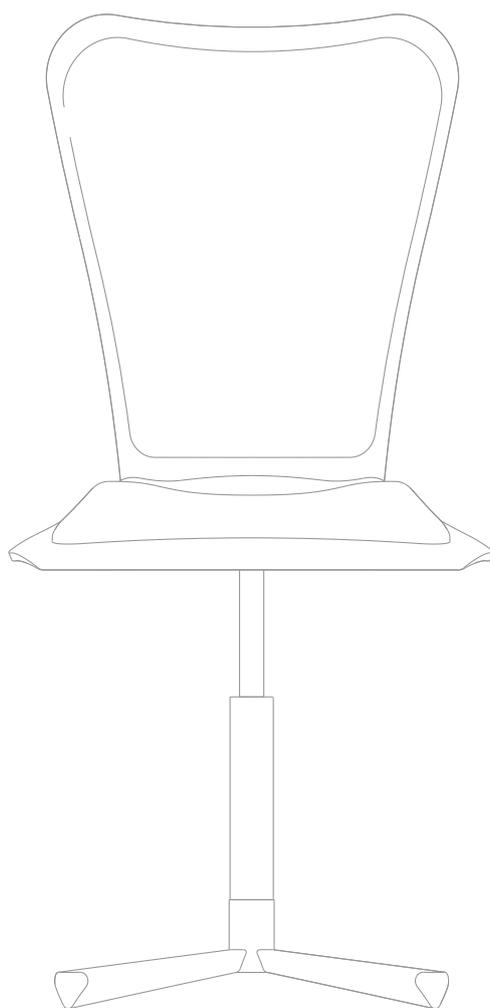




musicianschair

MI musicianschair



No podría comenzar este proyecto sin antes agradecerse a todas las personas que lo han hecho posible. En primer lugar, a mi familia, porque sin vosotros no habría llegado hasta aquí; gracias por la educación que me habéis brindado, pero sobre todo gracias por vuestra ayuda, cariño y apoyo incondicional. Espero que la ilusión de ver este proyecto terminado sirva como pequeña recompensa por todo lo que me habéis dado.

Al equipo de *La Fábrica de Inventos*, en especial a Roberto López, por su dedicación y paciencia; por creer en mí como diseñadora y hacer que este proyecto salga adelante, compartiendo conmigo todos sus conocimientos sobre el Diseño Industrial.

A Sara Delgado, por sus maravillosos conocimientos sobre la anatomía humana y su amabilidad.

Por supuesto, a Sonia. Por apuntarse siempre a un bombardeo y estar ahí siempre para ayudar. Gracias por hacer que el diseño me guste aún más.

Y por último, a todas aquellas personas anónimas y no tan anónimas que han participado en mi encuesta y han mostrado su apoyo y entusiasmo hacia este proyecto.

Gracias.

MI musicianschair

SILLA, ORQUESTA, ERGONOMÍA,
POSTURA, ELEGANCIA

“MI, musicians chair” es una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica, que ha sido diseñada teniendo en cuenta todos los requisitos del colectivo musical. Su principal cometido es la prevención de lesiones y patologías relacionadas con la práctica instrumental, ofreciendo una mejora postural al usuario y garantizando la comodidad durante las largas horas de ensayos y conciertos.

Otras cualidades que caracterizan el producto son la ligereza, lo que facilita el transporte, y la elegancia. Las formas y los materiales han sido cuidadosamente seleccionados para conseguir la armonía de los elementos sobre el escenario, habiendo sido diseñada pensando en los auditorios modernos, completamente revestidos de madera contrachapada, y en la elegancia y sobriedad de la vestimenta de los músicos.

1. MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.1 Introducción	3
1.2 Justificación del proyecto	4
2. ALCANCE Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
3. ESTUDIO DE CAMPO	7
3.1 El origen de las lesiones	7
3.2 Tipos de lesiones más frecuentes	8
3.2.1 Acumulación de tensiones	8
3.2.2 Lesiones de sobreuso	9
3.2.3 Neuropatías por atrapamiento nervioso	10
3.3 Lesiones según el instrumento	12
3.4 Prevención de lesiones	14
3.5 Posición sedente en músicos	14
3.6 La silla del músico	21
3.7 Encuestas	22
4. NORMATIVA VIGENTE	27
5. ESTADO DEL ARTE: ESTUDIO DE MERCADO	29
5.1 Sillas y productos ergonómicos	30
5.1.1 Sillas ergonómicas de oficina	30
5.1.2 Otras sillas ergonómicas profesionales	30
5.1.3 Sillas para la mejora de la postura	33
5.1.4 Accesorios ergonómicos para sillas	36
5.2 Mobiliario y productos para músicos	36
5.2.1 Sillas para orquesta	37
5.2.2 Sillas especiales para instrumentos concretos	49
5.2.3 Accesorios para adaptar la silla del músico	51
5.3 Productos asociados a la prevención de la patología del pudendo	52

6. REQUISITOS FUNDAMENTALES	53
6.1 Público objetivo	53
6.2 Briefing	54
7. DESARROLLO Y DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	57
7.1 Ideas previas	57
7.2 Consideraciones ergonómicas	62
7.2.1 Estudios antropométricos utilizados	62
7.2.2 Medidas significativas	63
7.3 Descripción del resultado final	68
7.3.1 Descripción pormenorizada de los elementos	80
7.4 Logotipo e imagen de marca	90
8. MATERIALES	93
8.1 Madera contrachapada	93
8.2 Acero al carbono con recubrimiento en polvo	98
8.3 Espuma de poliuretano de densidad media	99
8.4 Tela ignífuga para eventos teatrales	100
8.5 Adhesivo industrial	100
8.6 Goma SBR	100
9. FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE	101
9.1 Fabricación del asiento de madera	101
9.2 Fabricación de los cojines	103
9.3 Fabricación de la base	103
9.3.1 Torneado del cilindro central	103
9.3.2 Fundición en arena de los apoyos o patas	104
9.3.3 Soldadura por arco con electrodo revestido	105
9.4 Fabricación de los soportes de goma	105
9.5 Ensamblaje	106
9.5.1 Ensamblaje en fábrica	106
9.5.2 Montaje	109
9.6 Embalaje	112
10. PROTOTIPO	115

2. CÁLCULOS

1. INTRODUCCIÓN	121
2. CÁLCULOS DIMENSIONALES	123
2.1 Pistón gas	123
2.2 Base de cuatro apoyos	124
3. CÁLCULOS DE RESISTENCIA	127
3.1 Cálculo del peso	127
3.2 Ensayos sobre el asiento	128
3.3 Ensayos sobre la base de cuatro apoyos	135
3.4 Conclusiones	137

3. PLANOS TÉCNICOS

1. INTRODUCCIÓN	141
2. PLANO CONJUNTO 1	143
3. PLANO CONJUNTO 2	145
4. PLANO ASIENTO MADERA	147
5. PLANO COJÍN RESPALDO	149
6. PLANO COJÍN ASIENTO	151
7. PLANO CONJUNTO BASE CUATRO APOYOS	153
8. PLANO CILINDRO BASE	155
9. PLANO APOYO BASE	157
10. PLANO SOPORTE GOMA	159

4. PLIEGO DE CONDICIONES

1. INTRODUCCIÓN	163
2. CONDICIONES GENERALES	163
2.1 Descripción general del producto	163
2.2 Objetivos y cláusulas generales	163
3. CONDICIONES FACULTATIVAS O LEGALES	164
3.1 Contrato	164
3.2 Subcontratista	165
3.3 Régimen de intervención	165
3.4 Propiedad industrial	165
4. CONDICIONES ECONÓMICAS	166
4.1 Compromiso del promotor	166
4.2 Condiciones para la empresa auxiliar	166
4.3 Condiciones para la empresa suministradora	167
4.4 Condiciones para la empresa de montaje	168
5. CONDICIONES DE EJECUCIÓN	169
6. MATERIALES	170
6.1 Condiciones generales	170
6.2 Material suministrado por empresas externas	171
7. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	171
7.1 Control de calidad	171
7.2 Suministro de materiales	172
7.3 Conservación, manipulación y almacenamiento	172
7.4 Montaje, embalaje y distribución	172
7.5 Cualificación de la mano de obra	172
8. CERTIFICACIONES	173
9. GARANTÍA	174

5. PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN	179
2. COSTE TOTAL DE FÁBRICA	179
2.1 Coste de fabricación	180
2.1.1 Costes de material	180
2.1.2 Mano de obra directa	182
2.1.3 Puesto de trabajo	184
2.2 Gastos Generales	186
2.3 Mano de obra indirecta	186
2.4 Cargas Sociales	187
3. BENEFICIO INDUSTRIAL	188
4. PRECIO DE VENTA DE FÁBRICA	188
5. CONCLUSIONES	189

