada como peana de culto en la capilla.
Fuente: elaboración propia. SolidWorks*

2.8.1. Diseño del cajillo y elementos decorativos

Para entender el diseño de las andas-peana de Nuestra Señora de la Soledad es preciso explicar y contextualizar todos los elementos estéticos que componen el conjunto. Este diseño se trata de un trabajo de investigación y estudio minucioso antes que de creatividad y libre albedrío. Por ello, existen unos conceptos aplicados al diseño perceptible por el espectador como a continuación se expone:

- Inspiración de las andas-peana

Como se ha comentado anteriormente, la idea de que las andas tengan un uso adicional como peana de culto significa un aumento del valor del conjunto. Esto se debe a la observación de la peana de Nuestro Padre Jesús de la Puente del Cedrón, titular perteneciente a la famosa cofradía de la Paloma. Dicha peana sirvió de inspiración debido a que si la analizamos detenidamente en la figura 9.1. podemos ver cómo tiene una base inferior de menor sección que la base superior, justo a los pies de este Cristo, donde visualmente podemos ver como esta parte superior se abre.

Esta geometría es idónea para nuestro diseño debido a que la vista se dirige hacia la escultura, quien tiene que ser el protagonista del conjunto, restando importancia a la propia peana, de la cual surgen ánforas con rosas que ayudan a dar protagonismo a la escultura.



*Figura 8.16. Peana de culto de Nuestro Padre Jesús de la Puente del Cedrón.
Fuente: VCM*

- Estilo Neoclásico

Las andas-peana se le ha querido atribuir al estilo Neoclásico. Si bien sabemos, en muchos tronos barrocos hay elementos pertenecientes al Neoclásico, pero no se caracterizan por ello. Se ha querido huir del barroco por dos motivos; el primero porque obras de estilo Barroco ya abundan en numerosos enseres, tronos y capillas, y algo tan personal para la Virgen de la Soledad no debe caer en lo que ya tienen muchas hermandades, aunque sea el estilo por excelencia de este mundo cofrade.

El segundo es debido a la dificultad que aporta los diferentes trazos y motivos florales del Barroco a los diferentes programas informáticos de modelado, siendo estos programas basados en diseños paramétricos, pero existen softwares idóneos para esculpir y obtener estas geometrías.

Volviendo a la primera razón de por qué se escogió el Neoclásico como estilo artístico de las andas-peana, es debido a la escuadra romana perteneciente a la cofradía, siendo estos de un carácter clásico romano. Y, otra razón, es el diseño de la capilla actual de la Iglesia, donde se ha usado como ejemplo de observación detallada la fachada del teatro Echegaray de Málaga, perteneciente también a dicho estilo. Por tanto, la elección de esta corriente artística del Neoclásico es idónea por el motivo que se comentaba al principio de este anexo, donde las andas-peana debe de ser una prolongación de la capilla al trono de Viernes Santo con una mezcla idónea entre estilo clásico de la capilla y elementos decorativos próximo al Barroco.



*Figura 8.17. Fachada del teatro Echegaray de Málaga.
Fuente: malagaturismo.com*

El Neoclásico es un estilo idóneo donde se caracteriza por el predominio de formas y líneas rectas pero acompañada de curvas. Además, este estilo acepta con mayor tolerancia el uso de una ornamentación más compleja si es comparado con el estilo Clásico. Esta ornamentación es idónea como se puede observar, ya que en el diseño se usan formas en los detalles provenientes del Barroco y Gótico (debido a la Iglesia a la que pertenece), y el uso del dorado para estos. Una de las características visuales que aporta la Virgen en su conjunto es la simpleza y luto porque el término “Soledad” viene acompañada de ausencia.

Observando las siguientes figuras vemos el cajillo, donde las andas-peana se dividen en dos partes. La primera perteneciente a la parte inferior que cuenta con columnas con tres triglifos (ranuras) y metopas acompañadas en el centro de pictogramas como discurso iconográfico asemejándose así a los frisos de los templos.



Figura 8.18. Frontal del cajillo. Fuente: elaboración propia. SolidWorks



Figura 8.19. Diseño de cajillo. Fuente: elaboración propia. SolidWorks

La parte superior trata de asemejarse a las cornisas que se sitúan encima de los frisos en el orden dórico, que, aunque sean de origen griego, el cristianismo lo ha usado para la arquitectura de sus templos. Estas cornisas tratan de abrir el conjunto aumentando el ancho de las andas para así dar más importancia a la escultura. Además, cuenta con

modillones alrededor de todo el cajillo, que son elementos decorativos con forma de S en su vista perfil tan usada en el Neoclásico.

- Colores y texturas

Como ya se ha comentado, el Neoclasicismo no solo viene acompañado de formas y geometrías, sino también de texturas y colores. En este diseño se ha querido utilizar la madera rojiza como el cedro a la que se le aplica un barniz de tono oscuro en señal de sobriedad y luto, y, además, porque es un color que se asemeja al interior del ropaje de Nuestra Señora (color burdeos oscuro).

Como se puede observar, las andas cuentan con una serie de figuras geométricas pertenecientes al escudo de la propia cofradía, donde en su interior hay unos pictogramas que más adelante se explicaran, cuyo fondo es de una textura de mármol verde pintado. Estas formas hacen la función de cartelas donde se mostrará el discurso iconográfico. Este mármol verde también se repite en otros detalles de las andas y su explicación es debida a que el verde es el color de la túnica que porta la Virgen. Se escoge el mármol porque es la textura que da color a la capilla de la Iglesia.

El uso del dorado para los detalles y ornamentación es debido a que la Virgen también porta esta textura en su ropaje como elemento decorativo de este. Se usa para esta textura dorada la aplicación de láminas de pan de oro sobre la superficie a dorar.



Figura 8.20. Módulo trasero del cajillo. Fuente: elaboración propia. SolidWorks

- Ánforas en las esquinas

Las ánforas en el mundo sacro son elementos que albergan flores y que se les trata de dar a estas una geometría característica al colocar las flores. Para nuestro caso, cada esquina cuenta con un ánfora para albergar rosas en vez de puntos de luz, como guiño a los antiguos ángeles con piñas de rosas que portaba el trono de la Virgen en cada esquina, como se comentaba en el anexo anterior. Estas ánforas como se pueden observar en la figura 9.8. siguen siendo de estilo Neoclásico debido a su forma, pero con detalles dorados pertenecientes a las distintas geometrías que posee la Iglesia de

San Pablo como elementos decorativos. También de madera de cedro con un barniz oscuro y con detalles de textura de mármol verde como fondo de estos elementos decorativos.

Cabe destacar la posibilidad de que la cofradía pueda elegir en cada traslado si usar estas ánforas, o usar faroles, arbotantes, u otros elementos decorativos para las esquinas, aportando así una mayor variabilidad estética como otra propuesta de valor de dicho diseño. Por ello, aunque se haya ideado desde un principio estas ánforas, el diseño final no cuenta con éstas.



*Figura 8.21. Boceto digital del diseño de ánforas propuesto.
Fuente: elaboración propia. Illustrator*

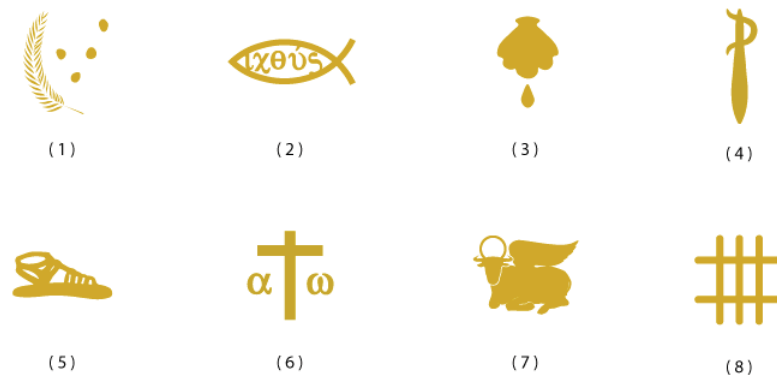
- Pictogramas como discurso iconográfico

No todos los tronos poseen un discurso iconográfico, y los que lo poseen suele ser muy habitual la representación de escenas del Vía Crucis, o episodios significativos de la Biblia. El Barroco busca un gran realismo y esto puede verse en las distintas cartelas de los tronos, que muestran en cada una de ellas un episodio del discurso iconográfico.

Este concepto se usa también para este diseño, al tratarse de formas simples del Neoclásico buscamos representar con el trazo más mínimo un episodio de la vida de San Pablo, apóstol de Cristo que da nombre a la Iglesia a la que pertenece la cofradía, gracias al uso de ocho pictogramas alrededor de todo el cajillo. No es muy habitual ver pictogramas como símbolos en las iglesias. Dos en cada cara de este cajillo en el interior de cada cartela con la forma del escudo de la cofradía como se ha hablado en el epígrafe anterior. Todos estos pictogramas están pintados en dorados sobre el fondo de la textura de mármol verde para que resalten.

Antes de explicar el significado de cada pictograma hay que reseñar que tanto el nombre de Saulo de Tarso como el de San Pablo se refieren a la misma persona. Cabe reseñar que San Pablo es conocido como el «Apóstol de los gentiles» o el «Apóstol de las naciones». Es considerado Apóstol de Jesús, no fue uno de los doce, ya que los sucesos de la Pasión de Cristo fueron anteriores a su nacimiento.

A continuación, se expone el significado de cada uno de ellos junto con la cita bíblica que la justifica acompañada de la figura 9.9.:



*Figura 8.22. Pictogramas del discurso iconográfico.
Fuente: elaboración propia. Ilustrator.*

(1) Martirio de San Esteban (Hch 7, 58-60)

San Pablo antes de convertirse al cristianismo era un fariseo que perseguía a los cristianos en los primeros años de estos tras la muerte de Cristo. Destaca la muerte que ordenó Saulo por lapidación al mártir San Esteban, donde se usa la palma de martirio y piedras como pictograma de este episodio:

“Sacándole fuera de la ciudad, le apedreaban. Los testigos depositaron sus mantos a los pies de un joven llamado Saulo; y mientras le apedreaban, Esteban oraba, diciendo: Señor Jesús, recibe mi espíritu. Puesto de rodillas, gritó con voz fuerte: Señor, no les imputes este pecado. Y diciendo esto, se durmió. Saulo lo aprobaba su muerte.”

(2) Conversión de Saulo (Hch 9, 3-6)

Mientras Saulo perseguía a los cristianos se le apareció el Señor Jesucristo para frenarlo y convertirlo al cristianismo. Por ello, se usa el símbolo del pez (símbolo de los primeros cristianos) y en su interior el término “ΙΧΘΥΣ” en letras griegas, siendo un acrónimo que quiere decir: “Jesucristo, el Salvador, Hijo de Dios”.

“...al llegar cerca de Damasco, súbitamente le rodeó un resplandor de a luz del cielo; y cayendo en tierra, oyó una voz que le decía: Saulo, Saulo, ¿por

qué me persigues? Y él dijo: ¿Quién eres, Señor? Y el Señor dijo: Yo soy Jesús, a quien tú persigues; dura cosa te es dar coces contra el aguijón. Él,

temblando y temeroso, dijo: Señor, ¿qué quieres que yo haga? Y el Señor le dijo: Levántate y entra en la ciudad, y allí se te dirá lo que debes hacer.”

(3) Bautismo de Saulo (Hch 9, 17-21)

Una vez convertido al cristianismo, Saulo necesitaba ser bautizado y ser librado de la ceguera producida por la aparición de Jesús para así defender Su palabra, por ello, se usa una concha y una gota de agua como símbolo de su bautismo:

“Ananías entonces fue y entró en la casa, e imponiéndole las manos, dijo: Hermano Saulo, el Señor Jesús, que se te apareció en el camino por donde venías, me ha enviado para que recobres la vista y seas lleno del Espíritu Santo. Y de inmediato le cayeron de los ojos como escamas, y recobró al instante la vista; y levantándose, fue bautizado. Y cuando hubo comido, fue fortalecido. Y estuvo Saulo por algunos días con los discípulos que estaban en Damasco.”

(4) Espada como Palabra de Dios y elemento de martirio (Heb 4, 12)

Si bien es conocido, el elemento que representa a San Pablo era la espada, debido a que era un fiel defensor de la Palabra de Dios, como se indica en la cita bíblica. Además, dicha espada es un símbolo dentro del escudo de la cofradía. San Pablo fue decapitado en Roma, tomando también este símbolo como el elemento de su muerte:

“Procuremos, pues, entrar en aquel reposo, para que ninguno caiga en semejante ejemplo de desobediencia. Que la palabra de Dios es viva y eficaz, y más cortante que toda espada de dos filos; y penetra hasta partir el alma y el espíritu, y las coyunturas y los tuétanos, y discierne los pensamientos y las intenciones del corazón. Y no hay cosa creada que no sea manifiesta en su presencia; antes bien, todas las cosas están desnudas y abiertas a los ojos de aquel a quien tenemos que dar cuenta.”

(5) Viajes predicando el Evangelio

Fueron numerosos los viajes de San Pablo predicando el Evangelio para ganar fieles, por ello, se usa la sandalia como elemento para representar estos viajes, siendo este otro elemento particular de la cofradía como ya se ha nombrado anteriormente.

Primer viaje: Seleucia, Pafos, Perge, Galacia, y Jerusalén.

Segundo viaje: Antioquía, Cilicia, Galacia, Listra, Tróade, Macedonia, Tesalónica, Berea, Atenas, Corinto, Éfeso y vuelta a Antioquía.

Tercer viaje: Éfeso, Tesalónica, Corinto, Mileto y Jerusalén.

(6) Pablo recibió el Evangelio por revelación. Amor por Jesús (Gl 1, 11-12 y 1 Co 2 1-2)

Como fiel seguidor de Cristo, trata de anunciar Su mensaje allá por los sitios que fue, donde el milagro de la Resurrección de Cristo era el hecho que usaba como ejemplo. Por ello, el símbolo de la Cruz junto a las letras en griego “Alfa” y “Omega” representan a Cristo: Él es el inicio y el fin, siendo estas letras la primera y la última del alfabeto griego

“Porque os hago saber, hermanos, que el evangelio que ha sido a anunciado por mí no es según el hombre; pues yo ni lo recibí ni lo aprendí de hombre alguno, sino por a revelación de Jesucristo.”

“Así que, hermanos, cuando fui a vosotros para anunciaros el a testimonio de Dios, no fui con excelencia de palabras o de sabiduría. Pues me propuse no saber entre vosotros cosa alguna sino a Jesucristo, y a este a crucificado.”

(7) San Lucas Evangelista, discípulo más fiel (2 Ti 4, 9-11)

San Pablo además de contar con seguidores también contaba con fieles discípulos entre los que destaca San Lucas Evangelista que le ayudaba a propagar El mensaje de Dios mientras este estaba encarcelado. Un toro alado y con un halo como símbolo de divinidad representan a este Evangelista.

“Procura venir pronto a verme, porque Demas me ha desamparado, amando este mundo, y se ha ido a Tesalónica; Crescente fue a Galacia, y Tito a Dalmacia. Sólo Lucas está conmigo. Toma a Marcos y tráele contigo, porque es útil para el ministerio.”

(8) Encarcelamientos (Hch 28, 28-31)

Como se ha indicado en el símbolo anterior, San Pablo sufrió durante su vida varias encarcelaciones debido a la ley judía y romana de la época que perseguían a los cristianos. Se usa el símbolo de una reja para simbolizar estas encarcelaciones.

“Sabed, pues, que a los a gentiles es enviada esta salvación de Dios, y ellos oirán. Y habiendo dicho esto, los judíos se fueron, teniendo entre sí gran discusión. Y Pablo se quedó dos años enteros en una casa alquilada, y recibía a todos los que a él venían, predicando el reino de Dios y enseñando acerca del Señor Jesucristo con toda libertad y sin impedimento.”

- Cabezas de varal y campana

Además, las andas cuentan con unas cabezas de varal también encuadradas en el Neoclásico como adorno para los varales. Usando formas simples rectangulares, y combinando la madera, el mármol verde y detalles dorados.



Figura 8.23. Cabezas de varal y arco de campana. Fuente: elaboración propia. SolidWorks

2.8.2. Estructura de aluminio

El aluminio 6063-T6 es la aleación de aluminio seleccionada para la estructura de las andas-peana. Como ya se ha comentado anteriormente, la estructura tiene dos posibles posiciones, la primera como estructura base que sirve de peana de culto para la Virgen, y la segunda, colocar y habilitar el conjunto para que funciones como andas de traslado.

Para una correcta comprensión se recomienda revisar los planos pertenecientes a la estructura metálica y el respectivo anexo.