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

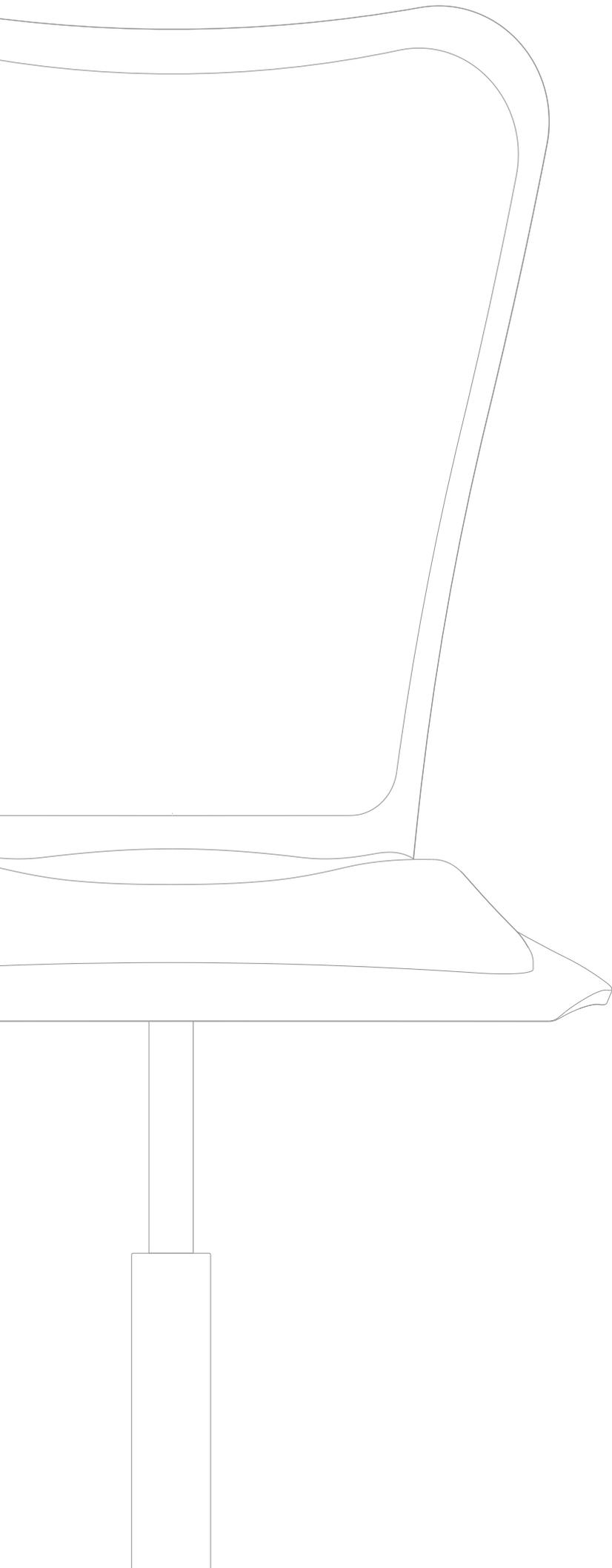
1. CONCLUSIONES	193
2. LÍNEAS FUTURAS	194

7. BIBLIOGRAFÍA

1. BIBLIOGRAFÍA	199
-----------------	-----

8. ANEXOS

1. ANEXO 1	217
2. ANEXO 2	219
3. ANEXO 3	225



memoria_

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1 Introducción

El presente documento expone la realización del diseño industrial de un asiento ergonómico con respaldo destinado a músicos de orquesta.

La música está considerada como la profesión más larga del mundo; los estudios musicales comienzan durante la infancia, y si nos dedicamos a ella profesionalmente, la actividad laboral se prolonga hasta la edad de jubilación. Además, los músicos son uno de los colectivos con mayor riesgo de sufrir enfermedades profesionales¹, especialmente los músicos de orquesta sinfónica². Varios estudios a nivel mundial manifiestan que entre el 70 y el 80% de los músicos sufren patologías relacionadas con la práctica instrumental, y que un tercio de los lesionados se ven obligados a abandonar su carrera. (Ver *Anexo I : estudios sobre la incidencia de lesiones relacionadas con la práctica instrumental*).

En la práctica instrumental se suman dos factores lesivos importantes: los movimientos repetitivos y el mantenimiento de una postura estática durante prolongados periodos de tiempo. La realización de este proyecto se centrará en el segundo factor mencionado, la postura del músico, sin olvidar que en muchas ocasiones un movimiento repetitivo puede ser más o menos lesivo, dependiendo de la postura corporal que hay detrás de él. Por tanto, muchas de las patologías relacionadas con la práctica instrumental derivan, en última instancia, de la postura del músico.

La aparición de profesionales de medicina, fisioterapia y posturología especializados en patologías relacionadas con la música reafirma la importancia de las lesiones del colectivo musical. Sin embargo, sería mucho más eficaz combatir el problema en su origen, evitando la aparición de algunas de estas patologías asociadas a la postura desde el ámbito del diseño.

¹ Las denominaremos enfermedades profesionales puesto que derivan de la práctica laboral, aunque actualmente en España no se reconocen como tal.

² Conjunto o agrupación musical de gran tamaño, formado por instrumentistas de varias familias: cuerda, viento madera, viento metal y percusión.

Este proyecto de diseño se engloba por tanto en la ergonomía³ y en el ámbito médico-sanitario (especialmente en los campos de posturología y fisioterapia). Se centrará en el estudio de las patologías asociadas a la práctica instrumental de los músicos de orquesta sinfónica, especialmente de aquellas relacionadas con las sillas y asientos utilizados durante esta práctica, para posteriormente elaborar un diseño que mejore la salud de estudiantes y profesionales de la música.

1.2 Justificación del proyecto

La realización de este proyecto surge a raíz de mi experiencia personal como instrumentista de viola durante doce años, y a mi estancia durante ese período en varios Conservatorios españoles. La escasez de mobiliario orientado a los instrumentistas me han llevado a mí y a muchos de mis compañeros y profesores a sufrir lesiones y dolencias posturales que provocan una interrupción prolongada de nuestra práctica, siendo además la música una actividad que requiere constancia y ensayos diarios.

Además, mi interés por el tema se vio incrementado gracias a la asistencia a diversos seminarios y conferencias sobre posturología musical, impartidos por profesionales del sector como el Dr. Tomás Martín López, osteópata especializado en la prevención y tratamiento de lesiones musculoesqueléticas relacionadas con la práctica musical; y Joseph Quoidbach, fisioterapeuta, miembro fundador de la Sociedad Belga de Posturología y de la API (asociación Postural Internacional), y cofundador del centro de medicina de los deportes y las artes de Lieja. Las aportaciones de estos especialistas a mi escasa formación en posturología y ergonomía musical sirvieron como base para la realización de este proyecto.

³ La ergonomía es una ciencia que estudia la relación entre los factores anatómicos, fisiológicos, psicológicos y la conducta humana y sus capacidades y limitaciones. Surgió a partir del estudio de las características de los usuarios y su relación con los productos y el entorno. El diseño ergonómico pretende desarrollar productos que satisfagan las necesidades reales y que contribuyan a una buena relación entre el usuario y el producto.

2. ALCANCE Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

La elaboración de este proyecto tiene como fin último la realización del diseño industrial de una silla ergonómica adaptada a músicos de orquesta sinfónica. Para ello, se realizará un estudio previo acerca de las patologías más usuales en músicos de orquesta y su origen, profundizando en aquellas relacionadas con una mala postura derivada de un mobiliario poco adaptado, y detallando las claves de una postura correcta, sobre las que se fundamentará posteriormente el diseño.

Se analizará también el estado de la técnica, estudiando el mobiliario relacionado con la ergonomía musical que actualmente se encuentra en el mercado, así como posibles patentes y otros productos relacionados con la salud postural.

Posteriormente se realizará una encuesta dirigida a estudiantes de música y a profesionales dedicados a este sector. De esta breve encuesta se pretenden obtener datos sobre el porcentaje de usuarios que han sufrido lesiones a lo largo de su carrera y qué tipo de lesiones son más frecuentes. Así mismo, se explorará si existe una necesidad real en el mercado del producto y cuáles son los requisitos de diseño solicitados por los potenciales clientes.

Una vez recopilada toda esta información se llevará a cabo el diseño industrial, que irá acompañado de los planos técnicos y las especificaciones técnicas que en esta memoria van a desarrollarse. Se tratará también brevemente el tema de la fabricación y el montaje del producto.

Acompañará a la memoria y los planos un pliego de condiciones y un presupuesto industrial. Se pretenderá ajustar al máximo los costos de materiales y fabricación, aunque esto sólo se realizará de forma aproximada, puesto que mucha información de éste tipo sólo está disponible para empresas. Los establecimientos de tiempos se tomarán a partir de conocimientos previos e investigaciones online, al igual que los salarios de los trabajadores.

Software utilizado

Tanto para la ejecución del diseño como para la elaboración de la memoria y los planos, se ha utilizado gran variedad de software informático.



ADOBE ACROBAT XI PRO: Maquetación.

ADOBE ILLUSTRATOR CC2014: Imágenes vectoriales, diseño gráfico, bocetos digitalizados...

ADOBE PHOTOSHOP CC2014: Retoque fotográfico.

AUTODESK INVENTOR: Ensayos de resistencia por el método de elementos finitos⁴.

CATIA V5 R21: Modelado 3D, dimensionado, ensamblaje de conjuntos y subconjuntos, mecanismos, planos, etc.

CURA 3D PRINTING: Preparación del modelo para la impresión 3D.

DROPBOX: Gestión de archivos y copia de seguridad.

KEY SHOT: Renderizado y animación.

MICROSOFT OFFICE EXCEL: Hojas de cálculos, presupuestos.

MICROSOFT OFFICE WORD: Maquetación.

⁴ Método numérico para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales, muy utilizado en problemas de ingeniería implementados en computadoras.

3. ESTUDIO DE CAMPO

Antes de comenzar con la parte dedicada al diseño industrial, es fundamental realizar un estudio previo de todo aquello que puede resultar relevante para el proyecto. Se pretende recopilar y analizar la información necesaria para obtener criterios de diseño ergonómico con el fin de obtener un producto totalmente adaptado.

A continuación se expondrán los datos recogidos sobre la posturología musical, las patologías relacionadas con la misma y la importancia de su prevención. Así mismo, se pretenden tratar todos los temas necesarios para el correcto entendimiento del ámbito en el que se trabaja (especialmente aquellos que pueden resultar más alejados de la ingeniería y el diseño, como referencias a problemas médicos y términos referentes a la música y su entorno).