2.8.2.1. Aluminio EN AW-6063

El aluminio EN AW- 6063-T6 es la aleación de aluminio seleccionada para la estructura de las andas-peana. Como ya se ha comentado anteriormente, la estructura tiene dos

posibles posiciones, la primera como estructura base que sirve de peana de culto para la Virgen, y la segunda, colocar y habilitar el conjunto para que funciones como andas de traslado.

Previamente vamos a conocer las propiedades físicas y químicas del aluminio 6063-T6 según el fabricante Alu-Stock como a continuación se muestra:

- Estado T6.
- Límite elástico. 190 MPa.
- Límite de rotura. 220 MPa.
- Módulo elasticidad. $E = 69.500 \text{ MPa}$.
- Módulo rigidez cortante. $G = 26.100 \text{ MPa}$.
- Módulo de Poisson. $\nu = 0,33$.
- Temperatura de fusión. $615\text{-}655 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Coeficiente de dilatación lineal. $\alpha = 23,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Peso específico. $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$.

Aleación	Mg	Mn	Fe	Si	Si+Fe	Cu	Zn	Cr	Mn+Cr	Ti	Otro elemento	Total Otros	Al
6063	0,45 -0,9	≤0,1	≤0,35	0,2- 0,6	-	≤0,1	≤0,1	≤0,1	-	≤0,1	≤0,05	≤0,15	Resto

*Tabla 8.4. Propiedades químicas del Aluminio 6063-T6 de Alu-Stock.
Fuente: Alu-Stock.*

2.8.2.2. Datos para las hipótesis de carga

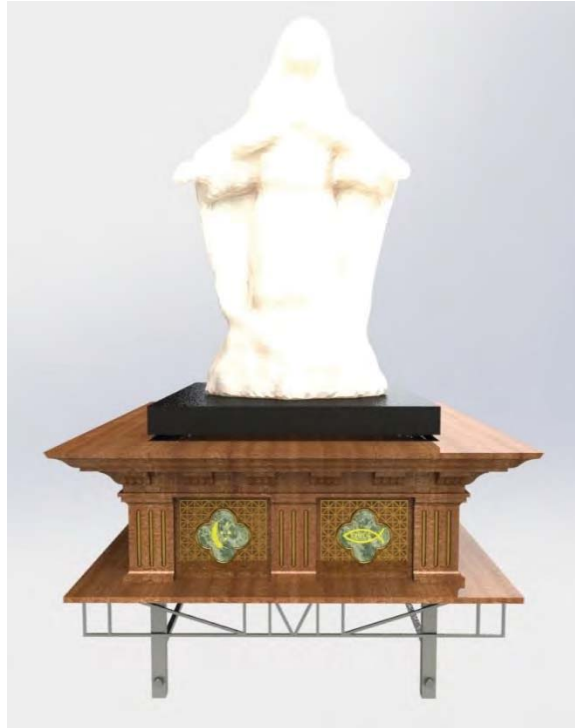
Para poder diseñar una estructura, lo primero que se debe hacer es plantear una hipótesis de carga. La hipótesis tiene como objetivo prever que cargas son las que actúan y afectan a la estructura de las andas para así dimensionar unos perfiles que aguanten de manera segura todas las solicitudes.

Cada configuración tendrá una hipótesis de carga distinta, a continuación, se recogen todas cargas a tener en cuenta en este proyecto:

- Virgen 250 kg.
- Barras railes para desplazamiento Virgen (x2): 7 kg.
- Madera de cedro del cajillo: alrededor de 120 kg.
- Flores, adornos, cabezas de varal: alrededor de 20 kg.
- Varales (x4): 19,05 kg.

2.8.2.3. Estructura como peana de culto

Esta posición se trata de la posición base de la estructura como peana de culto debido a que en el interior de cada pilar (pata) de los pórticos se encontrarán dos barras más almacenadas que servirán como patas plegadas en la posición de la estructura como andas de traslado, llamadas patas telescópicas. Para garantizar que las patas están unidas en el interior existe una unión atornillada en la parte inferior de los pilares.



*Figura 8.24. Peana de culto.
Fuente: elaboración propia. SolidWorks*

En la anterior figura se puede observar cómo se disponen las distintas barras que configuran la estructura base, para ello, se compone de 2 pórticos frontales compuesto por 2 pilares separados por 1020 milímetros y unidos por una viga horizontal en la parte superior de los pilares, siendo estas barras cuadradas huecas de 50x50x2 milímetros. Las vigas de atado que unen los 2 pórticos también se disponen en la parte superior de los pilares y son barras de la misma sección con una longitud de 1375 milímetros. Como se puede observar la Virgen en la estructura como peana de culto se dispone a una altura de 0,9 metros.

Para que los varales se puedan colocar en la estructura, se decide unir a cada pórtico por medio de una soldadura una viga tipo Pratt con huecos habilitados para la colocación de los 4 varales. Además, se coloca esta viga como refuerzo entre los pilares de cada pórtico. Todas las barras que componen esta viga tienen una sección cuadrada de 10x10 milímetros y unida por medio de soldaduras.

El cajillo cae y descansa sobre unas barras horizontales de sección cuadrada 20x20 milímetros y unidas por la parte superior de la viga tipo Pratt. Estas barras son las encargadas de soportar el peso de los módulos del cajillo y, por tanto, rodean toda la estructura como se puede ver en la siguiente imagen. Las uniones en los nodos también son soldadas.



*Figura 8.25. Estructura como peana.
Fuente: elaboración propia. SolidWorks*

Para garantizar que esta estructura base es segura, se decide colocar una barra de refuerzo en cada lateral de la estructura peana, a una distancia de 150 mm de la parte inferior, con una sección cuadrada de 20x20 milímetros.

La escultura de la Virgen se encuentra unida a esta estructura por medio de un vástago roscado de 150 mm la longitud con una métrica de 10 milímetros. Dicha unión une las barras de la parte inferior en el interior de la escultura con las barras transversales en la parte superior de las andas. Actualmente la cofradía cuenta con estos elementos para la unión de la Virgen con el trono procesional.

Las ruedas de la escultura de la Virgen se mueven sobre 2 barras en forma de L, que funcionan como raíles, que permiten el movimiento lineal y restringe que el movimiento hacia los lados para que no pueda descarrilar la Virgen. Estas barras se disponen longitudinalmente en la parte superior de las vigas de atado por toda la estructura y se unen a la éstas por medio de una unión soldada.

Esta estructura como peana de culto posee unos ruedines en cada pata para un fácil transporte, donde las barras que forman parte de los pilares encajan en estos ruedines y queda unido gracias a la gravedad. Sólo hay que elevar ligeramente esta configuración para quitar estas ruedas.

2.8.2.4. Estructura como andas de traslado

Esta configuración consiste en tener todo el conjunto preparado como andas de traslado para trasladar a la Virgen de la Iglesia a la casa-hermandad y viceversa. Para ello, se parte de la estructura base como peana de culto.

Previamente se colocan los 4 varales en los huecos habilitados para ellos en las 2 vigas tipo Pratt. Para que éstos queden fijos, en cada hueco se emplea una pletina y un tornillo que hace que se fije el varal por presión, donde la pletina ejerce una presión sobre una de la cara plana del varal debido al que el tornillo presiona a la pletina. En la parte inferior de cada hueco existe un agujero con rosca para cada tornillo.



*Figura 8.13. Estructura como andas de traslado.
Fuente: elaboración propia. SolidWorks*

Los varales tienen una sección de 150x80x3 con una longitud de 5 metros, y se disponen de manera centrada con respecto al conjunto.

Una vez tenemos el cajillo y los varales puestos, con la ayuda de los hermanos antes del respectivo traslado, se eleva el conjunto y se despliegan las barras telescópicas de las patas para así, colocar el conjunto como andas de traslado. Las barras telescópicas tienen un espesor de 2 mm donde la de mayor sección es de 50x50x2 que alberga en su interior a las otras dos.

La siguiente de menor sección es de 45x45x2 con una longitud de 0,70 metros. Esta barra tiene en la parte superior 5 agujeros separados 50 milímetros que sirven para regular la altura del conjunto y situar a este a una altura que se quiera en caso de tener una media de hombres de trono más baja. Pudiendo tener una altura máxima del conjunto desde el suelo hasta la cara inferior del varal de 1,42 metros y una altura mínima de 1,22 metros.

La última barra tiene una sección de 40x40x2 con una longitud de 0,70 metros y se sitúa en el interior de las otras dos. Todas estas barras telescópicas poseen agujeros en la parte inferior para poder unir estas barras con la de menor sección.

Los agujeros de estas barras son de 22 milímetros de diámetro para colocar una unión atornillada en cada hueco con una métrica de la rosca de M20.

Una vez se colocan las uniones en las patas el conjunto ya está preparado para salir a la calle y realizar el traslado público.



*Figura 8.26. Conjunto como andas de traslado.
Fuente: elaboración propia. SolidWorks*

2.8.2.5. Uniones soldadas y atornilladas

Todas las uniones soldadas tienen una medida de 4 mm de garganta en todos los nodos de las distintas barras de la estructura base como peana de culto.

En cuanto a las uniones atornilladas se tienen tornillos de distintos diámetros y longitudes, por ello, se recomienda ver los planos pertenecientes a uniones.

2.8.3. Mecanismo elevador

Para la escultura de la Virgen pueda ser elevada desde la posición de la peana necesita un mecanismo elevador. Dicho mecanismo tiene por objetivo hacer llegar a la Virgen desde la peana hasta la cota de altura de la capilla o del trono de procesión por medio de una plataforma y un carrito que hace que se eleve o baje gracias a una estructura con railes.

Además, en este punto se van a ver las distintas posiciones que debe tomar el mecanismo elevador con la Virgen.

2.8.3.1. Mecanismo Toplift model 234

Se trata de un mecanismo elevador de muebles para las mudanzas que se adapta perfectamente a los requerimientos de nuestro caso. Dicho mecanismo Toplift model 234 pertenece al fabricante de elevadores de mudanzas y montacargas Böcker.

El mecanismo Toplift model 234 tiene las siguientes características:

- Carga útil 250 kg.
- Velocidad de elevación 34 m/min.
- Altura de elevación máx. 20.30 m.
- Longitud de la cuerda 44 m.
- Diámetro de la cuerda 6 mm.
- Voltaje 230/50 V/Hz.
- Voltaje de control 24 V.
- Peso de la unidad de transmisión 54 kg

A continuación, se muestran las siguientes imágenes para entender mejor de que mecanismo montacargas se trata:



*Figura 8.15. Mecanismo elevador Toplift model 234 de Böcker.
Fuente: Fabricante Böcker.*

Como se puede observar, el mecanismo cuenta con una estructura con railes inclinados, donde se juega tanto con el ángulo de inclinación como con la longitud del propio raíl.

Para que se pueda desplazar la Virgen desde la estructura como peana hasta la plataforma, en la propia plataforma se debe de unir dos barras raíl de la misma sección como las que cuenta en la parte superior de la estructura de las andas que facilite su movimiento y poder elevarla.

2.8.3.2. Posición base

La posición base para que el mecanismo funcione es que la Virgen debe encontrarse unida a la estructura como peana, quitar esas uniones y colocar justo detrás de la estructura la plataforma a la misma altura a la que se encuentra la Virgen.

Tras esto, desplazar linealmente a la Virgen hasta llegar a la plataforma, y en esta colocar las uniones debidamente para elevarse de forma segura.

Ver plano 03.01.

2.8.3.3. Posición capilla

Una vez la Virgen se encuentra situada en la plataforma, gracias al motor y al mando empieza a elevarse la plataforma hasta la cota de altura de 2,14 metros. Previamente se ha colocado los raíles del mecanismo a un ángulo y una longitud.

Cuando la plataforma llega a la cota de 2,14 metros de la capilla, se quitan las uniones de la Virgen con la plataforma y se desplaza linealmente otra vez hasta llegar a su posición correcta en la capilla, ya que la propia hornacina donde se coloca la Virgen en la capilla también cuenta con raíles para su desplazamiento.

Ver plano 03.03.

2.8.3.4. Posición trono procesional

Del mismo modo que la plataforma se eleva hasta la capilla, la plataforma debe de llegar a una cota de altura de 2,98 metros, también debidamente colocada con un respectivo ángulo y longitud.

El trono procesional también cuenta con unas barras raíles para colocar a la Virgen en su posición correcta en éste. Nuevamente cuando la plataforma llega a la altura deseada, se quitan las uniones y se desplaza a la Virgen hasta llegar a su posición. Se colocan las respectivas uniones atornilladas al trono, y ya la Virgen que lista para salir en procesión el Viernes Santo.

Ver plano 03.04.

2.8.3.5. Vuelta a la posición base

De la misma forma que se ha elevado a la Virgen a las alturas deseadas, se vuelve a hacer el proceso inverso, con la misma metodología y orden hasta hacer llegar a la Virgen a la posición base de la estructura como peana de culto.

También existe la posibilidad de hacer el mismo proceso de elevación, pero con la estructura colocada en la configuración de andas de traslado sin los varales colocados. Resulta una manera menos ergonómica debido a que la Virgen se encuentra en una posición más elevada que de la forma que se ha descrito en los anteriores puntos, además, de suponer un mayor riesgo en caso de fallo.

2.9. Normas, referencias y bibliografía

2.9.1. Software informático

Se han utilizado los siguientes programas informáticos a lo largo del presente proyecto:

- Software Adobe Illustrator para bocetos digitales.
- Software Adobe Photoshop para bocetos digitales y retoque fotográficos de renders.
- Software AutoCAD para planos del producto en sucio.
- Software SolidWorks para modelado 3D de las andas, así, como realización de renders, planos del proyecto y simulaciones de esfuerzos.

2.9.2. Normativa

- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE)
- UNE-EN 1090. Ejecución de estructuras de acero y aluminio.
- UNE-EN 755. Aluminio y aleaciones de aluminio.

2.9.3. Bibliografía

Toman, R et al. "Neoclásico y Romanticismo: arquitectura, escultura, pintura, dibujo: 1750-1848". Colonia. (ISBN: 3829015720)

Fernández de Paz, E. et al. "Artes y Artesanías de la Semana Santa andaluza. Tomo 5, Las andas procesionales". Tartessos. (ISBN: 8476630794)

Rodríguez Ortega, N. "Manual de teoría y estética del diseño industrial". Universidad de Málaga. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico D. L. 2001. (ISBN: 8474968453)

Argüelles Álvarez, R. "Cálculo de estructuras". Bellisco. (ISBN: 9788492970803)

Company Salvador J. "Carpintería de Aluminio." Fundación Escuela de la Edificación. 2000.

Santa Biblia. Nuevo Testamento.

Libro y apuntes de la asignatura de Metodología del Diseño.

[Zelon](#), D., [Berden](#), T.J.(productores) y [Hyatt](#), A. (director). (2018). Pablo, el Apóstol de Cristo [Cinta cinematográfica]. Reino Unido: Affirm Films y ODB Films.

Definición de culto externo:

https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/culto_externo.php

Información sobre el trono del Santísimo Cristo del Santo Traslado. Disponible en:

<http://trasladoysoledad.es/category/albaceria/trono-del-santo-traslado/>

Información sobre el trono del Nuestra Señora de la Soledad. Disponible en:

<http://trasladoysoledad.es/category/albaceria/trono-de-ntra-sra-de-la-soledad/>

Iglesia de San Pablo de Málaga. Disponible en:

<https://cautivotrinidad.com/la-iglesia-de-san-pablo/>

Arquitectura Neogótica. Disponible en:

https://www.ecured.cu/Arquitectura_neogótica

Catálogo de maderas rojizas. Disponible en:

<https://maderame.com/maderas-rojas/>

Propiedades mecánicas de la madera de cedro. Disponible en:

<https://maderame.com/enciclopedia-madera/cedro/>

Madera para tallas y ebanistería. Disponible en:

<https://www.castor.es/madera.html>

Análisis de Valor. Disponible en:

<http://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/851/Analisis%20e%20ingenieria%20del%20Valor.htm>

Comparativa de propiedades mecánicas del acero frente a la del aluminio. Disponible en:

https://www.construmatica.com/construpedia/Cuadro_Comparativo_Acero-Aluminio

Ventajas e inconvenientes del acero y del aluminio. Disponible en:

<http://eafdelautomovil.blogspot.com/2013/03/aluminio-uso-en-el-automovil.html>

Catálogo de perfiles normalizados de aluminio de Alu-Stock. Disponible en:

<https://www.alu-stock.es/es/aluminio-industria/perfiles-normalizados/>

Estructuras de aluminio para andas procesionales de Orfebrería Orovio. Disponible en:

<http://orfebreriaorovio.com/parihuela/>

Mecanismo montacarga Toplift del fabricante Böcker. Disponible en:

<http://boecker-espana.com/montamuebles/toplift/>

Mecanismo montacarga del fabricante GEDA. Disponible en:

<https://www.geda.de/en/product/lift-250-comfort/>

Elevador pantográfico Kaiser Kraft. Disponible en:

<https://www.kaiserkraft.es/dispositivos-y-aparatos-elevadores/carros-elevadores-mesas-elevadoras/mesa-elevadora-de-doble-pantografo/p/M1153278/>

2.10. Conclusión

Se ha rediseñado unas andas-peana de traslado para Nuestra Señora de la Soledad, perteneciente a la cofradía del Santo Traslado.