3.1 El origen de las lesiones

Las lesiones que sufren los músicos pueden ser parejas a las sufridas por los deportistas de élite; además, la vida laboral de un deportista de élite suele ser mucho menos prolongada que la de un músico. Sin embargo, culturalmente no se comprende a la música como una profesión de alto riesgo de sufrir enfermedades profesionales.

Como ya se mencionó anteriormente, el número de músicos que sufren lesiones relacionadas con la práctica instrumental a lo largo de su carrera es muy elevado (unas $\frac{3}{4}$ partes). Cada vez es más importante la prevención de estos riesgos, así como el tratamiento de los mismos, de ahí que existan disciplinas médicas orientadas a pacientes dedicados a las artes escénicas y la música. Hasta hace unos años este tema apenas había sido estudiado y los profesionales de la música no estaban concienciados de los riesgos que acarrea la profesión ni la forma de prevenirlos; quizás porque durante mucho tiempo se ha infravalorado el esfuerzo físico del músico. Hoy en día comienza a incluirse la higiene postural⁵ en algunos Conservatorios Superiores⁶ como parte de la formación obligatoria, aunque todavía no se ha implantado en los Conservatorios Profesionales. Si bien, cada vez son más habituales los seminarios y ponencias que pretenden informar tanto a estudiantes como a profesionales. Así mismo, se plantea de cara al futuro la introducción de fisioterapeutas en orquestas y bandas con el objetivo de asegurar un buen desarrollo de la técnica musical, evitando así muchas lesiones.

⁵ La higiene postural es el conjunto de normas cuyo objetivo es mantener la correcta posición del cuerpo, en quietud o en movimiento, y así evitar posibles lesiones aprendiendo a proteger principalmente la columna vertebral.

⁶ La organización académica musical está dividida en tres partes: grado Elemental, grado Profesional y grado Superior. En los Conservatorios Profesionales se imparten los dos primeros (de 1^{er} curso a 10^o curso), y en los Conservatorios Superiores se imparte grado Superior, correspondiente a 11^o y 14^o curso).

En el mundo musical entran en juego numerosos factores: emoción, constancia, técnica, oído, pasión... Pero habitualmente tendemos a obviar la importancia del trabajo físico que requiere esta dura profesión. Por ello debemos entender nuestro cuerpo como una parte fundamental en la práctica instrumental.

En general, la mayor parte de profesiones implican en mayor o menor grado un trabajo físico. Entonces, ¿por qué tanta incidencia de enfermedades profesionales en músicos? La respuesta es sencilla: una larga carrera profesional que implica muchas horas de práctica, a lo que se suman las posturas forzadas y el desempeño de movimientos repetitivos. Además de estos factores físicos, debemos tener también en cuenta los psicológicos, como es la alta competitividad de la profesión y el estrés.

La gran mayoría de las enfermedades causadas por la práctica instrumental se engloba dentro de los Trastornos Músculo-Esqueléticos (TME). Los TME son procesos que afectan principalmente a las partes blandas del aparato locomotor: músculos, tendones, nervios y otras estructuras próximas a las articulaciones. Están producidos por posturas deficientes, o por la repetición de algunas tareas durante largos periodos de tiempo. Esto provoca pequeñas agresiones mecánicas en el cuerpo (estiramientos, roces, compresiones...), que acumulan sus efectos hasta causar una lesión manifiesta. Los síntomas más comunes suelen ser el dolor y la limitación funcional de la zona afectada.

3.2 Tipos de lesiones más frecuentes

Las lesiones más frecuentes en músicos podrían englobarse en tres grandes grupos: la acumulación de tensiones (contracturas musculares), las lesiones de sobreuso (provocadas por movimientos repetitivos) y la compresión nerviosa. A continuación se va a explicar brevemente estos tres tipos de lesiones, analizando cuáles pueden tener una causa postural externa, de forma que puedan prevenirse mediante la ergonomía del mobiliario.

3.2.1 ACUMULACIÓN DE TENSIONES

Se asocia a una deficiente actitud postural. La disciplina asociada a este tipo de problemas es por tanto la posturología, ciencia que estudia el equilibrio estático de la persona, tomando como resultante la conjunción de la genética y la fuerza de la gravedad. Es objeto de esta disciplina el determinar el origen primario de una alteración postural, que puede ser interno o externo.

Hablamos de un problema interno cuando se trata de una alteración del *sistema postural fino*, es decir, existe en el paciente un error en la programación

neurofisiológica⁷ que impide una correcta regulación del equilibrio y que ocasiona problemas posturales. Estos casos son trabajo del posturólogo correspondiente, quien debe iniciar el tratamiento adecuado.

Se trata de un problema externo cuando viene determinado por factores extrínsecos al cuerpo, como pueden ser una técnica instrumental deficiente, la ergonomía del mobiliario y la ergonomía del instrumento.

Una mala postura puede generar problemas musculares por una gran acumulación de tensiones, ya que algunos de nuestros músculos se ven obligados a trabajar demasiado. Las más frecuentes son las contracturas: lesiones musculares producidas por una sobrecarga del músculo afectado. El músculo se encuentra endurecido, ya que las fibras musculares se encuentran en constante contracción de forma involuntaria, sin llegar a relajarse. En los casos más graves, unos hábitos posturales incorrectos pueden derivar en desviaciones sobre la columna vertebral, como la escoliosis.

3.2.2 LESIONES DE SOBREUSO

Se trata de una sobrecarga ocasionada por la repetición constante de un movimiento concreto, lo que denominamos movimientos repetitivos. Se entiende por movimientos repetitivos a un grupo de movimientos continuos, mantenidos durante un trabajo que implica al mismo conjunto osteomuscular (músculos, huesos articulaciones y nervios) provocando en el mismo fatiga muscular, sobrecarga, dolor y por último lesión.

Los tejidos son capaces de soportar grandes cargas de trabajo, pero existe un límite crítico. Llega un momento en que la acción mecánica del ejercicio produce daños que sobrepasan la capacidad regenerativa de los tendones, ligamentos, cartílagos y huesos. La lesión por sobreuso más común es la tendinitis⁸ en todas sus fases, hasta la más crítica, la tendinosis crónica.

Distonía focal

Podemos considerar la distonía focal como una lesión de sobreuso. Se trata de una contracción sostenida e involuntaria de músculos agonistas y antagonistas que causan movimientos involuntarios o posturas anormales. Se utiliza el término distonía del músico para denominar a este tipo de trastornos sufridos por este colectivo, debido a la gran incidencia de esta enfermedad en estos profesionales. La distonía del músico suele focalizarse en manos y dedos, e impide el correcto desarrollo de la práctica instrumental.

⁷ El sistema nervioso es el encargado de dar respuesta a los estímulos que nos rodean, y por tanto de mantener una postura correcta. Si existe un fallo neurofisiológico en el individuo la postura puede verse gravemente alterada.

⁸ La tendinitis se define como una inflamación localizada en el tendón y su vaina sinovial, que produce dolor cuando se mueve activa o pasivamente el músculo correspondiente.

En general, las lesiones de sobreuso están presentes en numerosas profesiones que requieren movimientos repetitivos, lo que puede derivar en una sobrecarga muscular (pintores, músicos, carniceros, deportistas...), y que en muchas ocasiones se ven agravadas por la postura corporal adoptada. Por tanto, una adecuada higiene postural puede hacer que un movimiento repetitivo sea menos lesivo, evitando o aminorando la aparición de una lesión de este tipo.

3.2.3 NEUROPATÍAS POR ATRAPAMIENTO NERVIOSO

Las neuropatías por atrapamiento constituyen una lesión en donde un nervio periférico⁹ es comprimido externamente a su paso por el hueso, alrededor de los músculos y a través de las estructuras de tejido fibroso. Este aprisionamiento puede ser resultado de una compresión extrínseca al cuerpo, por la presión ejercida por los propios músculos al realizar esfuerzos físicos, por una contractura, aumento de peso.... Es un síndrome común entre los músicos debido al sobreesfuerzo localizado en algunas articulaciones. Las patologías más comunes asociadas al sobreuso en músicos son el síndrome de túnel carpiano, la neuropatía del cubital en el codo, y el síndrome de salida torácica. Implican la pérdida de la sensibilidad de la zona, adormecimiento, dolor y debilidad.

Patologías del nervio pudendo

El nervio pudendo se encuentra en la región pélvica, e inerva los genitales externos, los esfínteres de la vejiga urinaria y el recto. Atraviesa unos intrincados desfiladeros, por lo que es fácil que se produzcan atrapamientos y compresiones (Fig.1).

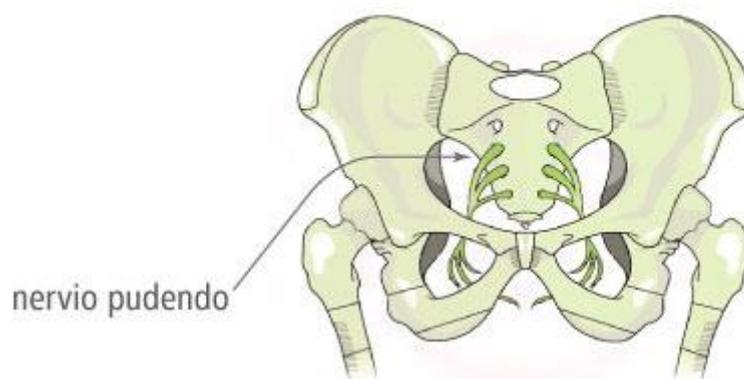


Fig.1-Localización del pudendo

⁹ Aquel que reside o se extiende fuera del sistema nervioso central, hacia los miembros y órganos.

Esta patología fue descrita por primera vez en 1987, por tanto ha sido recientemente descubierta y no es demasiado conocida. La clínica puede manifestarse asociada a determinadas profesiones o deportes que conlleven mucho tiempo en posición sedente, mención especial merecen los ciclistas (atrapamiento del nervio); también puede deberse a traumatismos en la zona, radioterapia en la pelvis, defectos congénitos y especialmente parto vaginal y episiotomía¹⁰. Provoca, entre otras cosas, un gran dolor pélvico al sentarse, y en la mayoría de casos el tratamiento es la descompresión del nervio por vía quirúrgica.

Recientemente se han diagnosticado varios casos de músicos de orquesta que la sufren. Entre las diversas causas de esta patología, la que afecta a los músicos es la compresión mecánica del nervio, provocada por los largos periodos de tiempo que permanecen sentados estáticamente sobre la silla. En posición sedente, en la zona de la pelvis se produce un cruce de líneas ascendentes y descendentes (Fig.2). Si el peso del cuerpo se dirige hacia las zonas blandas de la pelvis en lugar de hacia los isquiones¹¹ es probable que el nervio quede afectado. Para evitar esto, debemos mantener un correcto control motor¹² y adquirir un mobiliario adecuado.

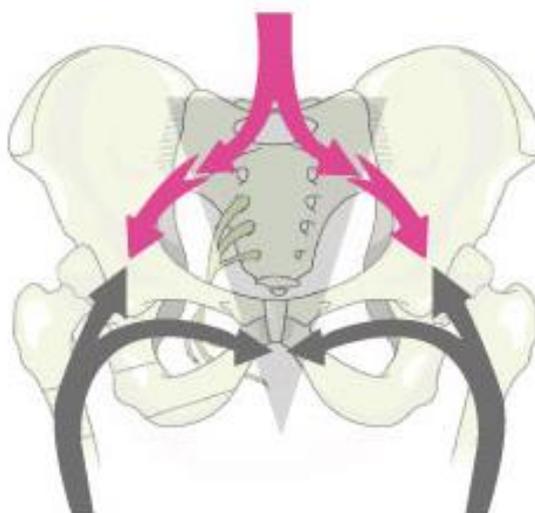


Fig. 2-Distribución de presiones sobre la pelvis

¹⁰ Incisión que se practica en el periné de la mujer con el fin de evitar desgarros en los tejidos durante el parto.

¹¹ Los isquiones o tuberosidades isquiáticas son pequeños rebordes óseos que se encuentran en la zona glútea y que permiten situar la pelvis en posición neutra. Son llamados también huesos de sustentación, ya que sustentan la totalidad del peso del tronco.

¹² Este término está relacionado con la neurofisiología, que mencionamos anteriormente. El control motor integra las informaciones sensitivas y motoras, lo que nos permite mantener una postura correcta. Un control motor eficaz nos permite mantener activos nuestros músculos posturales, pero sin que esto suponga un gasto energético extra que los lleve al agotamiento.

Como ya se ha mencionado, las embarazadas son un colectivo de alto riesgo. A pesar del desconocimiento epidemiológico se estima que en Europa y EEUU 1 de cada 7 mujeres experimentan neuropatía del pudendo ya sea de forma transitoria o crónica, y que entre el 30 y el 40% de los partos vaginales sufren alargamiento excesivo del pudendo. Pero además de poder causar problemas durante el parto, el aumento de la presión en la zona perineal a causa del embarazo supone una mayor compresión del nervio. La música no deja de ser una profesión, que además requiere constancia y práctica diaria, por lo que durante el embarazo las mujeres no cesan la práctica instrumental (y aunque durante un período de tiempo permanezcan de baja maternal, la alta competitividad del sector y la necesidad de practicar casi a diario provocan que se continúe ensayando habitualmente). Son muchas las mujeres que refieren molestias durante el embarazo en posición sedente en la zona perineal, y este dolor se incrementa tras el parto, bien por los daños en el pudendo o por la episiotomía (que alteran la estabilidad pélvica y e impiden una posición normal sobre la silla).

Por tanto, de cara al diseño, se considerará de gran importancia adaptar el mobiliario para prevenir esta patología (que puede ser sufrida por cualquier persona que permanezca mucho tiempo sentada), y para facilitar la vida a las profesionales femeninas de la música durante el embarazo y tras el parto.

Los fisioterapeutas recomiendan (tanto para prevenir como para evitar molestias si se padece la enfermedad) un posición que asegure una correcta estabilidad pélvica, con la pelvis en posición neutra y con el apoyo sobre los isquiones. Puede ayudarnos un asiento que libere la zona perineal y que ofrezca un soporte desde el sacro.

3.3 Lesiones según el instrumento

Las patologías comentadas anteriormente responden a un análisis general de las más sufridas en músicos de orquesta. Sin embargo, cada músico adopta una posición concreta en relación a su instrumento, especialmente en el miembro superior del cuerpo humano. Existen grandes diferencias entre aquellos instrumentos de postura simétrica (como clarinete, oboe, trompeta...) y los asimétricos (violín, viola, flauta travesera...), por lo que en cada instrumento encontramos unas patologías u otras, asociadas a la postura y la manera de tocar que requiere. A continuación se muestra una tabla en la que aparecen las patologías más frecuentes para músicos de los distintos instrumentos de orquesta sinfónica. Como se aprecia cada instrumento tiene asociadas una o varias patologías que responden al sobreuso de la cadena que realiza mayor trabajo físico; sin embargo, la mayoría de instrumentistas presentan problemas de espalda, lo que nos lleva a pensar que existe un problema general en la postura que provoca una acumulación de tensiones en la zona vertebral.

violín / viola	flauta
cervicalgia dorsalgia lumbalgia TME de miembros superiores mano: callosidades, grietas eczema de contacto quiste pilonidal retrognatia temporo-mandibular afectación temporo-mandibular hipoacusia	eczema de labio inferior y mentón TMN de muñeca y dedos articulación temporo-mandibular hipoacusia distonía en labios
violonchelo	oboe
cervicalgia dorsalgia lumbalgia TME de miembros superiores mano: callosidades, grietas eczema de contacto hipoacusia	dilatación pulmonar eczema de labio distonía de la función labial faringitis crónica dolor en pulgar derecho
contrabajo	clarinete
dorsalgia TME de miembros superiores eczema de contacto	callo en el labio inferior queilitis cervicalgia distonía en los dedos
arpa	fagot
algias vertebrales trastornos músculo-nerviosos tendinitis rotuliana mano: callosidades, grietas eczema de contacto	afección en la mucosa labial TME del pulgar derecho cervicalgia
instrumentos de teclado	cuerno
cervicalgia dorsalgia lumbalgia trastornos músculo-nerviosos distonía focal	afección en la mucosa labial hipoacusia
instrumentos de percusión	trompeta
alteraciones auditivas trastornos músculo-nerviosos lumbalgias	afección en la mucosa labial afectación dental cervicalgias ATM hipoacusia
	trombón
	afección en la mucosa labial afectación dental cervicalgias dorsalgia lumbalgia TME miembros superiores ATM hipoacusia
	tuba
	afectación en la mucosa labial ATM

3.4 Prevención de lesiones

Los fisioterapeutas y osteópatas recomiendan algunas pautas para evitar sufrir lesiones musculoesqueléticas relacionadas con la práctica musical.

1. Evitar la fatiga (no sobrepracticar).
2. Calentamiento antes de tocar, y estiramientos al finalizar.
3. Plan de ensayos: pausas de diez minutos cada cuarenta o cincuenta minutos.
4. No tocar con dolor.
5. Mejorar la concentración y la relajación durante la práctica.
6. Ergonomía del mobiliario.
7. Higiene postural.

En general, existen medidas de prevención de riesgos y lesiones para todos los puestos de trabajo. La mayor parte de planes de prevención de riesgos laborales apuestan por la ergonomía del puesto de trabajo como una de las medidas primordiales. Lamentablemente en muchas orquestas profesionales no se facilita un mobiliario adecuado a las necesidades ergonómicas de los músicos, y por supuesto esta ergonomía es mucho más deficiente en los conservatorios.

3.5 Posición sedente en músicos

Una vez expuesta la importancia de la prevención de las lesiones en músicos y de una correcta higiene postural, pasaremos a estudiar la posición sedente correcta durante la práctica musical, que es la que nos atañe para la realización de este proyecto.

A la hora de tocar un instrumento es muy importante la manera en la que nos sentamos. Si observamos una orquesta sinfónica, la mayoría de instrumentistas permanecen sentados todo el concierto (salvo algunas excepciones como contrabajistas y algunos instrumentistas de percusión); se estima que un músico de orquesta pasa a la semana más de 25 horas sentado tocando su instrumento.

La postura que adquirimos en estado sedente condiciona nuestra manera de coger el instrumento, nuestra forma de movernos y la calidad del sonido. Anteriormente se han mencionado las lesiones más comunes en músicos; muchas de las tensiones musculares tienen como origen una incorrecta actitud postural, y muchos trastornos por sobreuso pueden verse provocados o agravados por este factor. La postura de un músico al sentarse sobre una silla puede no ser muy diferente a la de otras profesiones, sin embargo la combinación de una mala postura y la práctica musical puede llegar a ser muy problemático.

Según el Dr. Tomás Martín, podemos resolver muchos problemas mejorando la postura. Unos malos hábitos posturales no sólo provocan un alto riesgo de sufrir una lesión, sino que además limitan nuestra capacidad interpretativa. De esta forma, una mejor postura conduce a una mayor relajación, movimientos más coordinados y una gran mejora del rendimiento al tocar; es decir, una buena postura no sólo mejora la salud física y psíquica del músico sino que además mejora la calidad del sonido y la capacidad interpretativa y técnica.