Dicho trabajo final de grado ha seguido en todo momento la metodología de análisis de valor en la que se han analizado todas las inconsistencias visuales y funcionales de las actuales andas con el fin de ofrecer una alternativa que mejor a la actual, y que sea totalmente realizable.

Previamente se analizó los problemas que suponen las andas actuales, se revertieron estos problemas en exigencias a mejorar, planteando una serie de requisitos para un diseño de cajillo personal para Nuestra Señora de la Soledad, acompañado de una estructura y mecanismo que simplifique todo el proceso de elevación.

Este rediseño tiene como objetivo fundamental, convirtiéndose en un valor añadido, ofrecer una estructura que sirva como peana, además, de ya cumplir la función como andas de traslado para los distintos traslados públicos que realiza la cofradía.

Dicho trabajo ha tenido una gran parte de investigación para ofrecer las mejoras que se plantean. Tras esta etapa de investigación de posibles soluciones se evaluaron gracias a las distintas técnicas de evaluación multicriterio para escoger la alternativa que cumpla todas las exigencias hasta conseguir el fin que se plantea para la madera del cajillo, material para la estructura y la elección del mecanismo que mejor se adapte.

Se ha aprendido a usar el programa informático de modelado SolidWorks con el fin de realizar el modelo del conjunto en 3D. No se ha escogido este software sólo para el modelado, sino que también se ha utilizado para realizar las distintas comprobaciones estructurales gracias al complemento de Simulation como método de elementos finitos para estudios estáticos de esfuerzos y sus distintas simulaciones en función de las posibles posiciones que toma la estructura.

Además, también se ha aprendido a realizar renders en SolidWorks con el fin de hacer más realista la propuesta y poder venderla de mejor forma.

No sólo se ha aprendido a usar este programa, gracias a este proyecto final de grado también se ha adquirido experiencia para tratar con clientes, realizar un trabajo de campo tomando medidas, dedicar tiempo para fase de estudio y organización para ofrecer un proyecto profesional el día de mañana.

Málaga, septiembre de 2020



Raúl Peláez Luna

ANEXOS

3. ANEXOS	65
ANEXO A: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y MECANISMO DE LAS ANDAS ACTUALES	
A.1. Estructura metálica	69
A.1.1. Estructura interior Virgen y unión a las andas	72
A.2. Mecanismo y fases de elevación/bajada	73
A.2.1. De la capilla a las andas	74
A.2.2. Estructura como andas de traslado	77
A.2.3. De las andas al trono de procesión	78
A.2.4. De las andas al suelo para culto	79
A.2.5. Vuelta a las andas	82
ANEXO B: BOCETOS Y DISEÑO CONCEPTUAL	83
B.1. Objetivos y requisitos	83
B.2. Bocetos del cajillo y elementos decorativos	84
B.3. Bocetos y diseño conceptual de mecanismo	90
ANEXO C: RENDERS	95
ANEXO D: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE UNIONES	109
D.1. Análisis estructural	109
D.1.1. Estructura base para peana de culto	110
D.1.1.1. Hipotesis de carga	110
D.1.1.2. Resultados de tensiones	111
D.1.1.3. Resultados de desplazamientos	112
D.1.1.4. Resultados del factor de seguridad.....	113
D.1.2. Estructura como andas de traslado	114
D.1.2.1. Hipotesis de carga	115
D.1.2.2. Resultados de tensiones	116
D.1.2.3. Resultado de los desplazamientos	118
D.1.2.4. Resultado del factor de seguridad	119
D.1.3. Comprobación de los varales	120
D.1.3.1. Hipotesis de carga	120
D.1.3.2. Resultados de tensiones	121
D.1.3.3. Resultado de los desplazamientos	122
D.1.3.4. Resultado del factor de seguridad	123

D.2. Cálculo de las uniones	124
D.2.1. Uniones atornilladas de las patas telescópicas	124
D.2.2. Uniones soldadas	126
ANEXO E: Glosario	127

ANEXO C: RENDERS



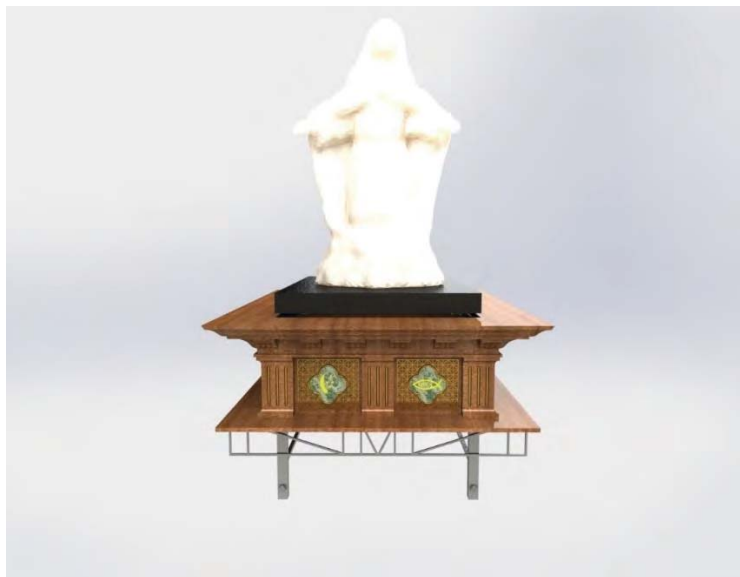
*Figura C.1. Recreación como peana de culto en la capilla.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.2. Recreación como peana de culto en la capilla.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.3. Vista como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.4. Vista frontal como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.5. Vista como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.6. Vista lateral como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



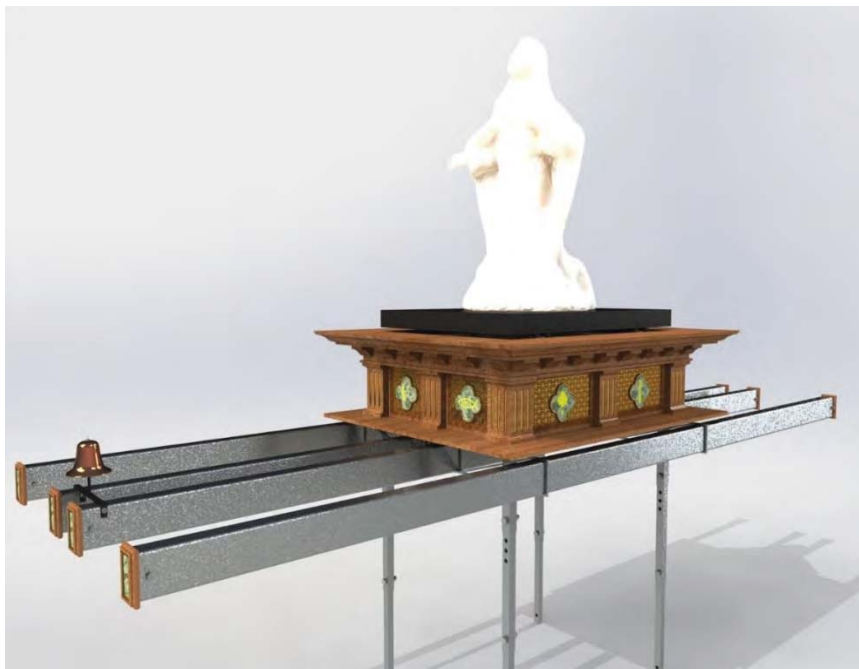
*Figura C.7. Vista trasera como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.8. Vista como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.9. Vista frontal como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.10. Vista como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



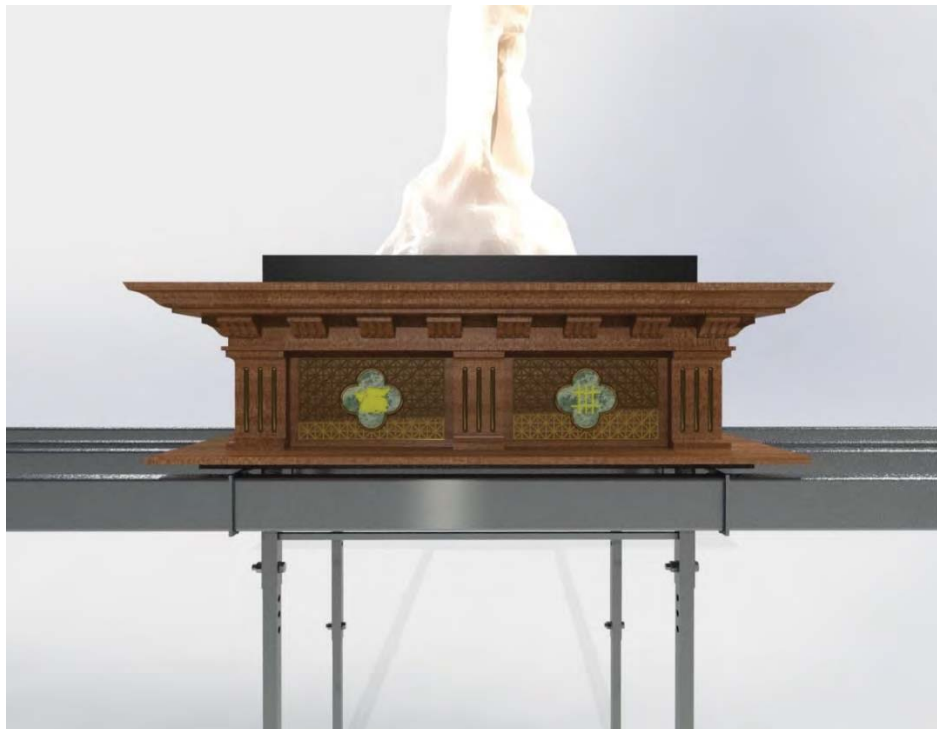
*Figura C.11. Vista como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.12. Vista trasera como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.13. Vista como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.14. Vista como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.15. Vista como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.16. Estructura de aluminio como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.17. Estructura de aluminio como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.18. Estructura de aluminio como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.19. Estructura de aluminio como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.20. Estructura de aluminio como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.21. Cabeza de varal.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.22. Cabezas de varal y arco de campana.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.23. Cajilla vista frontal.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



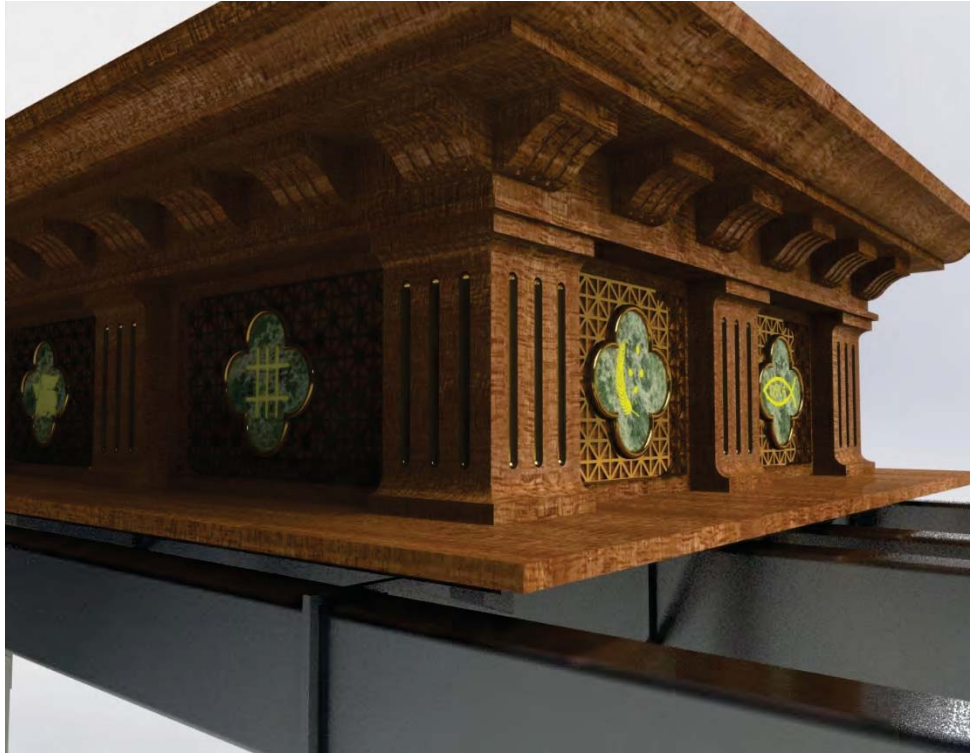
*Figura C.24. Lateral derecho del cajillo.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.25. Lateral izquierdo del cajillo.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.26. Estructura de aluminio como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*



*Figura C.27. Conjunto con cajillo al detalle.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*

Málaga, septiembre de 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Raúl Peláez Luna'.

Raúl Peláez Luna

ANEXO D:

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE UNIONES

1. Análisis estructural

La estructura puede tomar dos posibles posiciones, teniendo cada una hipótesis de carga distinta. La primera posición que se va a analizar es aquella en la que las andas se encuentran en posición de peana de culto (estructura base), donde tanto la Virgen como el cajillo forman parte de la hipótesis.

La segunda posición es aquella cuando se acondicionan las andas como andas de traslado, con los varales, las patas telescópicas plegadas y todos los elementos decorativos que componen el conjunto para llevar a la Virgen a la cofradía y viceversa.



*Figura D.1. Estructura metálica de las andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.*

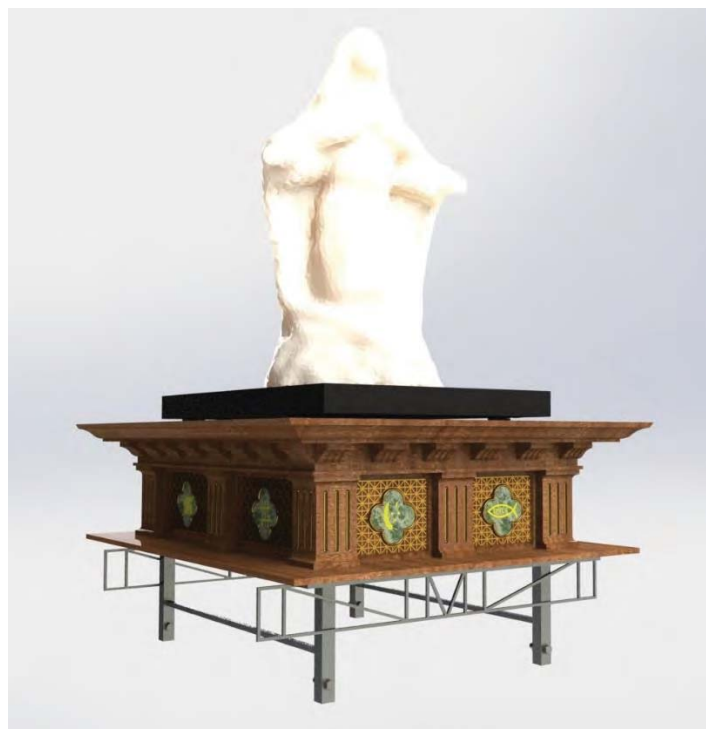
1.1. Estructura base para peana de culto

Esta posición se trata de la posición base de la estructura como peana de culto debido a que en el interior de cada pilar (pata) de los pórticos se encontrarán dos barras más almacenadas que servirán como patas plegadas en la posición de la estructura como andas de traslado. Para garantizar que las patas estén unidas en el interior existe una unión atornillada en la parte inferior de los pilares.

Para la comprobación de la estructura se ha usado el método de elementos finitos con el uso del software de modelado 3D y simulación de SolidWorks para poder analizar la estructura.

1.1.1. Hipótesis de carga

La estructura como peana de culto es la posición más baja que puede tomar las andas, ya que se toma esta altura para que la Virgen pueda estar cerca de los devotos y la cofradía pueda realizar besamanos.



*Figura D.2. Andas como peana de culto.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks*

Se han tenido en cuenta los siguientes datos para la hipótesis de carga:

- En parte superior de las andas hay una fuerza vertical de 2646 N hacia abajo comprendido por el peso de la Virgen (250 kg) que recae sobre las barras raíl más los 20kg del peso de las propias barras que hay que sumar.