CLAVES PARA UNA POSTURA CORRECTA

Algunos autores sostienen que los instrumentos se tocan de una determinada forma y sin margen de cambio, defendiendo una postura excesivamente estática. Sin embargo, cada cuerpo es distinto y necesita su propia adaptación a la hora de tocar un instrumento. En este apartado se pretende dar unas pautas generales sobre cómo sentarse y conseguir una colocación lo más ergonómica posible sobre la silla.

En primer lugar, mencionaremos unas pautas básicas de colocación del cuerpo humano en condiciones estáticas; se trata de unas condiciones generales (para cualquier individuo, tanto en bipedestación como en postura sedente) que mantengan una posición neutra en nuestro cuerpo. Para ello, los hombros deben estar alineados, así como las caderas, y la columna vertebral debe de conservar las curvaturas fisiológicas naturales (Fig.3). Estas curvaturas se pueden apreciar desde una vista lateral del cuerpo, y son denominadas (de arriba abajo) cervical, dorsal y lumbar; las vértebras se disponen de esta manera ya que las curvaturas ayudan a amortiguar y distribuir los esfuerzo y presiones.

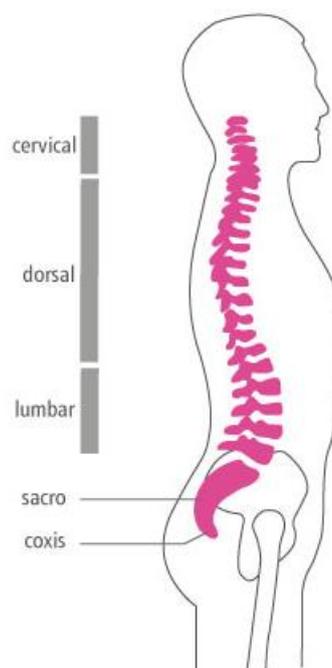


Fig.3- Curvaturas naturales de la espalda

Para poder entender mejor la postura natural¹³ del cuerpo trazaremos unas líneas imaginarias de referencia (Fig.4), que nos permitan observar mejor la simetría corporal:

¹³ Debe aclararse que en periodos de crecimiento pueden surgir cambios fisiológicos que alteren estas posturas, pero que forman parte de la evolución normal del cuerpo.

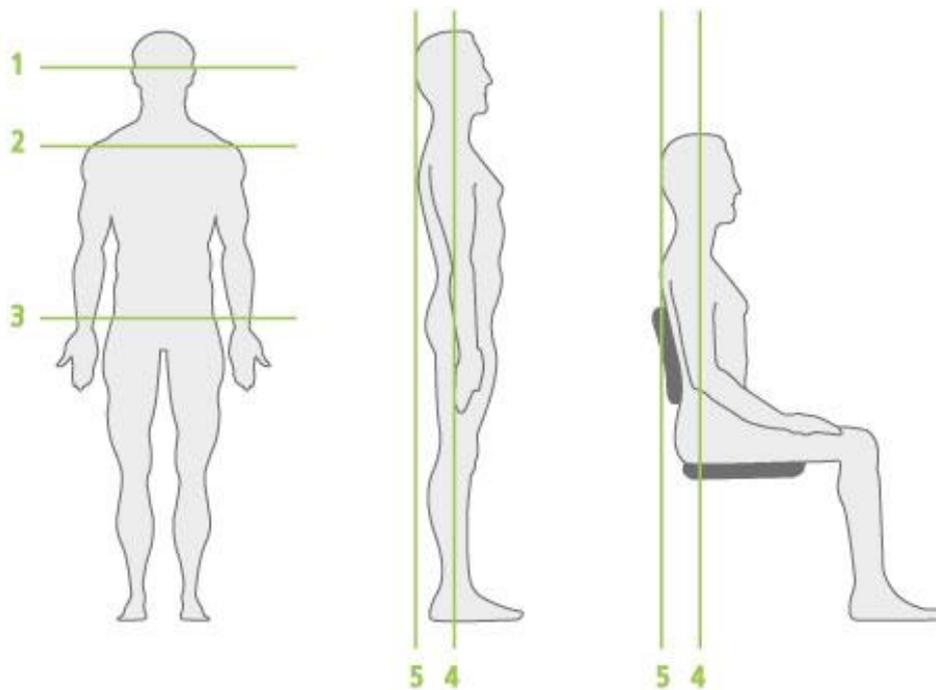


Fig.4-Líneas de referencia postural

1. Línea bipupilar
2. Línea de la cintura escapular
3. Línea de la cintura pélvica
4. Línea de gravedad
5. Línea de la curvatura vertebral

Tras analizar las pautas estáticas básicas, debemos tener en cuenta que los músicos no permanecen en una posición completamente estática, sino que, además de los movimientos propios para la ejecución de la técnica, existen también otros movimientos corporales como los gestos de expresión e interpretación. Además, es obvio que es más irritante mantener una postura completamente rígida que permitirnos cierta libertad de movimientos; incluso estos gestos de expresividad son beneficiosos para nuestro cuerpo, puesto que si una parte está realizando grandes esfuerzos físicos y requiere una alta velocidad sanguínea, lo lógico es que en las zonas contiguas también exista movimiento.

En este caso, debemos diferenciar si las líneas de referencia postural se alteran constantemente, manteniendo grandes tensiones, o si por el contrario responden a una alteración esporádica como parte de un movimiento de expresividad corporal; el primer caso supone un factor de riesgo lesivo, pero el segundo responde a un movimiento natural del cuerpo humano no perjudicial.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el estado de tensión del cuerpo humano. Como ya hemos visto, no es saludable mantener grandes tensiones en ninguna región corporal; sin embargo, tampoco es posible tocar un instrumento en una posición completamente relajada. Una buena postura busca la compensación entre la relajación del cuerpo y los músculos, con una pequeña tensión (necesaria siempre para realizar cualquier ejercicio físico).

A continuación se detallan las claves para una postura correcta en sedestación. Es imprescindible prestar especial atención a la colocación de las caderas y los pies, pues son primordiales para una higiene postural saludable:

1. Lo primero que debemos tener en cuenta es la repartición de nuestro peso corporal. Debemos sentarnos sobre los isquiones, de forma que el 75% del peso recaiga sobre las caderas, y el 25% restante sobre los pies (Fig.5). Para conseguir una correcta repartición del peso puede ayudarnos una ligera inclinación del asiento hacia delante, de manera que parte del peso recaiga de forma natural hacia los pies.

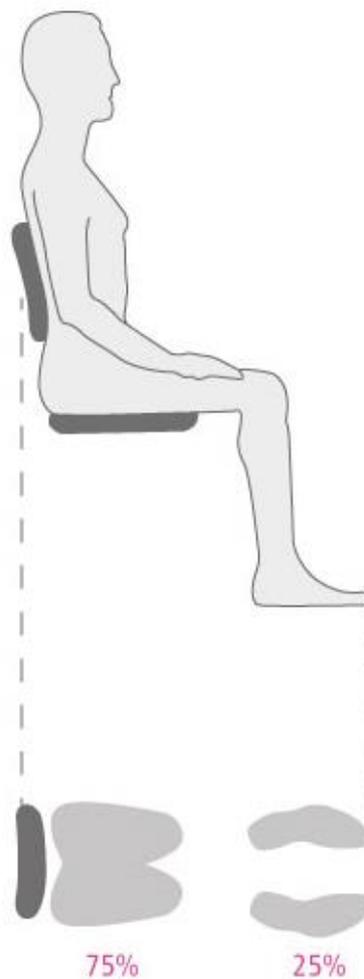


Fig.5-Repartición del peso en posición sedente

2. Por supuesto, el peso debe repartirse de forma simétrica, de forma que recaiga el mismo peso en la parte derecha del cuerpo que en la izquierda (mismo peso en ambas caderas y mismo peso en ambos pies). Si esto no se hace correctamente, el cuerpo adaptará esta descompensación acortando y estirando algunos músculos, lo que genera tensiones localizadas. Para evitar esto debemos procurar que nuestros pies se coloquen a la altura de las rodillas, y evitar que ninguno se adelante o se atrase; si la parte inferior de nuestro cuerpo no tiene una postura simétrica la repartición del peso se descompensará.

3. Por tanto, es vital que los pies estén apoyados en el suelo en su totalidad (encontraremos excepciones a esto en aquellos instrumentos que utilicen pedales como el piano, el arpa, o la batería). Deben estar separados a una distancia similar a la anchura de nuestras caderas, y las rodillas deben formar un ángulo algo superior a los 90° , de forma que nunca se posicionen por encima de las caderas (si no forzamos a que desaparezca el arco lumbar, evitando la correcta repartición del peso entre caderas y pies) (Fig.6). Esta postura es similar a la llamada "postura del astronauta", la cual establece un ángulo de 128° entre el tronco y el fémur. Ésta ha sido estudiada por Antonio Bustamante, autor del libro *Mobiliario Escolar Sano*. En él se hace una interesante corrección a la postura del astronauta, manteniendo como base una angulación entre el tronco y el fémur superior a los 90° , pero menor a 128° . Esto provoca una colocación de la pelvis en posición neutra (lo cual se detallará posteriormente), permite una alta movilidad y facilita la acción de ponerse de pie y sentarse. Además, esto coincide con el resto de estudios sobre la postura sedente del músico; por ejemplo, el Dr. Tomás Martín recomienda una angulación de las rodillas entre los 90° y los 110° . Otras bibliografías afirman que el ángulo correcto tanto para columna y muslos como para muslos y rodillas está entre 90° y 120° . Esta angulación se logra con un asiento ligeramente inclinado hacia delante.

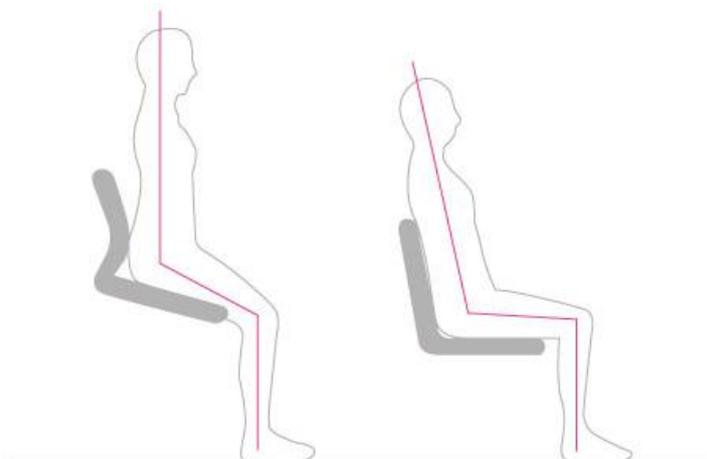


Fig. 6-Diferencias entre una postura con angulación mayor a 90° en las rodillas (izquierda) y una postura con angulación de 90° (derecha)

En el apartado dedicado al estudio de mercado se ofrecerán más detalles acerca de la silla Bustamante, diseñada bajo estos principios, y sobre otros asientos ergonómicos con una inclinación del asiento hacia delante.

4. En cuanto a la colocación de la espalda, deben mantenerse las curvas fisiológicas naturales del cuerpo humano. Para ello es necesario colocar la pelvis en posición neutra. Existen tres formas de posicionar nuestra pelvis: anteversión, neutra o retroversión (ésta última tiene una variante, por tanto son cuatro formas) (Fig.7). La posición de anteversión inclina hacia delante la posición más alta de la pelvis; por el contrario, la posición de retroversión inclina hacia atrás la parte alta de la pelvis. Estas dos posturas modifican la curvatura normal de la espalda, arqueándola en exceso o en defecto. La correcta posición de la pelvis es la neutra, en la que el peso del tronco recae en las tuberosidades isquiáticas.

En algunos instrumentos es necesario bascular un poquito el tronco hacia delante o hacia atrás, inclinando ligeramente la espalda, pero nunca aumentando la curvatura, si no desplazándola en bloque, manteniendo siempre la pelvis neutra. Esta postura puede darse en instrumentistas de guitarra, percusión, y en arpistas y contrabajistas al tocar en registros agudos; denominaremos a esta postura *neutra inclinada* (Fig.7d).

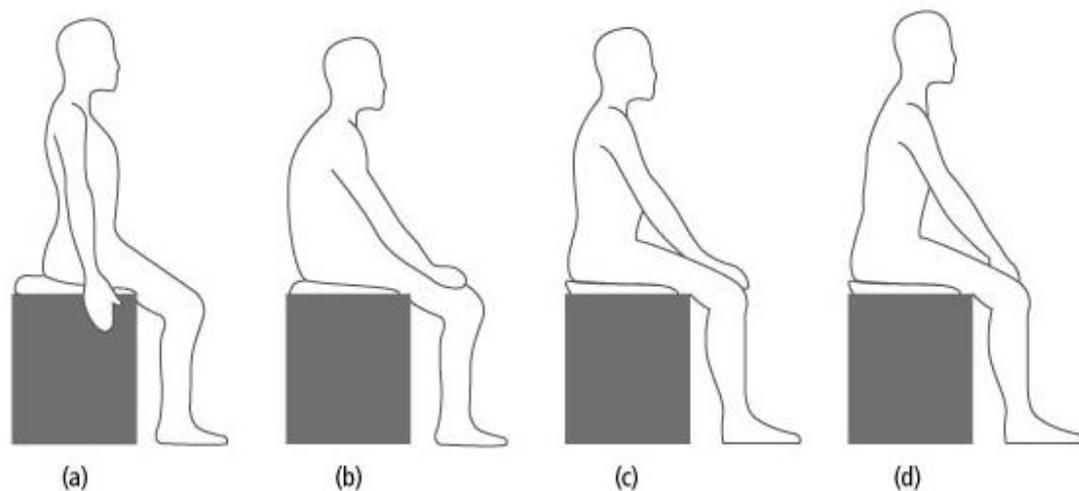


Fig.7-Posturas de la pelvis: (a) pelvis en anteversión, (b) pelvis en retroversión, (c) pelvis neutra, (d) pelvis neutra inclinada.

Esta postura, al ser natural, permite que cada zona de la columna vertebral soporte las presiones internas correspondientes sin sobrecargar más una zona que otra. (Fig.8)

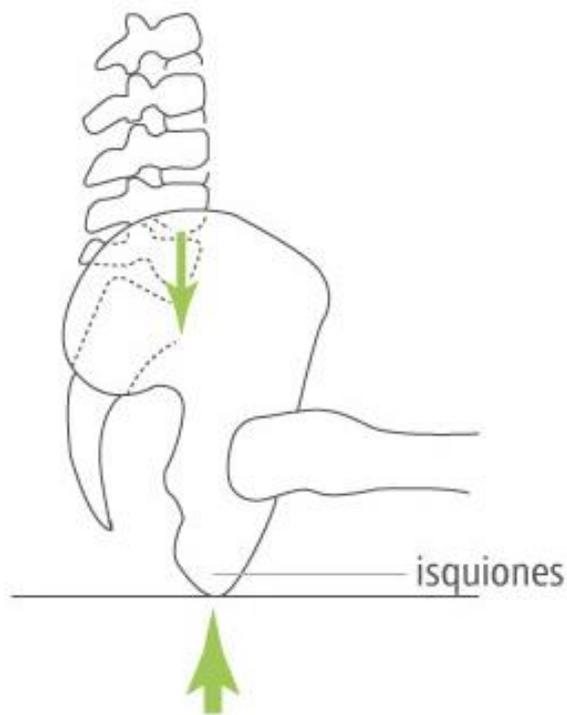


Fig.8-Pelvis en posición neutra, con apoyo sobre los isquiones

Cabe mencionar que, existen en nuestro cuerpo dos tipos de músculos: los músculos tónicos y los fásicos. Los músculos tónicos son aquellos encargados de mantener la postura corporal; tienden a la rigidez y al acortamiento. Por el contrario, los músculos fásicos se contraen y relajan rápidamente con el movimiento y aumentan su longitud con la inactividad. Si no nos sentamos adecuadamente estaremos obligando a los músculos fásicos a mantener nuestra postura, cuando realmente no están preparados para ello. Aparecen entonces las lesiones, que pueden incluso afectar a otros músculos del cuerpo además de los de la espalda.

Un buen consejo para mantener una curvatura correcta en la espalda es pensar “ascendentemente”, imaginando que un hilo tira desde el centro de nuestra cabeza hacia arriba. Es frecuente encontrar muchos músicos con la pelvis en retroversión ya que la fuerza de la gravedad actúa en nosotros y tendemos a curvar la espalda hacia atrás.

5. Continuando con la espalda, ésta no debe permanecer apoyada mientras tocamos, pero sí que resulta de gran utilidad un respaldo que permita descansar la espalda durante las pausas. Esto se hace especialmente importante para los periodos de crecimiento, donde mantener la espalda completamente erguida puede suponer un gran sacrificio, de forma que exista la posibilidad de apoyarla en momentos de descanso o durante las explicaciones del profesor. Al apoyarnos sobre el respaldo, toda la espalda debe mantener contacto con el mismo y sin permitir apoyos laterales. Aquí se cuestionan

los respaldos de excesiva forma cóncava, los cuales favorecen el apoyo de las costillas y no el de la columna vertebral. Esto implica que el peso del tronco recaer sobre las costillas y no sobre la columna vertebral, que es la que físicamente está preparada para ello.

6. Es importante también evitar la torsión. Ésta se produce cuando se mantiene fija la cintura pélvica pero se gira la cintura escapular. Debemos mantener nuestra espalda paralela al respaldo (salvo en aquellos instrumentos que vimos anteriormente y en los que se permite la postura *neutra inclinada*)

7. Otro vicio común entre los músicos es la antepulsión¹⁴ de los hombros. Los hombros no deben soportar el peso de los brazos, éste debe de recaer sobre la musculatura de las escápulas. Debemos evitar elevar los hombros y mantenerlos en tensión.

8. La cabeza estará alineada con la columna, evitando la proyección hacia delante (común en instrumentistas de viento) y la rotación, colocándose erguida y centrada sobre los hombros. Para ello es importante la colocación del atril a la altura de nuestros ojos y en posición centrada.

3.6 La silla del músico

Cada profesión dispone de un puesto de trabajo adaptado a las necesidades del trabajador, y que en muchas ocasiones dispone de mobiliario especialmente diseñado para los fines a desarrollar. Sin ir más lejos, las sillas de oficina se diseñan para mantener una buena postura, al igual que otros elementos propios de este entorno como los reposapiés, las almohadillas para teclados, etc. Sin embargo, en la música no ocurre lo mismo; la mayoría de los conservatorios no disponen de mobiliario adecuado a las necesidades del estudiante. Las sillas diseñadas para el músico generalmente son caras y no hay una gran oferta en el mercado; estos son los principales motivos por el cual los centros educativos no las adquieren. Muchas Orquestas Sinfónicas siguen sin disponer de sillas específicas, lo que supone grandes riesgos de lesión teniendo en cuenta que los ensayos tienen una duración de unas 30 horas semanales.