- Rectángulo que rodea la estructura que soportan el peso de la madera del cajillo (aprox. 120 kg) y adornos (ánforas, candelaría, etc) de 20 kg que se traducen en 1470 N, hacia abajo también.
- La flecha grande roja muestra la gravedad para tener en cuenta en la simulación el peso propio de la estructura.
- Se considera la estructura empotrada al suelo. (flechas verdes)

En la siguiente imagen se puede apreciar cómo se han simplificado las distintas piezas de esta configuración en los esfuerzos en los que equivale cada una.

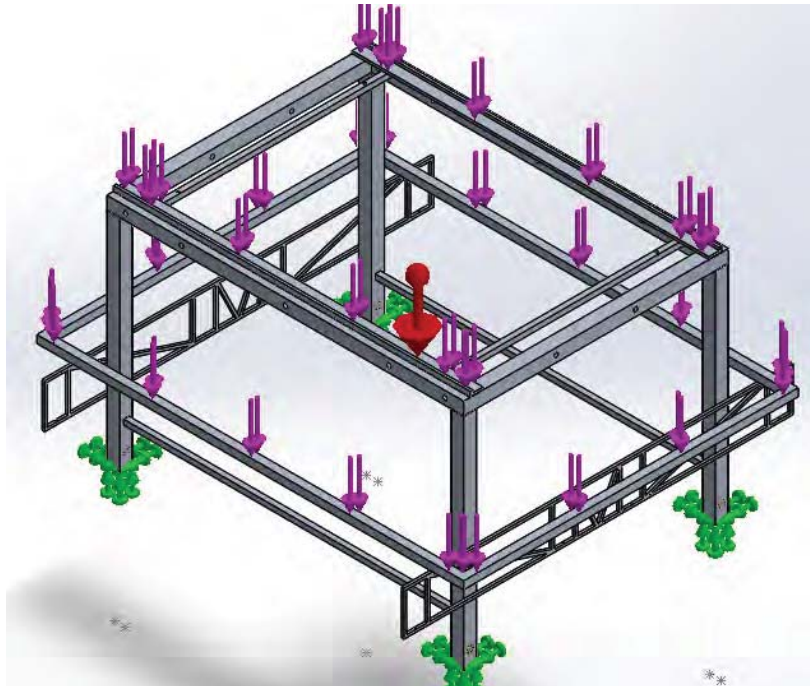


Figura D.3. Hipótesis de carga de la estructura base. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.

1.1.2. Resultados de tensiones

Se recomienda seguir la leyenda de la siguiente foto porque representa por colores el valor de las tensiones que soporta la estructura, donde en ningún momento se sobrepasa el límite elástico.

Esta simulación de tensiones se realiza con el trazado de tensiones de Von Mises:

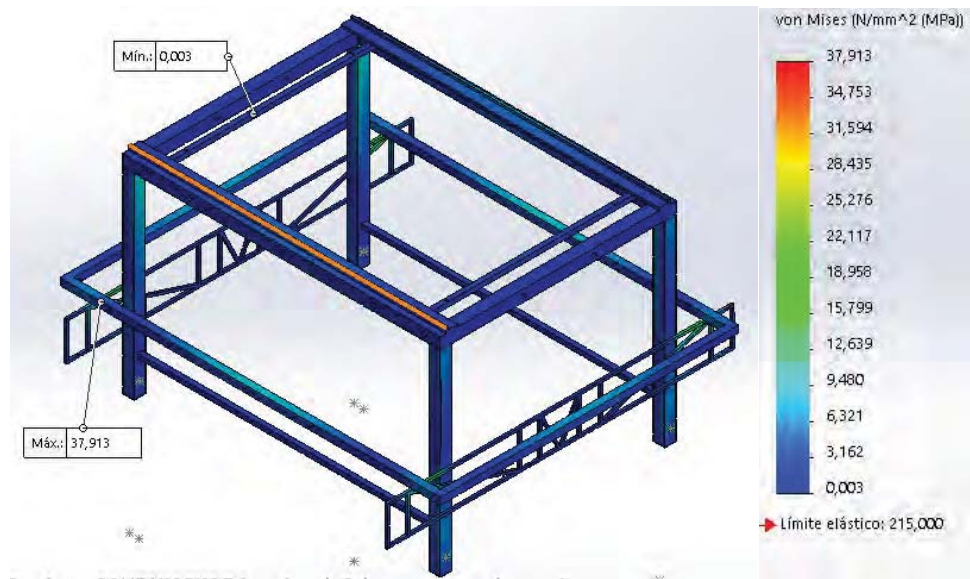


Figura D.4. Resultados de tensiones. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.

Como se puede observar el valor máximo de tensión se da cerca de los nodos entre la viga tipo Pratt y los pilares, con un valor de 37,913 MPa. Dichos valores que aporta la leyenda ayuda a entender mejor los resultados, donde las zonas rojizas se encuentran cerca de las uniones soldadas, pero estos valores máximos no superan en ningún momento la tensión de límite elástico.

Por tanto, los valores aportados son aceptados.

1.1.3. Resultados de desplazamientos

Con esta simulación podemos ver el resultado de los desplazamientos resultantes con una escala de deformación de 5 para apreciar de mejor forma la deformación de las zonas rojas, que son las de mayor valor.

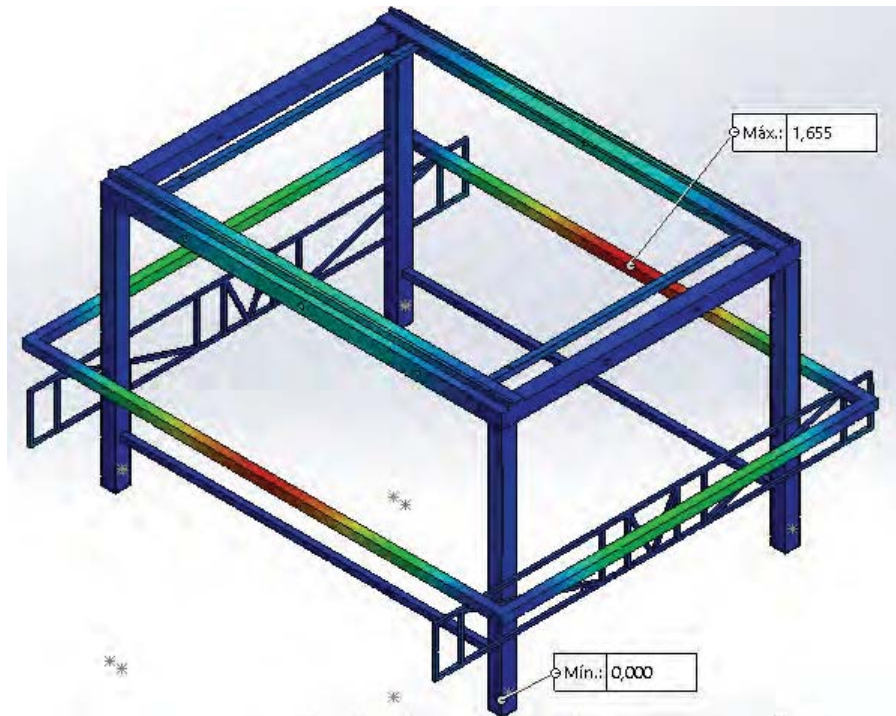


Figura D.5. Resultado de los desplazamientos. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks.

Procedemos a ver las zonas más rojizas y observamos que el valor máximo de desplazamientos se sitúa en el rectángulo base del cajillo que asume 1.655 mm de desplazamientos, tratándose un valor aceptable.

1.1.4. Resultados del factor de seguridad

Para concluir el trazado de resultados de la simulación de esfuerzos de esta configuración de la estructura como peana es necesario saber dónde se dan los puntos de menor factor de seguridad y ver si ésta es segura.

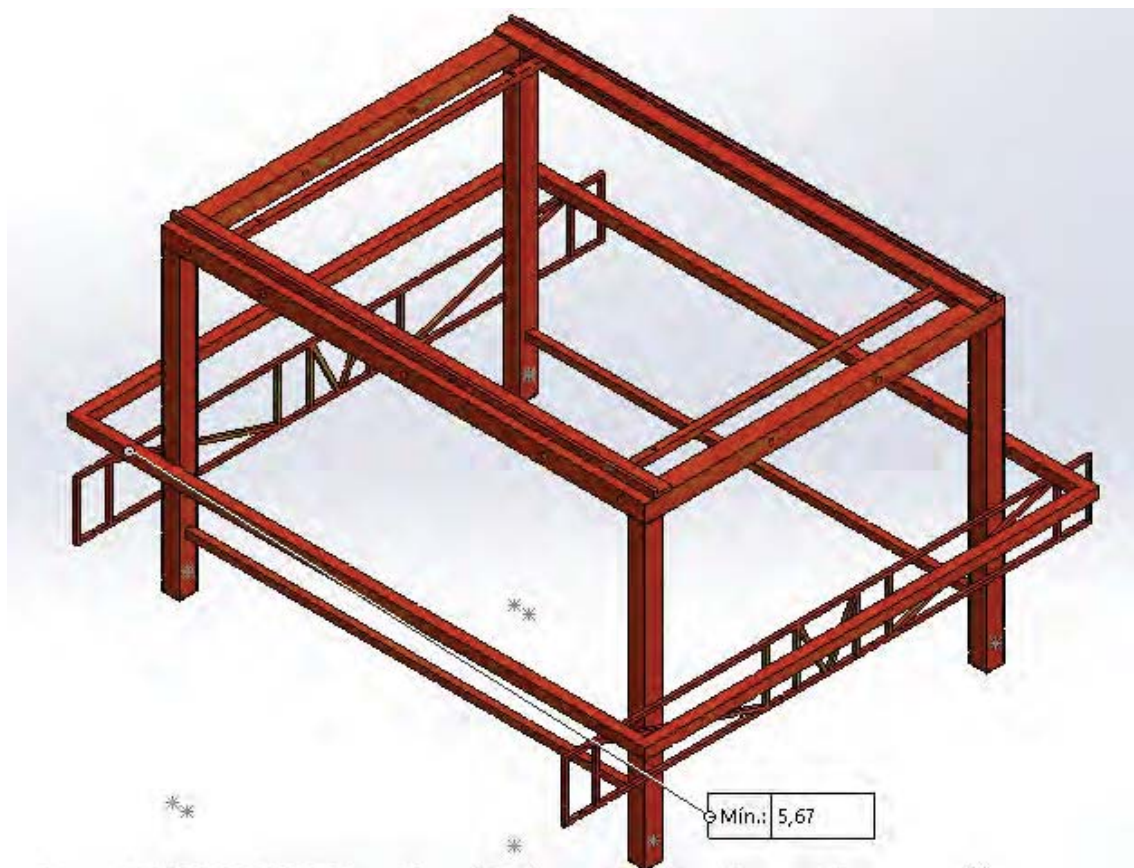


Figura D.6. Resultado del factor de seguridad. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

Como se puede observar, el valor mínimo del factor de seguridad para tensiones de Von Mises es de 5,67 que se da en la viga tipo Pratt cercana a la zona de la unión soldada.

Como se cumple la condición de que el factor de seguridad es superior a 1, se puede decir que la estructura es segura.

1.2. Estructura como andas de traslado

Esta configuración comprende la estructura preparada para salir en procesión y, por tanto, portada por los hombres de trono gracias a los varales. Las patas se pliegan, ya que en la configuración anterior se encontraban en el interior de la estructura. Se ha realizado a su vez dos estudios, uno para ver el comportamiento de las patas y el otro para ver el comportamiento de los varales.



*Figura D.7. Conjunto como andas de traslado.
Fuente: Elaboración propia. SolidWorks*

1.2.1. Hipótesis de carga

En esta configuración las patas se encuentran plegadas gracias al uso de pernos con un diámetro mínimo de 6mm (ver cálculos en el punto 2) que atraviesa los 3 distintos tubos cuadrados (50x50, 45x45, 40x40) con un espesor de $e=2\text{mm}$ cada uno.

La hipótesis de carga es:

- Parte superior de las andas hay una fuerza vertical de 2646 N hacia abajo comprendido por el peso de la Virgen (250 kg) y 20kg del peso de las barras que hay que sumar.
- Rectángulo que rodea la estructura que soportan el peso de la madera del cajillo (aprox. 120 kg) y adornos (ánforas, candelaría, etc) de 20 kg que se traducen en 1470 N, hacia abajo también.
- La flecha grande roja muestra la gravedad para tener en cuenta en la simulación el peso propio de la estructura.
- Se ha usado una fuerza vertical hacia debajo de 88.91 N en cada hueco de la estructurita de los varales que simula la fuerza que soporta cada cuadrado debido a la distribución del peso propio del varal de ese hueco. Es decir, cada hueco soporta la mitad del peso propio de un varal.
- Se considera la estructura empotrada al suelo. (flechas verdes)

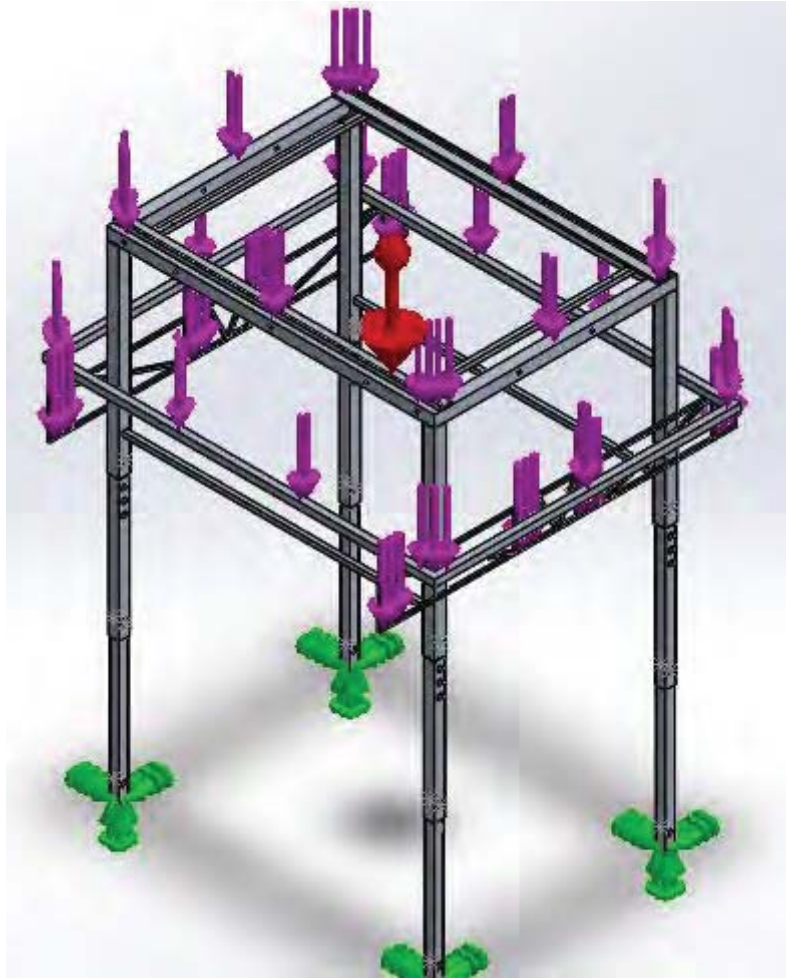


Figura D.8. Hipotesis de carga de las andas de traslado. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

1.2.2. Resultados de tensiones

Mismo procedimiento de la configuración anterior, los perfiles seleccionados para las barras de las patas son correctos porque en ningún momento se supera el límite elástico como muestra la leyenda:

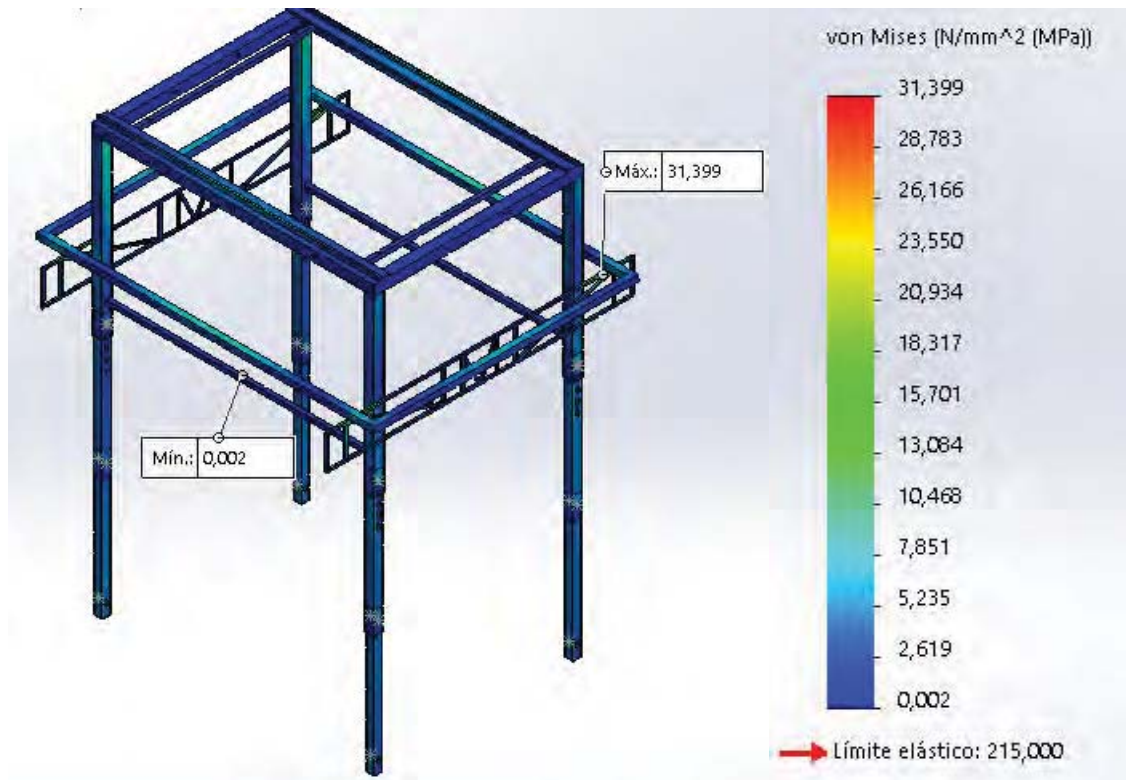


Figura D.9. Resultado del trazado de tensiones. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

Observamos que el valor máximo de las tensiones de Von Mises es de 31,399 MPa y se vuelve a dar en la viga tipo Pratt en la zona cercana a la unión soldada pero que no supone ningún peligro.