Las sillas que se suelen utilizar para la práctica musical generalmente tienen el asiento inclinado hacia atrás, así como el respaldo (Fig.9). La geometría de estas sillas suele implicar que la cadera se va hacia atrás (pelvis en retroversión, se modifica la curvatura lumbar), casi la totalidad del peso del cuerpo recaer sobre las caderas, y el diafragma se comprime. Sin embargo, al tocar el instrumento la tendencia general es sentarse sobre el borde del asiento. Cualquiera de estas dos opciones provoca malas posturas y lesiones.

¹⁴ Postura en la que los hombros se echan hacia delante, provocando gran tensión en los mismos.

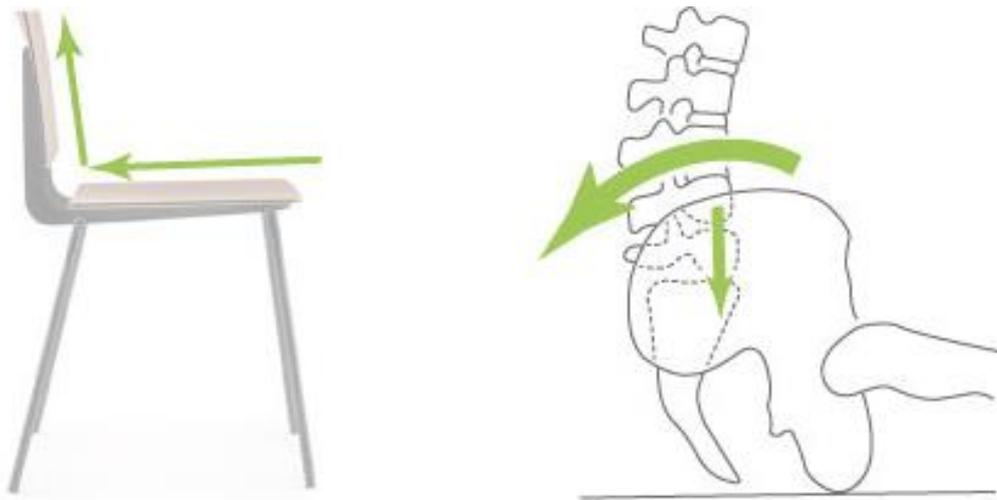


Fig.9-A la izquierda esquema sobre la inclinación del asiento y respaldo en las sillas convencionales. A la derecha imagen de pelvis en retroversión.

Por tanto, este proyecto pretende crear un mobiliario totalmente adaptado y que cumpla con los requisitos ergonómicos de los instrumentistas, de forma que éstos por fin puedan sentirse cómodos a pesar de los largos periodos de tiempo en los que permanecen sentados, y que contribuya a la prevención de algunas de las lesiones relacionadas con una higiene postural incorrecta u otras que en última instancia deriven de ésta.

3.7 Encuestas

Para complementar toda la información recopilada a través de la bibliografía, webgrafía y la información proporcionada por los expertos en la materia en diversos seminarios, conferencias y sesiones individuales, se expondrán los resultados de una encuesta realizada a futuros usuarios del producto.

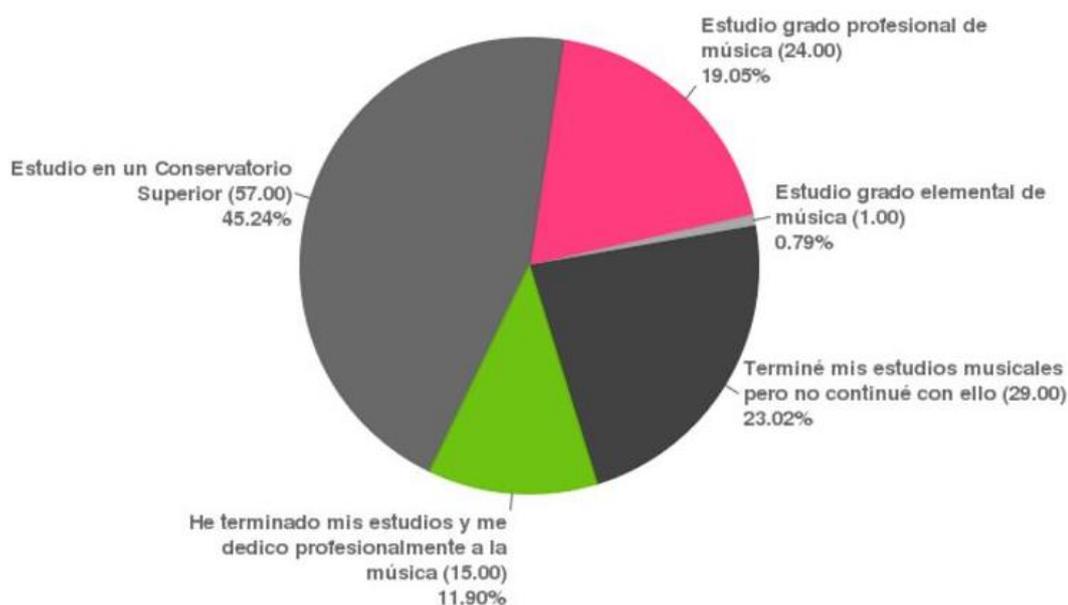
La encuesta, que puede consultarse en el apartado *Anexo II*, se ha realizado con la intención de obtener información acerca de las patologías sufridas por estudiantes y profesionales de la música para poder ser contrastadas con los datos obtenidos anteriormente en la investigación. Además, también buscaba algunos requerimientos de diseño que pudiesen aportar aquellas personas que se encuentran con este problema en su día a día, y por supuesto, sondear si es viable lanzar un producto de este tipo al mercado y a qué precio. A continuación se muestra un breve resumen de los datos más relevantes.

Ha sido respondida por 126 usuarios, tanto estudiantes como profesionales de la música. El rango de edad comprende desde los 12 años hasta los 56. La mayoría de

ellos son residentes en España, aunque también han participado músicos de Estados Unidos, Sudamérica, y otros países europeos como Alemania e Inglaterra.

La mayor parte de los encuestados pertenecen a la sección de cuerda frotada (violín, viola, violonchelo y contrabajo), ya que 72 de las 126 encuestas pertenecen a estos instrumentos. También se han recibido numerosas respuestas de los instrumentos de cuerda pulsada (guitarra, arpa, piano, mandolina); los instrumentistas de viento han sido los menos participativos (25 respuestas en total). Por último, también se han conseguido respuestas de algunos percusionistas.

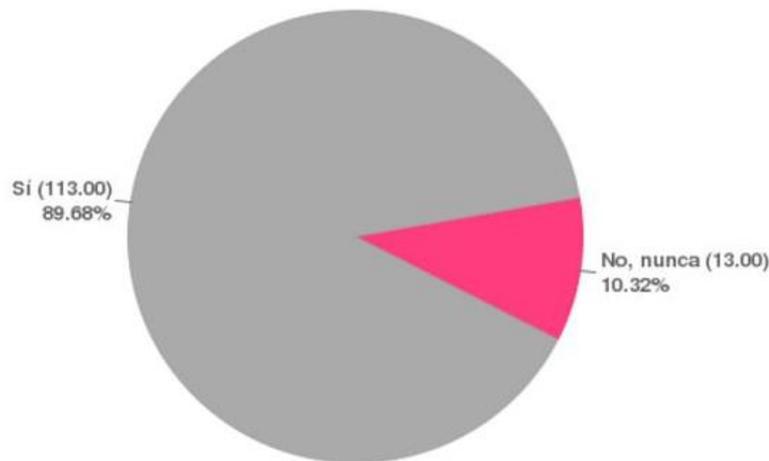
Se deseaba también conocer la ocupación actual de los encuestados (Fig.10).



¿Cuál es tu situación actual?

Fig.10-Gráfica de sectores sobre la ocupación de los encuestados

En cuanto a la pregunta relacionada con las lesiones sufridas a lo largo de la trayectoria musical, se deseaba comparar los resultados con los obtenidos en la investigación. Los datos revelan que la tasa de músicos con lesiones es incluso más alta, llegando casi al 90% de lesionados (89.68%), lo que demuestra que estas lesiones se padecen ya desde muy jóvenes, durante la época de formación (Fig.11).

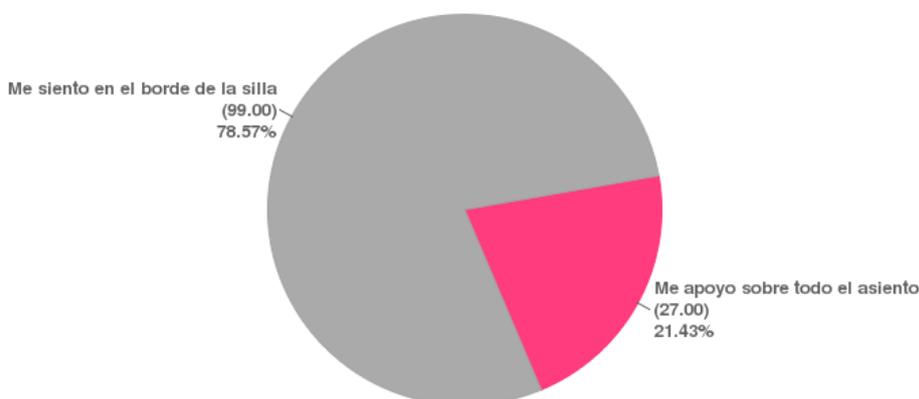


¿Has sufrido alguna lesión relacionada con la práctica musical?