En esta configuración es conveniente ver qué ocurre en las uniones atornilladas de las patas, por ello, se muestran distintas imágenes:

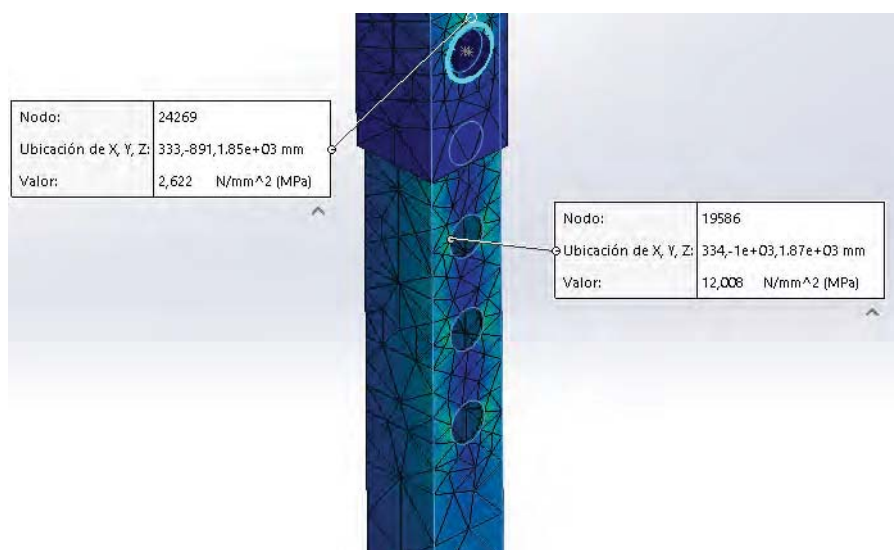


Figura D.10. Unión superior de las patas. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

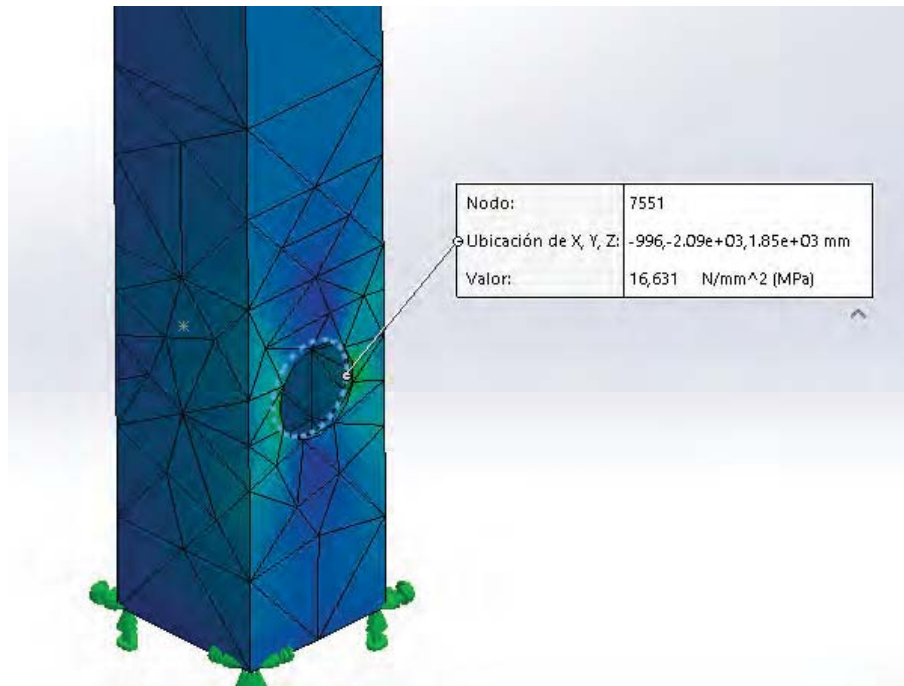


Figura D.11. Taladro inferior patas. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

1.2.3. Resultado de los desplazamientos

Como se puede ver en este trazado de desplazamientos resultantes, el valor máximo de desplazamientos es de 1,735 mm y se da en el punto medio de las barras laterales que soportan el cajillo.

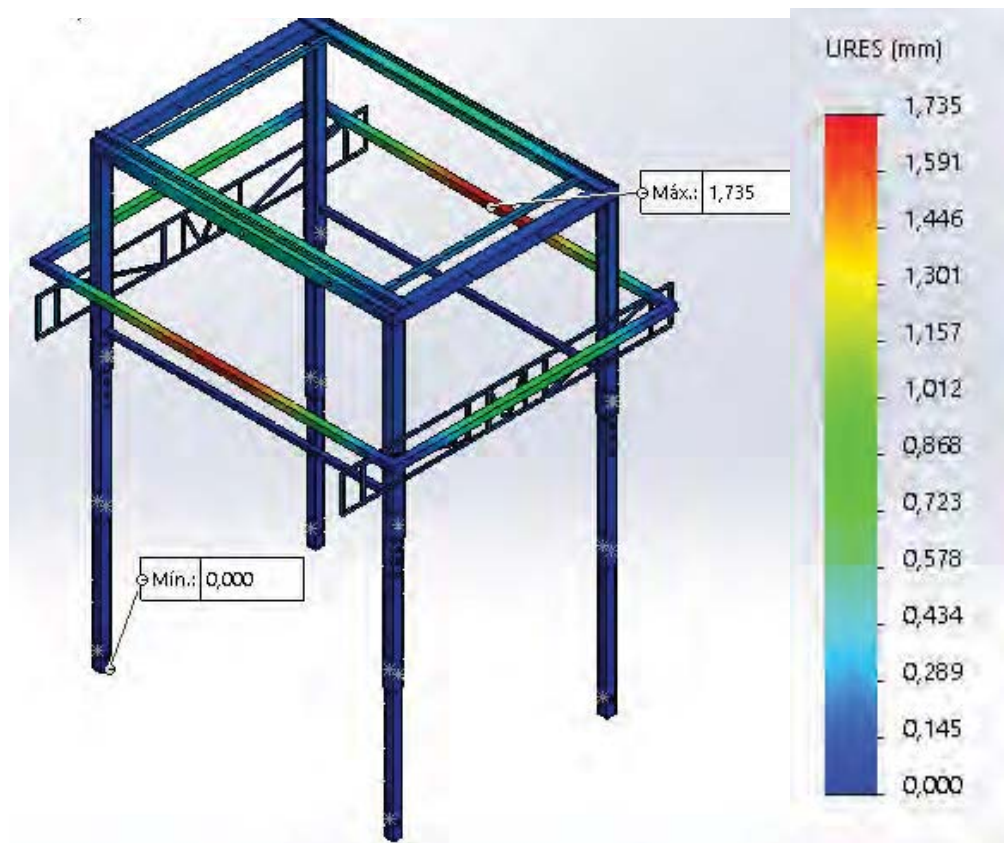


Figura D.12. Resultado del trazado de desplazamientos. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

En las patas no se producen apenas desplazamientos, por tanto, en cuanto a desplazamientos la estructura es segura.

1.2.4. Resultado del factor de seguridad

Como se puede observar, toda la estructura tiene un color rojo porque se aleja del valor máximo del factor de seguridad. Para este estudio de factor de seguridad de tensiones de Von Mises no interesa conocer sólo el valor mínimo para ver si es superior a 1.

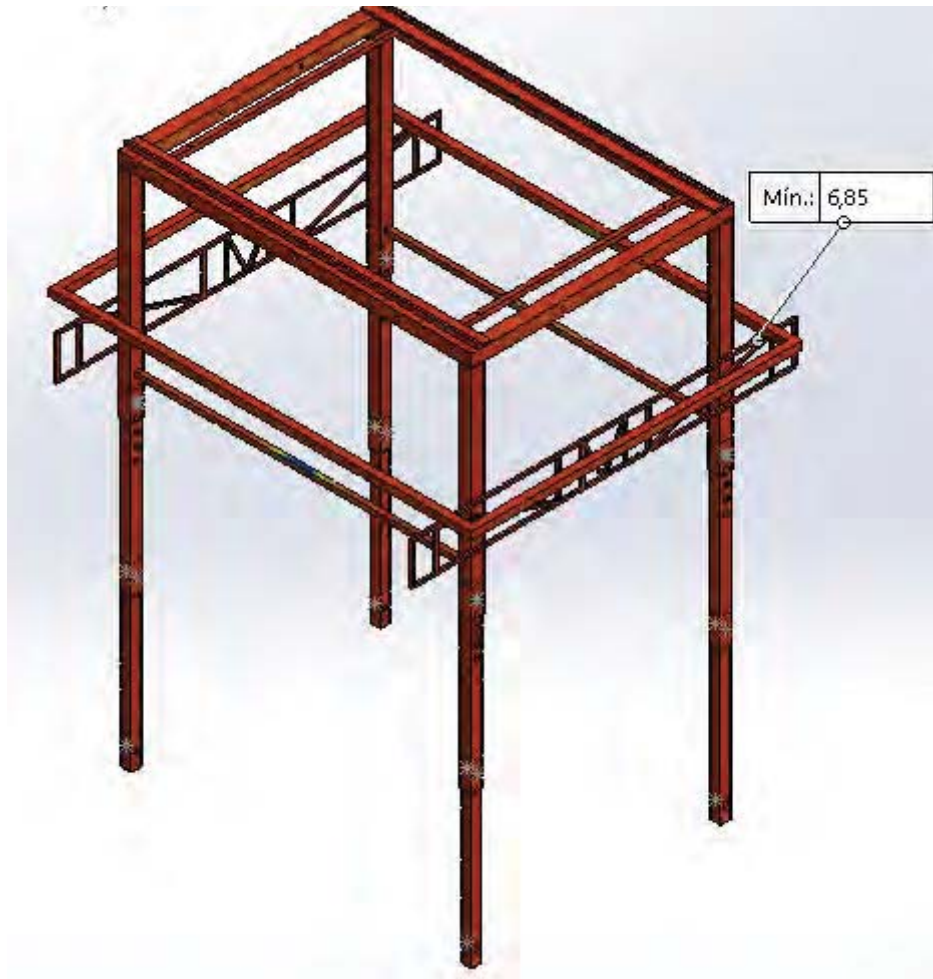


Figura D.13. Resultado trazado de factor de seguridad. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

El valor mínimo del factor de seguridad es de 6,847 y se da cerca de la unión soldada de la viga tipo Pratt con el pórtico delantero. Como en todo momento es superior a 1, la estructura como andas de traslado es segura, y por tanto, la colocación de las patas también.

1.3. Comprobación de los varales

Por último, vamos a ver si el perfil escogido para los varales es el idóneo para soportar la estructura al completo y ver el comportamiento de estos. Es un perfil de 150x80 con un espesor de $e=3\text{mm}$.

1.3.1. La hipótesis de carga

Se ha tenido en cuenta los siguientes datos para la hipótesis de carga:

- Parte superior de las andas hay una fuerza vertical de 2646 N hacia abajo comprendido por el peso de la Virgen (250 kg) y 20kg del peso de las barras que hay que sumar.
- Rectángulo que rodea la estructura que soportan el peso de la madera del cajillo (aprox. 120 kg) y adornos (ánforas, candelaría, etc) de 20 kg que se traducen en 1470 N, hacia abajo también.
- La flecha grande roja muestra la gravedad para tener en cuenta en la simulación el peso propio de la estructura.
- Se considera empotrados las caras de los varales que tienen las flechas verdes.

Existe otra opción para el estudio de esta configuración que es empotrar la estructura y poner una fuerza equivalente al peso total de la estructura en la cara inferior de los varales que simula la fuerza de los hombres de trono para levantar las andas.

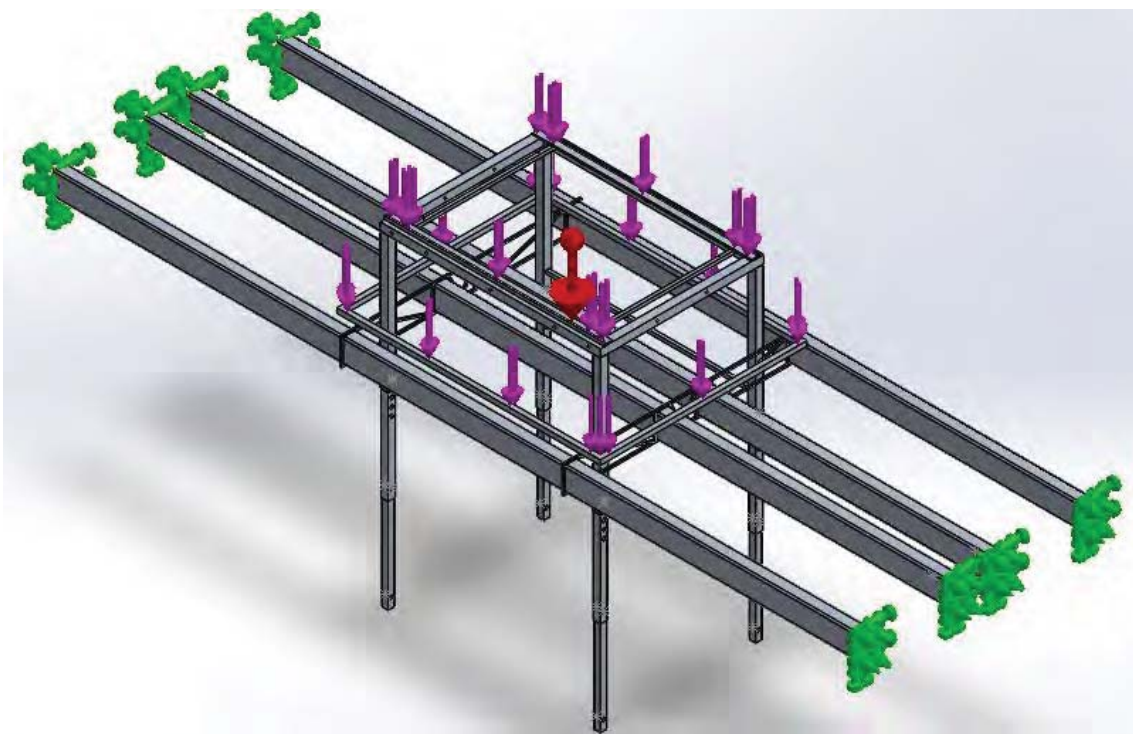


Figura D.14. Hipótesis de carga para comprobación de varales. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

1.3.2. Resultados de tensiones

Como puede observarse la zona que hay más concentración de tensiones es en las vigas tipo Pratt que soportan los varales, exactamente, en donde se encuentran las uniones soldadas con un valor máximo de 50,760 MPa. Sigue siendo seguro la estructura quedándose el valor máximo de la tensión debajo del límite elástico.

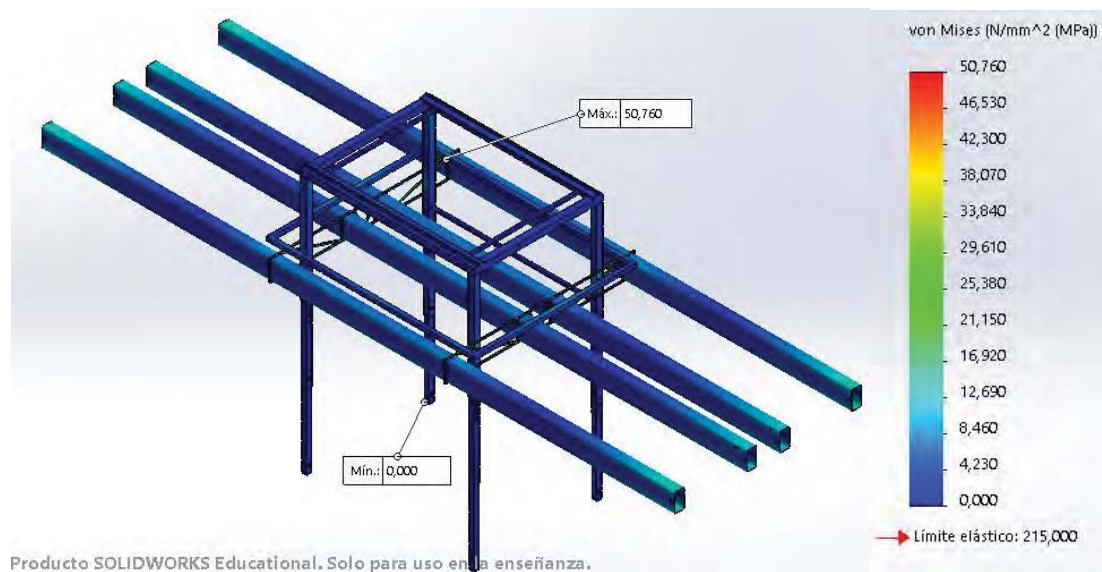


Figura D.15. Resultado del trazado de tensiones. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

Las tensiones que soportan los varales entran dentro son validos debido a que ninguna zona alcanza los valores de los colores cálidos.

1.3.3. Resultado de los desplazamientos

Hay destacar que al considerarse el empotramiento en los extremos de los varales no es una simulación real sino algo aproximado a lo que puede darse, sólo para ver el comportamiento de estos. Realmente la estructura no realizará este desplazamiento hacia abajo debido a que los hombres de trono soportarán el peso y por tanto el desplazamiento que nos interesa ver es el de los varales, no el de la estructura.

Con una escala de deformación de 10 para poder ver el comportamiento de los varales vemos que hay un desplazamiento en forma de arco, donde la parte central del varal es la que más se desplaza en el propio varal con un valor de 2,537 mm.

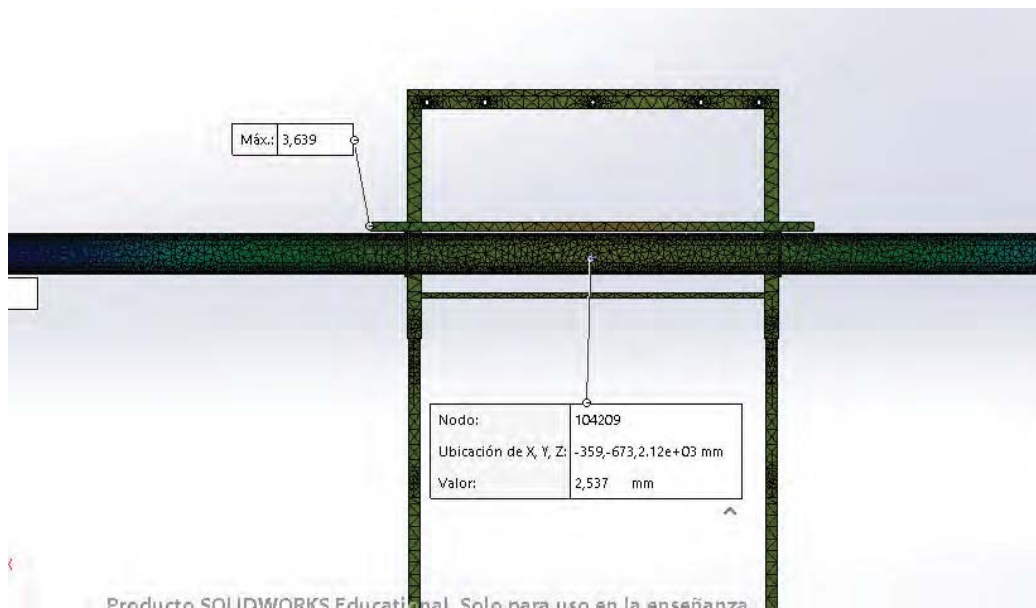


Figura D.16. Resultado del trazado de desplazamientos. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

Sólo nos interesa saber el valor máximo de los desplazamientos del varal y no el valor máximo que se da en el conjunto.

1.3.4. Resultado del factor de seguridad

Como se puede observar, el valor mínimo del factor de seguridad es de 4,2 que se vuelve a dar en la zona de la unión soldada entre la viga tipo Pratt y el pórtico. El valor mínimo se da ahí y es superior a 1, los varales son seguros.



Figura D.17. Resultado del trazado de factor de seguridad. Fuente: Elaboración propia. SolidWorks

2. Cálculo de las uniones

En este punto se va a abordar el cálculo de las distintas uniones principales que se comprenden en todo el proyecto. Se dividen en uniones atornilladas y soldadas.

2.1. Uniones atornilladas de las patas telescópicas

Se va a realizar el cálculo de la unión para poder dimensionar el diámetro de los tornillos de las uniones de las patas telescópicas debido a que son realmente las uniones que soportan mayores solicitaciones.

Existen 2 uniones atornilladas en cada pata. Como ya se sabe, las patas en posición como andas de traslados se encuentran plagadas, compuesta por barras 40x40, 45x45 y 50x50 con un espesor de 2 mm cada una.

Para el cálculo de estas uniones hay que realizar la comprobación tanto a cortadura como a aplastamiento. Se va a estudiar nada más la unión entre las barras de 40x40x2 y 45x45x2 debido a que es la unión de menor perfil que la otra unión de la misma pata entre barras de 45x45x2 y 50x50x2.

Se va a considerar esta unión de categoría tipo A con calidad 4,6 debido a que es una unión que trabaja a cortadura y con tornillos sin pretensar, por ello, se va a dimensionar el diámetro de los tornillos con las siguientes comprobaciones:

- Comprobación a cortadura:

Las barras objeto de estudio trabajan a compresión, lo que hace que el tornillo trabaje a cortadura. Como existen 4 patas, cada pata soporta el peso total entre las 4.

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd}$$

Para poder dimensionar teniendo en cuenta esta condición, vamos a igualar la resistencia de cálculo ($F_{V,Rd}$) al valor de 5280,15N de esfuerzo cortante al que está sometida la unión.

Donde:

Esfuerzo cortante a soportar cada pata. $F_{V,Rd} = 5280,15 \text{ N}$.

Número de planos de deslizamiento. $n=2$.

Coefficiente parcial de seguridad del tornillo. $\gamma_{M2} = 1,25$.

Tensión de rotura del acero del tornillo. $f_{ub} = 400 \text{ N/mm}^2$.

Con estos datos en esta comprobación podemos calcular el área de la sección del tornillo (A_C):

$$F_{V,Rd} = n * 0,5 * f_{ub} * \frac{A_C}{\gamma_{M2}} \quad A_C = 16,5 \text{ mm}^2$$

Una vez conocemos el área de la sección del tornillo, con la ecuación del área circular calculamos el diámetro del tronillo para que soporte las sollicitaciones en las que trabaja:

$$A_c = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad D = 4,58 \text{ mm}$$

La unión atornilla trabajando a cortadura necesita un tornillo con un diámetro mínimo de 4,58mm.

- Comprobación a aplastamiento de la chapa:

Esta comprobación trata de verificar la distancia entre los bordes libres de las placas, por ello, debe cumplirse la condición a aplastamiento:

$$F_{V,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

Existe sólo 1 un tornillo por unión, por tanto, se va a usar la ecuación una fila de tornillos. Se va a usar el mismo procedimiento de la comprobación anterior, igualando la resistencia de cálculo a aplastamiento con el valor del esfuerzo de 5280,15 N, considerando los siguientes datos:

Esfuerzo cortante a soportar cada pata. $F_{V,Rd} = 5280,15 \text{ N}$.

Espesor de la chapa. $t=2\text{mm}$.

Coefficiente parcial de seguridad del tornillo. $\gamma_{M2} = 1,25$.

Tensión de rotura de la chapa de aluminio. $f_u = 220 \text{ N/mm}^2$.

Se introducen estos datos en la ecuación y despejamos el diámetro para obtener el diámetro mínimo necesario para aplastamiento de la chapa:

$$F_{V,Rd} = \frac{1,5 * f_u * D * t}{\gamma_{M2}} \quad D = 10 \text{ mm}$$

Como podemos observar, se han obtenido valores distintos de diámetros para cada comprobación. Como se debe de trabajar siempre desde el lado de la seguridad vamos a escoger un diámetro de tornillo que aguante mejor a aplastamiento, por tanto, será válido cualquier diámetro superior a 10mm.

Se prefiere escoger un diámetro de 20 mm de tornillo para dicha unión y trabajar de manera aún más segura.

2.2. Uniones soldadas

Todas las uniones soldadas que existen en la estructura son de 4 mm de garganta. Gracias a la comprobación por el software SolidWorks estas uniones soldadas son seguras.

Málaga, septiembre de 2020



Raúl Peláez Luna

ANEXO E:

GLOSARIO

Andas de traslado: Tablero o estructura de pequeñas dimensiones que se usa para transportar Sagradas Imágenes.

Ánfora: Cántaro alto y estrecho con dos asas usado por los antiguos griegos y romanos para almacenar líquidos. En el mundo de la Semana Santa se usan como elementos decorativos para almacenar ramos de flores dispuestos con dibujos geométricos.

Arco de campana: Estructura encargada de sostener la campana que guía a los tronos procesionales con el fin de coordinar a los hombres de trono.

Cabeza de varal: Elemento decorativo situado en ambos lados de un varal.

Cajillo: Elementos de madera que sirve como embellecedor de la estructura de las andas o tronos procesionales.

Capilla: Edificio contigua a una iglesia o parte integrante de ella, compuesta por un altar y con advocación particular.

Cartela: Cada una de las piezas heráldicas ordinarias, pequeñas que se disponen verticalmente en el cajillo destinado a escribir un mensaje, ya sea escrito o gráficos.

Catafalco: Túmulo adornado con magnificencia, el cual suele ponerse en los templos para las Sagradas Imágenes.

Cornisa: Parte superior del entablamento de un pedestal, edificio o habitación.

Cruz arborea: Cruz esculpida en madera y con textura similar al tronco de un árbol.

Grupo escultórico: Representación escultórica de dos o más figuras sobre un mismo soporte que concurren en una misma acción o que están unidas por una situación común.

Hornacina: Hueco en una pared, un retablo u otra superficie, y en el cual se coloca una estatua, una imagen o un adorno.

Metopas: Espacio cuadrado, liso o decorado, que queda entre dos triglifos en el friso del orden dórico.

Patatas: Pilares que sustentan las andas o tronos procesionales.

Pebetero:

Sudario: Pieza de tela que se pone sobre el rostro de los difuntos o en que se envuelve el cadáver para enterrarlo.

Triglifos: Adorno del friso de orden dórico que separa dos metopas, consistente en un rectángulo saliente de arquitrabe o cornisa, surcado por dos canales verticales y dos biseles a los lados.

Trono de procesión: Estructura de dimensiones normales formada por elementos decorativos y varales con el fin de rendir culto externo, a través de procesiones, y que se encarga de trasladar las Sagradas Imágenes.

Varal: Barra larga que sirve para transportar las andas o tronos de procesión a hombros de los hombres de trono.

Málaga, septiembre de 2020

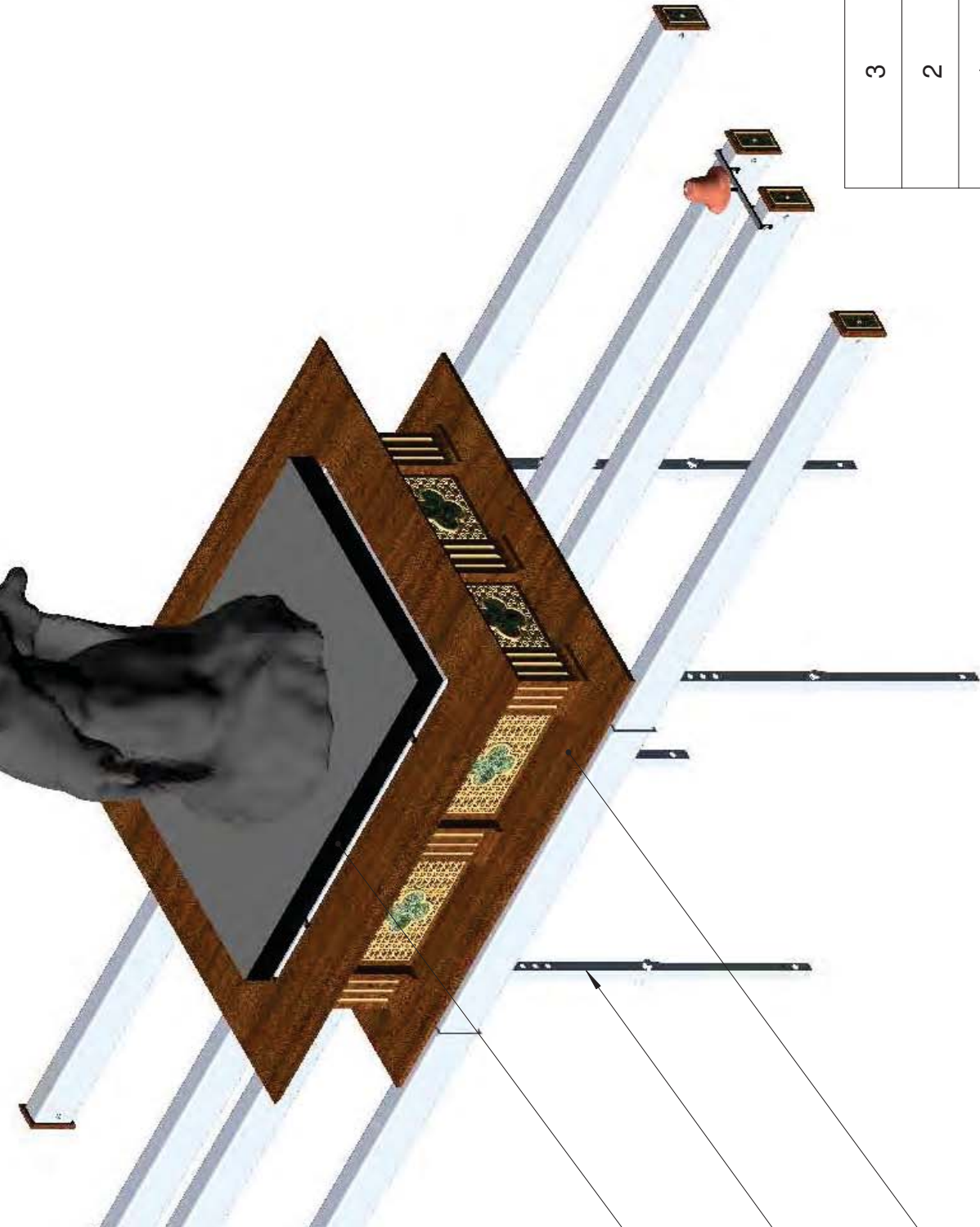
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Raúl Peláez Luna', with a stylized, cursive script.

Raúl Peláez Luna

PLANOS

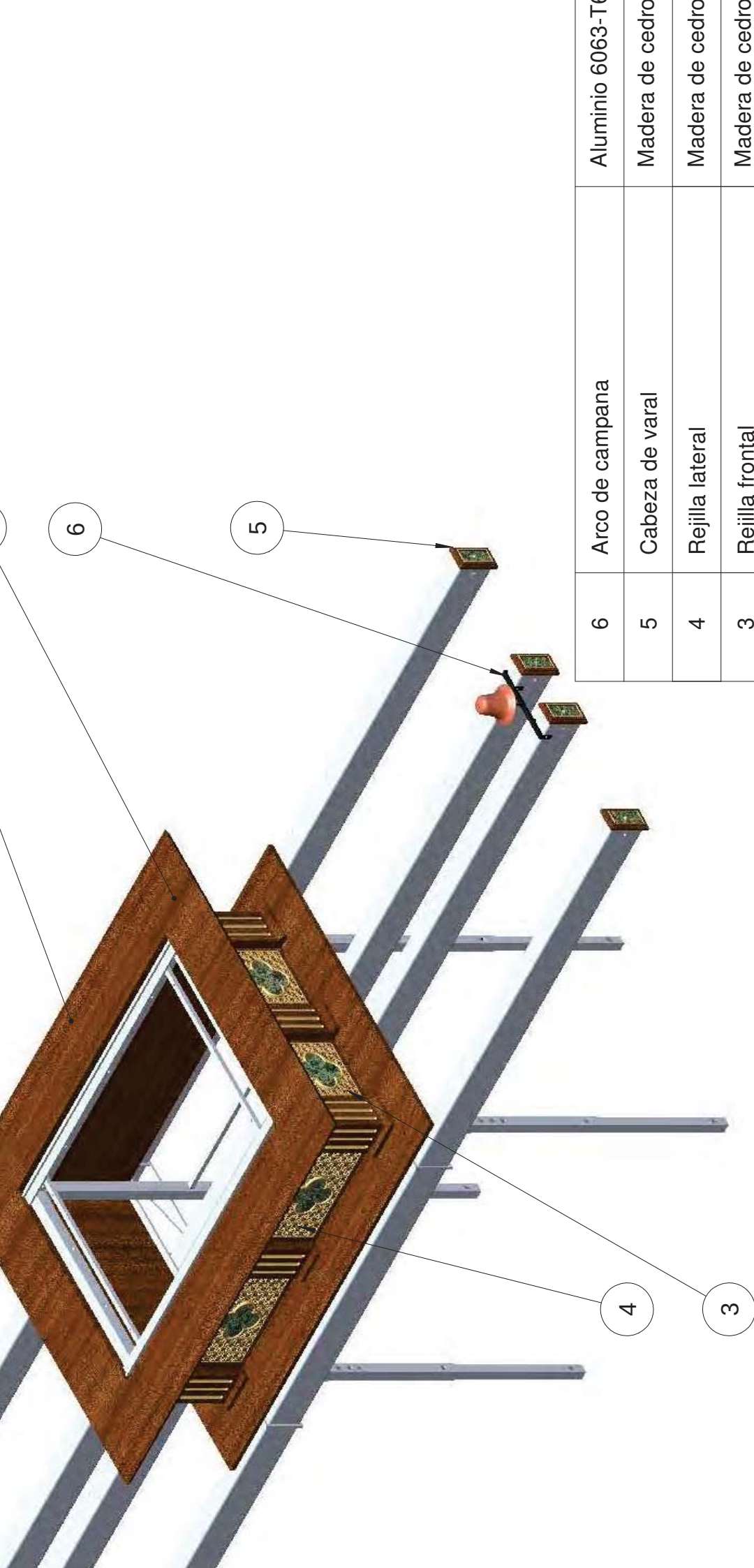
4. PLANOS

4.00. Andas de traslado	133
4.03. Elementos decorativos	134
4.01.01. Cajillo lateral	135
4.01.02. Cajillo lateral. Vistas auxiliares	136
4.01.03. Cajillo frontal	137
4.01.04. Cajillo frontal. Vistas auxiliares	138
4.01.05. Rejillas frontal y lateral	139
4.01.06. Unión cajillo-estructura base	140
4.01.07. Cabeza de varal	141
4.01.08. Arco de campana	142
4.04. Estructura	
4.02.04. Estructura base (peana)	143
4.02.04.01. Pórtico frontal	144
4.02.04.02. Pórtico lateral	145
4.02.04.03. Vista planta	146
4.02.04.04. Barra raíl	147
4.02.04.05. Uniones soldadas en estructura base	148
4.02.05. Estructura como andas de traslado	149
4.02.05.01. Barras telescópicas	150
4.02.05.02. Uniones atornilladas patas telescópicas	151
4.02.05.03. Varales	152
4.02.05.04. Uniones atornilladas varales a estructura	153
4.02.05.05. Uniones cabezas de varal con varal	154
4.02.05.06. Uniones atornilladas del arco de campana con varales ...	155
4.02.06. Posiciones del mecanismo	156
4.02.06.01. Posición 1: Andas como peana de culto	157
4.02.06.02. Posición 2: Andas de traslado	158
4.02.06.03. Posición 3: Capilla	159
4.02.06.04. Posición 4: Trono de procesión	160



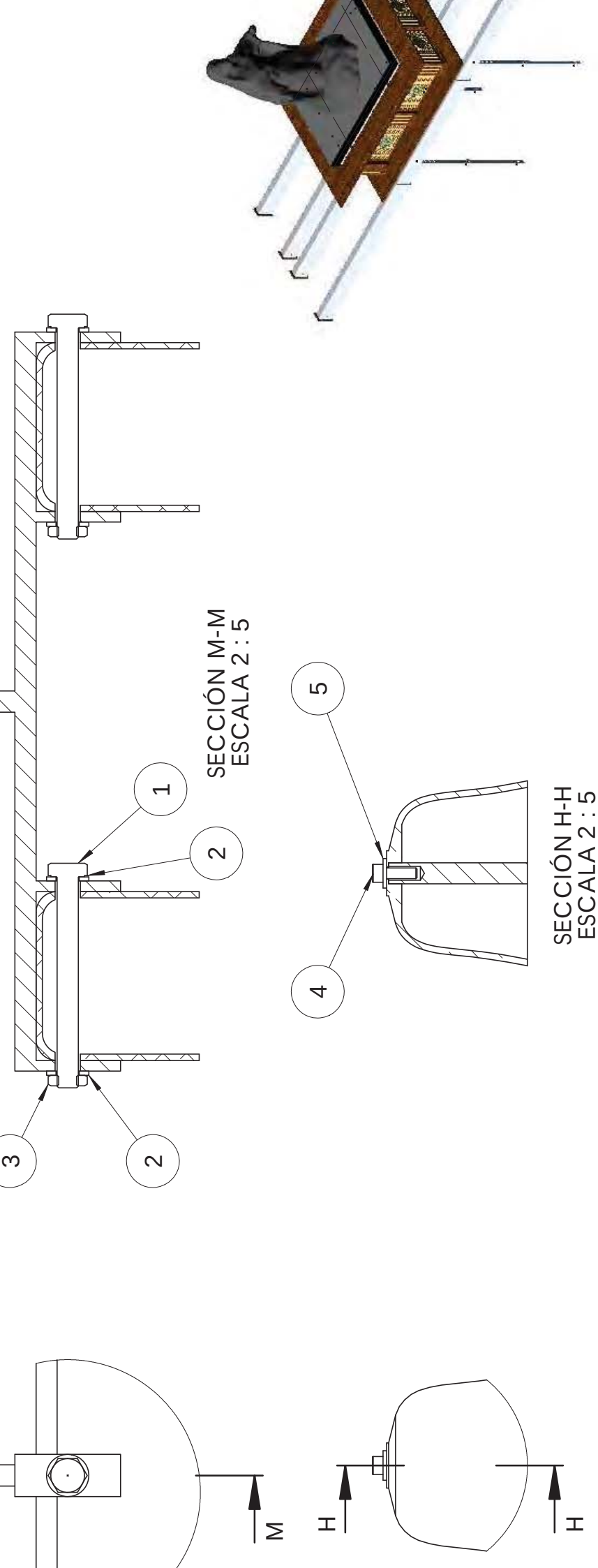
3	Escultura Virgen para mecanismo
2	Estructura
1	Elementos decorativos
MARCA	NOMBRE

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA
SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)



6	Arco de campana	Aluminio 6063-T6
5	Cabeza de varal	Madera de cedro
4	Rejilla lateral	Madera de cedro
3	Rejilla frontal	Madera de cedro
2	Cajillo lateral	Madera de cedro
1	Cajillo frontal	Madera de cedro
MARCA	NOMBRE	MATERIAL

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)



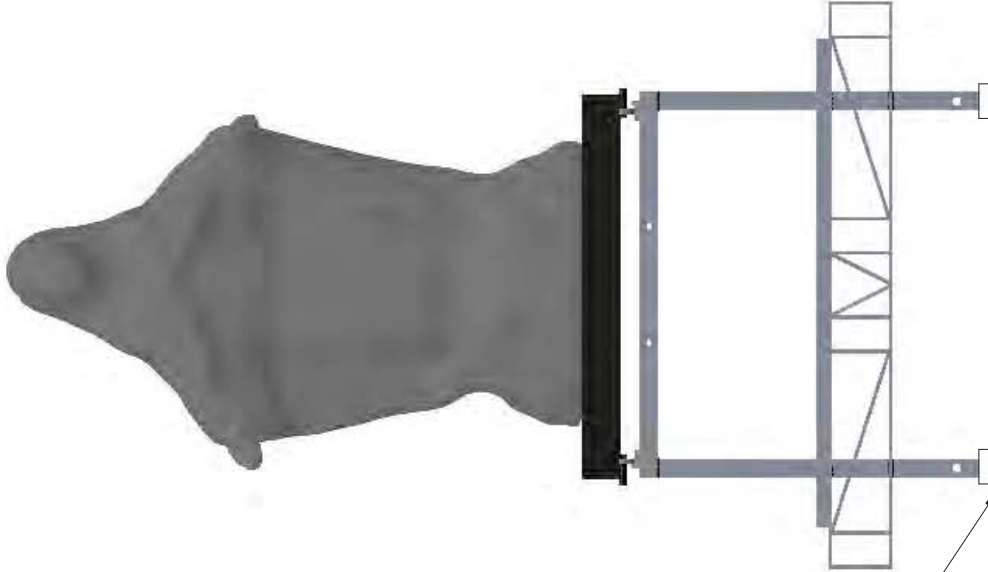
5	Arandela ISO 10669 diam. 5.4 (L=2mm)
4	Tornillo ISO 4762 M5x16
3	Tuerca hex. ISO 4035 M10x5
2	Arandela ISO 10673 diam. 10 (L=2mm)
1	Tornillo cabeza hex. ISO 4014 M10x100
MARCA	NOMBRE

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)

COTA CAPILLA

2,14 m

COTA ANDAS DE TRASLADO
(VARIABLE)

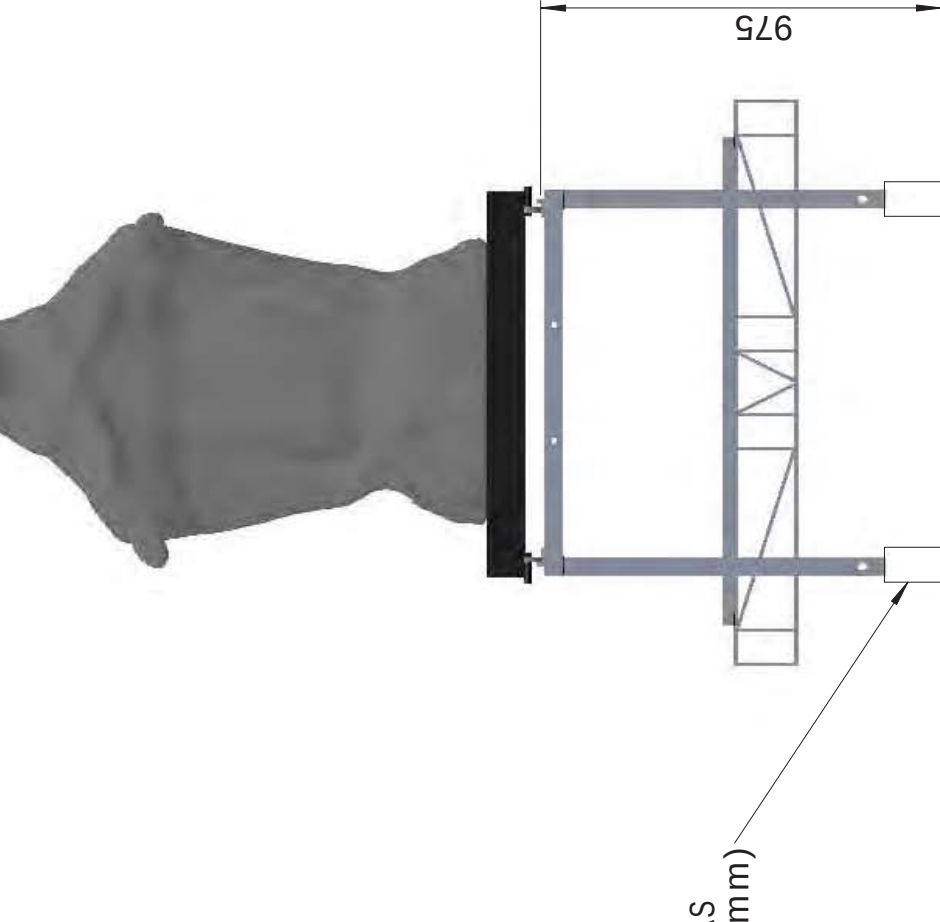


1

*COTA RESPECTO A LA BASE INFERIOR DE LA VIRGEN

4	Trono de procesión
3	Capilla
2	Andas de traslado
1	Andas como peana de culto
POSICIÓN	NOMBRE

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA
SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)



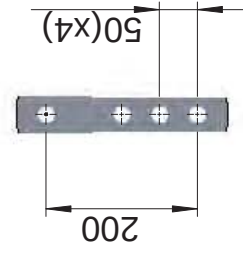
*COTA RESPECTO A LA BASE INFERIOR DE LA VIRGEN

**TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA
SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)**



GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO
INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL
PRODUCTO
Curso 19/20

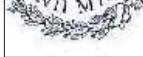




COTA MAX. : 1420 mm
COTA MIN. : 1220 mm

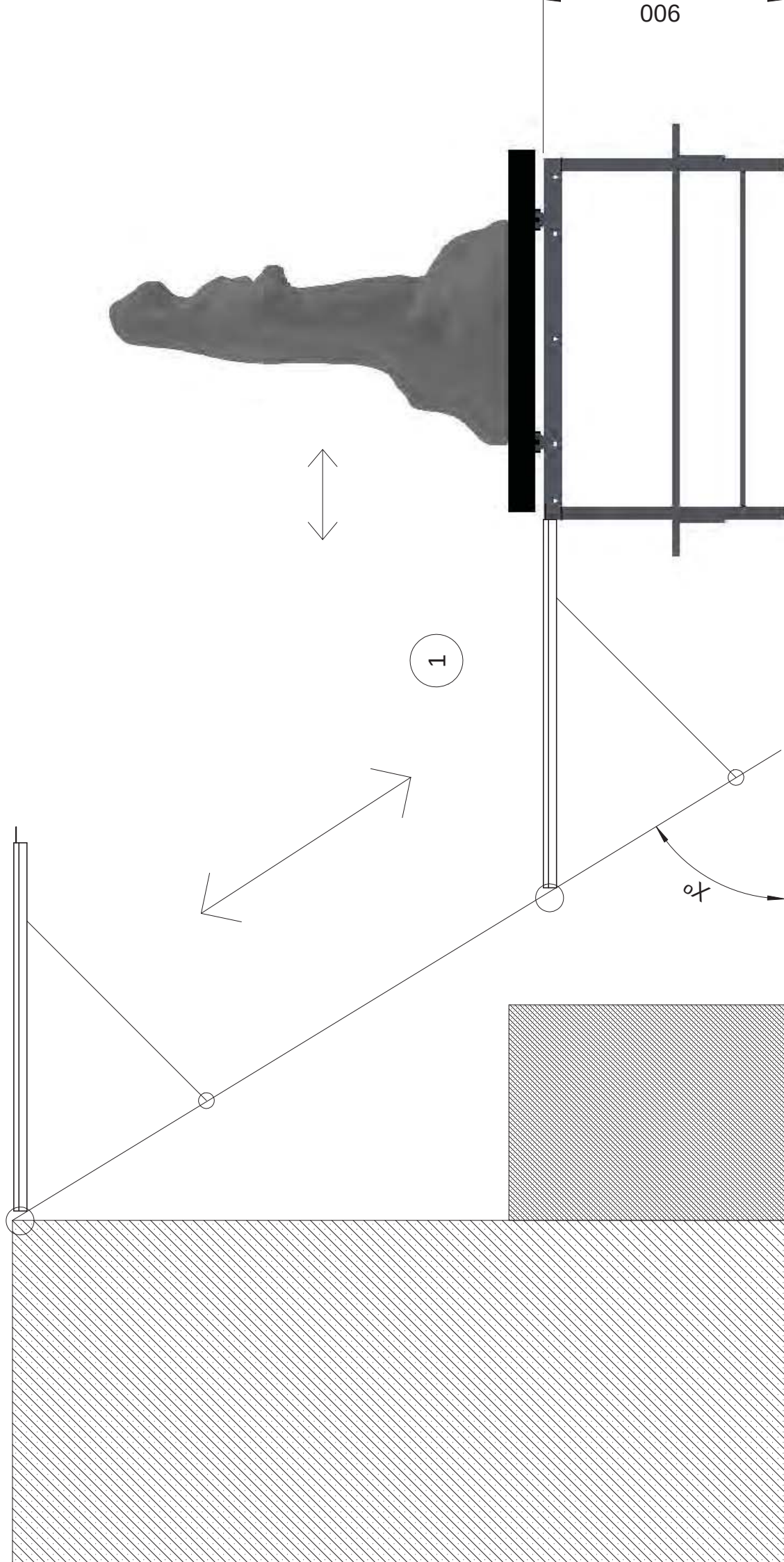
TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)

GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO
Curso 19/20



COTA CAPILLA

2



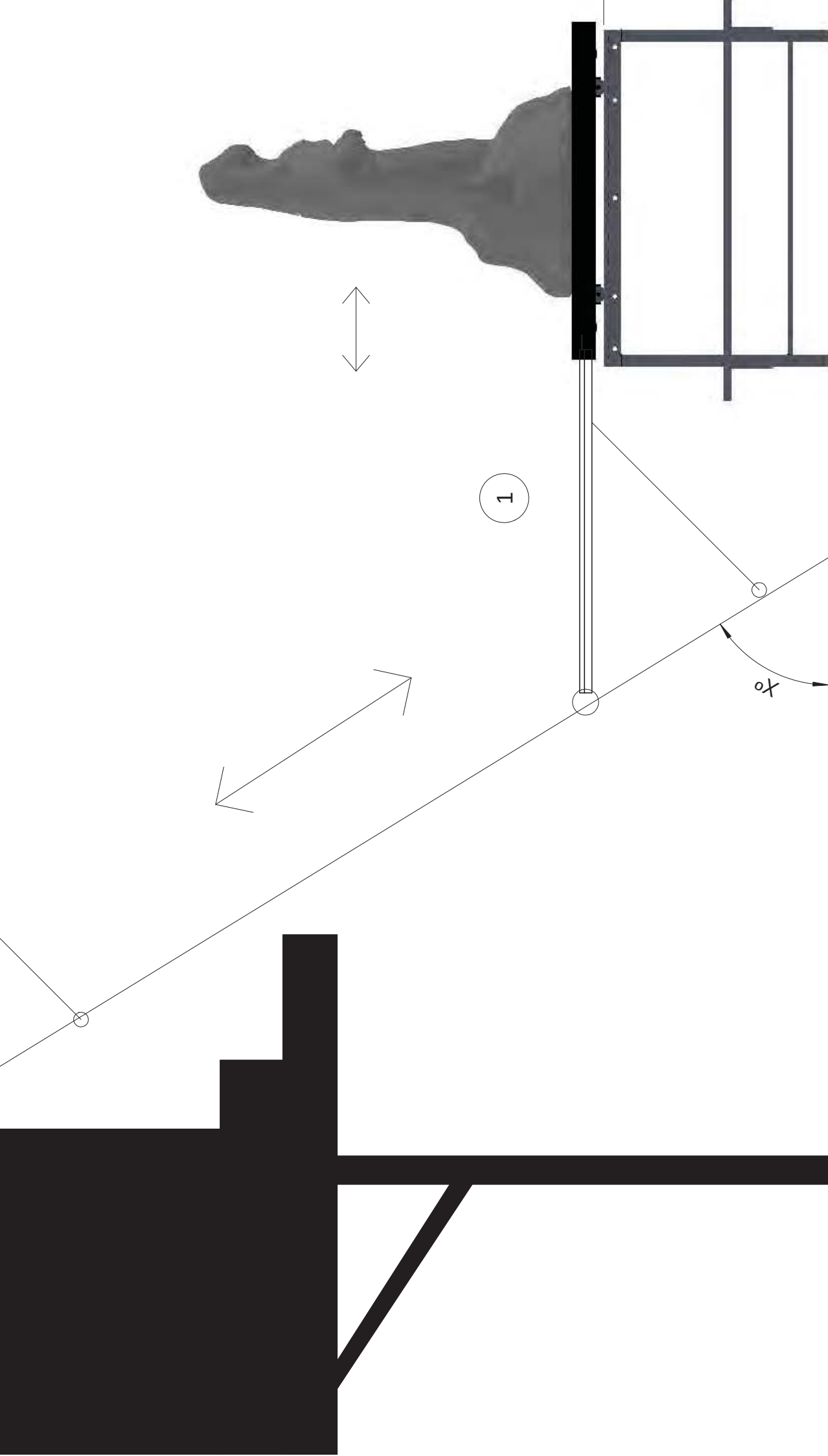
006

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA
SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)



GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO
INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL
PRODUCTO
Curso 19/20

variable



TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO DE ANDAS PARA NUESTRA
SOLEDAD (COFRADÍA DEL SANTO TRASLADO)



GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO
INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL
PRODUCTO
Curso 19/20

MEDICIONES

MEDICIONES

Cap	Uds.	Descripción	Medición
001		CAJILLO Y ELEMENTOS DECORATIVOS	
	kg	Pieza lateral del cajillo de madera de cedro.	45,44
	kg	Pieza frontal del cajillo de madera de cedro.	64,60
	kg	Cabeza de varal	38,05
	m2	Pintura plástica sobre carpintería de madera, formada por: limpieza del soporte, sellado de nudos, imprimación, plastecido, lijado y dos manos de acabado.	0,47
	m2	Aplicación de láminas de pan de oro sobre carpintería de madera.	0,96
	m2	Barniz sintético sobre carpintería de madera formada por: limpieza y lijado fino del soporte, mano de fondo con tapaporos, lijado fino y dos manos de barniz.	12,08
	m2	Laca nitrocelulosica en color sobre carpintería de madera, formada por: limpieza del soporte, sellado de nudos, lijado general fino, imprimación no grasa, plastecido, lijado y dos manos de laca.	13,51
	u	Campana de fundición de latón	1,00
002		ESTRUCTURA METÁLICA	
	m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 50x50x2	8,19
	m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 45x45x2	2,80
	m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 40x40x2	2,80
	m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección 30x30	5,63
	m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección 20x20	4,39
	m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección 10x10	14,07
	m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 150x80x3	20,00

m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección diam. 10 mm	0,20
m	Barra de Aluminio EN AW-6063 con sección 50x10	2,75
u	Juego de 4 ruedas con un diam. 75 mm. 2 con freno y 2 sin freno.	1,00
u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4014 con M10x100	9,00
u	Arandela ISO 10673 con diam. 10 mm	18,00
u	Tuerca hex. ISO 4035 con M10	9,00
u	Tornillo de cabeza hex. ISO 476 con M5x16	1,00
u	Arandela ISO 10669 con diam. 16 mm	1,00
u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M5x12	8,00
u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M20x80	8,00
u	Arandela ISO 7091 con diam. 20 mm	16,00
u	Tuerca hex. ISO 4034 con M20	8,00
u	Tornillo ISO 4162 con M16x160	16,00
003	MECANISMO ELEVADOR	
u	Mecanismo elevador Toplift modelo 234 del fabricante Böcker	1,00

Málaga, septiembre de 2020



Raúl Peláez Luna

PRESUPUESTOS

6.	PRESUPUESTOS	
6.1.	Listado de las partidas	169
6.2.	Cuadros de descompuestos	170
6.3.	Resumen presupuesto	176

1.Listado de las partidas

CÓDIGO	CANTIDAD	RESUMEN
A1	kg	Pieza lateral cajillo
A2	kg	Pieza frontal cajillo
A3	kg	Piezas de cabezas de varal
A4	m2	Barniz oscuro
A5	m2	Pintura plástica
A6	m2	Láminas de pan de oro
A7	m2	Laca nitrocelulósica
B1	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 50x50x2
B2	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 10x10
B3	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 30x30
B4	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 20x20
B5	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 50x10
B6	kg	Acero para soldadura
C1	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 45x45x2
C2	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 40x40x2
C3	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 150x80x3
C4	m	Aluminio EN AW-6063 con sección circular diam. 10
C5	u	Juego de 4 ruedas con diam. 75 mmm (2 con freno, 2 sin freno)
C6	u	Campana de latón
D1	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4014 con M10x100
D2	u	Arandela ISO 10673 con diam. 10 mm
D3	u	Tuerca hex. ISO 4035 con M10
D4	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 476 con M5x16
D5	u	Arandela ISO 10669 con diam. 16 mm
D6	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M5x12
D7	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M20x80
D8	u	Arandela ISO 7091 con diam. 20 mm
D9	u	Tuerca hex. ISO 4034 con M20
D10	u	Tornillo ISO 4162 con M16x160
E1	u	Mecanismo elevador Toplift modelo 234 del fabricante Böcker

2. Cuadros de descompuestos

CÓDIGO	CANTIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 01 Cajillo					
A1	kg	Pieza lateral cajillo			
	38,36 h	Oficial 1ª Ebanista	13,00	498,68	
	45,44 kg	Madera de cedro	20,20	917,89	
TOTAL PARTIDA.....					1.416,57
A2	kg	Pieza frontal cajillo			
	50,12 h	Oficial 1ª Ebanista	13,00	651,56	
	64,60 kg	Madera de cedro	20,20	1.304,92	
TOTAL PARTIDA.....					1.956,48
A3	kg	Piezas de cabezas de varal			
	48,00 h	Oficial 1ª Ebanista	13,00	624,00	
	38,05 kg	Madera de cedro	20,20	768,61	
TOTAL PARTIDA.....					1.392,61
A4	m2	Barniz oscuro			
	8,00 h	Oficial 1ª Pintor	7,50	60,00	
	4,50 h	Lijadora	4,25	19,13	
	2,04 l	Barniz tapaporos	14,95	30,60	
	1,83 l	Barniz oscuro	25,95	47,49	
TOTAL PARTIDA.....					157,22
A5	m2	Pintura plástica			
	6,00 h	Oficial 1ª Pintor	7,50	45,00	
	0,75 l	Pintura plástica	27,95	20,96	
TOTAL PARTIDA.....					65,96
A6	m2	Láminas de pan de oro			
	10,00 h	Oficial 1ª Pintor	7,50	75,00	
	6,00 u	Libro con 25 láminas de 8x8 cm	53,77	322,62	
TOTAL PARTIDA.....					397,62
A7	m2	Laca nitrocelulósica			
	6,00 h	Oficial 1ª Pintor	7,50	45,00	
	1,12 l	Selladora	18,33	20,52	
	1,12 l	Laca nitrocelulósica	82,62	92,53	
TOTAL PARTIDA.....					158,05
Total Capítulo 01.....					5.544,51 €

CÓDIGO	CANTIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 02 Estructura base					
B1	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 50x50x2			
	2,03h	Oficial 1ª	15,75	31,97	
	8,19 m	Barra con sección hueca 50x50x2 mm	15,24	124,82	
TOTAL PARTIDA.....					156,79
B2	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 10x10			
	3,21 h	Oficial 1ª	15,75	50,56	
	14,07 m	Barra con sección 10x10 mm	5,68	79,92	
TOTAL PARTIDA.....					130,48
B3	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 30x30			
	1,13 h	Oficial 1ª	15,75	17,79	
	5,63 m	Barra con sección 30x30 mm	19,52	109,90	
TOTAL PARTIDA.....					127,69
B4	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 20x20			
	1,27 h	Oficial 1ª	15,75	20,00	
	4,39 m	Barra con sección 20x20 mm	12,16	53,38	
TOTAL PARTIDA.....					73,38
B5	m	Aluminio EN AW-6063 con sección 50x10			
	0,55 h	Oficial 1ª	15,75	8,66	
	2,75 m	Barra con sección 50x10 mm	12,67	34,84	
TOTAL PARTIDA.....					43,50
B6	kg	Acero para soldadura			
	5,00 h	Oficial 1ª Soldador	11,88	59,40	
	0,55 kg	Alambre de hacer S275	19,95	10,97	
TOTAL PARTIDA.....					70,37
Total Capítulo 02.....					602,21 €

CÓDIGO	CANTIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 03 Estructura para andas de traslado					
C1	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 45x45x2			
	0,56 h	Oficial 1ª	15,75	8,82	
	2,80 m	Barra con sección hueca 45x45x2 mm	12,61	35,31	
TOTAL PARTIDA.....					44,13
C2	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 40x40x2			
	0,56 h	Oficial 1ª	15,75	8,82	
	2,80 m	Barra con sección hueca 40x40x2 mm	9,98	27,94	
TOTAL PARTIDA.....					36,76
C3	m	Aluminio EN AW-6063 con sección hueca 150x80x3			
	4,00 h	Oficial 1ª	15,75	63,00	
	20,00 m	Barra con sección hueca 150x80x3 mm	21,70	434,00	
TOTAL PARTIDA.....					497,00
C4	m	Aluminio EN AW-6063 con sección circular diam. 10			
	0,04 h	Oficial 1ª	15,75	0,63	
	0,20 m	Barra con sección circular de diam. 10 mm	5,79	1,16	
TOTAL PARTIDA.....					1,79
C5	u	Juego de 4 ruedas con diam. 75 mmm (2 con freno, 2 sin freno)			
	1,00 u		35,20	35,20	
TOTAL PARTIDA.....					35,20
C6	u	Campana de latón			
	1,00 u		57,44	57,44	
TOTAL PARTIDA.....					57,44
Total Capítulo 03.....					672,32 €

CÓDIGO	CANTIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 04 Tornillería					
D1	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4014 con M10x100			
	0,08 h	Técnico	10,00	0,80	
	9,00 u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4014 con M10x100	0,18	1,62	
TOTAL PARTIDA.....					2,42
D2	u	Arandela ISO 10673 con diam. 10 mm			
	0,14 h	Técnico	10,00	1,40	
	18,00 u	Arandela ISO 10673 con diam. 10 mm	0,46	8,28	
TOTAL PARTIDA.....					9,68
D3	u	Tuerca hex. ISO 4035 con M10			
	0,08 h	Técnico	10,00	0,80	
	9,00 u	Tuerca hex. ISO 4035 con M10	0,23	2,07	
TOTAL PARTIDA.....					2,87
D4	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 476 con M5x16			
	0,01 h	Técnico	10,00	0,10	
	1,00 u	Tornillo de cabeza hex. ISO 476 con M5x16	0,12	0,12	
TOTAL PARTIDA.....					0,22
D5	u	Arandela ISO 10669 con diam. 16 mm			
	0,01 h	Técnico	10,00	0,10	
	1,00 u	Arandela ISO 10669 con diam. 16 mm	0,68	0,68	
TOTAL PARTIDA.....					0,78
D6	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M5x12			
	0,07 h	Técnico	10,00	0,70	
	8,00 u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M5x12	0,15	1,20	
TOTAL PARTIDA.....					1,90
D7	u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M20x80			
	0,07 h	Técnico	10,00	0,70	
	8,00 u	Tornillo de cabeza hex. ISO 4016 con M20x80	1,22	9,76	
TOTAL PARTIDA.....					10,46
D8	u	Arandela ISO 7091 con diam. 20 mm			
	0,14 h	Técnico	10,00	1,40	
	16,00 u	Arandela ISO 7091 con diam. 20 mm	0,74	11,84	
TOTAL PARTIDA.....					13,24

D9	u	Tuerca hex. ISO 4034 con M20		
	0,07 h	Técnico	10,00	0,70
	8,00 u	Tuerca hex. ISO 4034 con M20	1,02	8,16
TOTAL PARTIDA.....				8,86
D10	u	Tornillo ISO 4162 con M16x160		
	0,16 h	Técnico	10,00	1,60
	16,00 u	Tornillo ISO 4162 con M16x160	1,03	16,48
TOTAL PARTIDA.....				18,08
Total Capítulo 04.....				68,51 €

CÓDIGO	CANTIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 05 Mecanismo elevador					
E1	u	Mecanismo elevador Toplift modelo 234 del fabricante Böcker			
TOTAL PARTIDA.....					8.750,00
Total Capítulo 05.....					8.750,00 €

3.RESUMEN PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
01	Cajillo y elementos decorativos.....	5.544,51	35,45
02	Estructura base.....	602,21	3,86
03	Estructura para andas de traslado.....	672,32	4,29
04	Tornillería.....	68,51	0,44
05	Mecanismo elevador.....	8.750,00	55,96
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		15.637,55	
	13,00% Gastos Generales.....	2.032,88	
	5,00% Beneficio Industrial.....	781,88	
	SUMA DE G.G. Y B.I.	2.814,76	
	21,00% I.V.A.	3.874,98	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		22.327,29	

El total del presupuesto general asciende a la cantidad de **VEINTIDOS MIL TRESCIENTOS VEINTISIETE EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS**.

Málaga, septiembre de 2020



Raúl Peláez Luna