Fig.11-Gráfica de sectores sobre la incidencia de lesiones

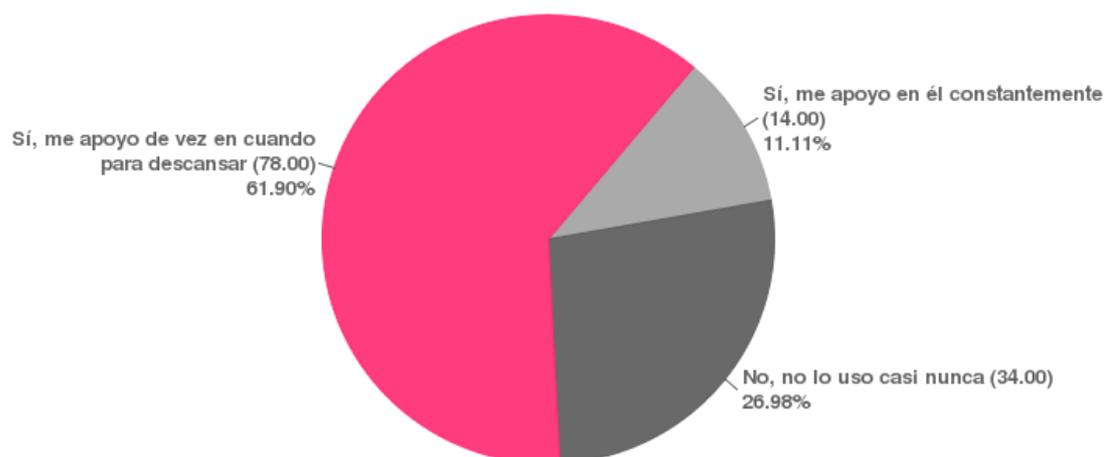
Cabe destacar que entre los encuestados que contestaron que habían sufrido lesiones alguna vez relacionadas con la práctica musical, prácticamente el 100% afirmó haber sufrido dolores de espalda y contracturas en la misma. Esto puede indicarnos que, efectivamente, la postura generalizada en los músicos no es la más adecuada, y que la ergonomía de mobiliario debe tratar de proponer soluciones a este problema, que aunque quizás el mobiliario no sea la causa total de estas lesiones, puede ayudarnos a mantener una correcta postura. En promedio, un 67% del tiempo de práctica musical se realiza sentado, y un 90% de los encuestados afirman no saber si su postura sedente es correcta.

Las dos siguientes preguntas iban dirigidas a conocer la posición de cada usuario; los resultados se muestran en las siguientes gráficas (Fig.12 y 13):



Cuando tocas sentado...

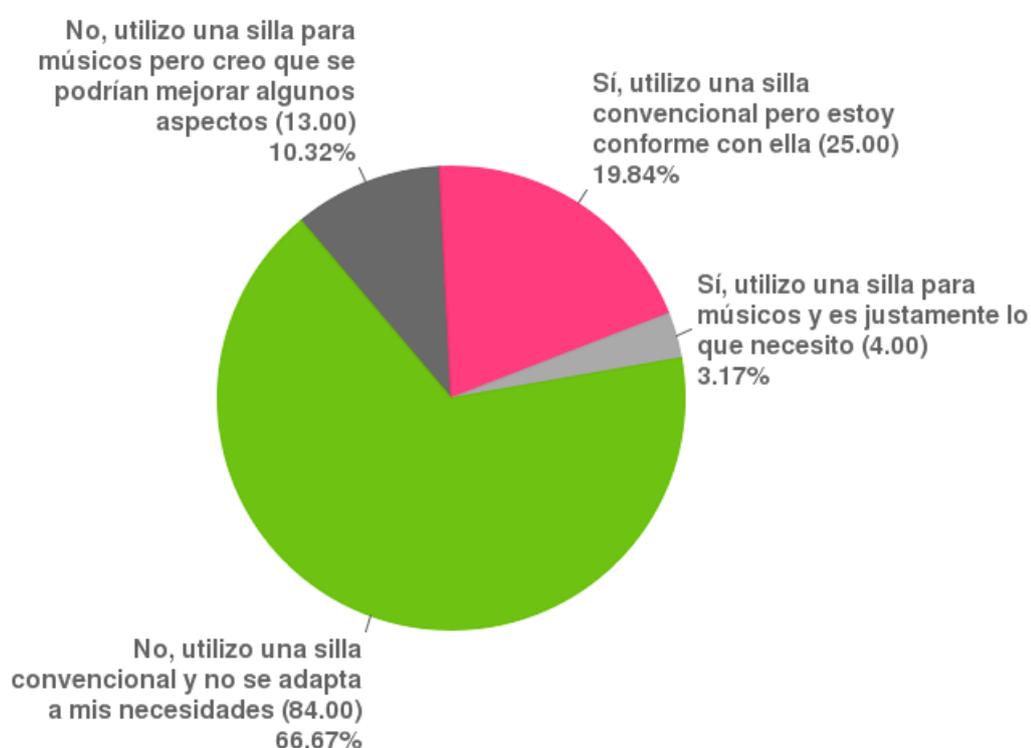
Fig.12-Gráfica de sectores sobre la posición al tocar



¿Consideras el respaldo un elemento importante en la silla del músico?

Fig.13-Gráfica de sectores sobre la utilización del respaldo

También se considera un dato de importancia el tipo de silla utilizado habitualmente por los músicos y su grado de conformidad con la misma (Fig.14):



¿Crees que la silla que utilizas habitualmente para tocar se adapta a tus necesidades como músico?

Fig.14-Gráfica de sectores sobre el tipo de silla utilizado para la práctica musical

Los resultados revelan que lo más habitual es utilizar una silla común, quizás porque los costes de las sillas para músicos que se encuentran actualmente en el mercado tienen un precio muy elevado (apenas el 15% utilizan sillas para músicos, y la mayoría de ellos son pianistas o percussionistas que, como veremos posteriormente, disponen de una mayor oferta de banquetas específicas para su instrumento). Además, la mayoría no está conforme con la silla de la que disponen.

Sólo el 15% utiliza algún tipo de elemento para adaptar su silla, entre los que destaca el cojín en cuña.

En cuanto al sondeo de interés de compra, casi al 100% de los encuestados les gustaría que su Conservatorio o lugar de trabajo pusiese a su disposición sillas adaptadas para músicos. Sin embargo, sólo el 86% presenta intención de compra para uso particular, y siempre que el precio sea razonable.

Por último, se preguntó qué requisitos debía tener una silla para instrumentistas. A continuación se resumen las recomendaciones más significativas:

Fácilmente regulable (altura, respaldo, asiento...)

Apoyo de la espalda al estar tocando sin renunciar a una buena postura

Buen soporte lumbar

Libertad de movimientos

Fácil de transportar y guardar

Apoyo para el instrumento

Borde redondeado

Asiento inclinado hacia delante para corregir la postura

Suprimir las patas delanteras

Asiento cómodo pero sin ser excesivamente blando

4. NORMATIVA VIGENTE

Debemos tener en cuenta que el diseño de este producto está enfocado tanto a profesionales de la música, como a estudiantes. Por tanto, está pensado para que sea adquirido por Conservatorios y centros de enseñanza musical, por Orquestas de estudiantes y Orquestas Profesionales, así como a modo particular como silla para el estudio en casa. El diseño deberá cumplir las siguientes normativas vigentes:

UNE-EN 16139:2013: Mobiliario. Resistencia, durabilidad y seguridad. Requisitos para asientos de uso no doméstico. Al tratarse de una silla que las Orquestas pondrán a disposición de los usuarios, se trata de una silla de uso no doméstico, y por tanto se ciñe a esta norma, que especifica los requisitos de seguridad, resistencia y durabilidad de todo tipo de sillas de uso no doméstico para adultos de peso no superior a los 110kg.

Define algunos términos en relación a las sillas de uso no doméstico para la correcta comprensión de la norma, así como las distintas partes de las mismas.

En cuanto a la seguridad, establece que el diseño debe de evitar todos daños físicos o materiales, tomando medidas como el achaflanado o redondeado de los bordes y esquinas, la ausencia de rebabas, la seguridad de las uniones, y la protección de aquellos elementos que se impregnen con lubricante para evitar manchas al usuario durante el uso normal. Aclara también la normativa para los puntos de cizalla y pinzamiento, así como las situaciones donde se debe garantizar una correcta estabilidad. Así mismo, establece qué condiciones se consideran un uso normal del producto, en los cuales se deben de cumplir los requisitos de seguridad, resistencia y durabilidad.

En esta norma se detallan también los ensayos a los que debe someterse y en el orden en que deben ejecutarse, y establece las directrices sobre la información que debe proporcionarse al cliente.

Al estar su uso relacionado también con los centros de enseñanza, deberá cumplir la siguiente normativa:

UNE EN 1729-1:2007: Mobiliario, sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 1, dimensiones funcionales. Especifica las dimensiones funcionales y el marcado de las sillas y mesas para educación en general, de uso en centros de enseñanza. Es de aplicación a muebles de altura fija o regulable.

Define algunos aspectos básicos de las sillas para posteriormente especificar las dimensiones permitidas para cada uno de los componentes. Establece también el marcado requerido y las instrucciones que deben acompañar al producto.

UNE EN 1729-2:2007: Mobiliario, sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 2, requisitos de seguridad y métodos de ensayo. Es de utilidad, ya que especifica los requisitos de seguridad que deben cumplir este tipo de sillas.

Establece las condiciones de estabilidad mediante distintos ensayos, así como las de durabilidad.

5. ESTADO DEL ARTE: ESTUDIO DE MERCADO

La investigación sobre el estado del arte es fundamental antes de la realización de cualquier diseño. Nos permitirá conocer productos similares ya comercializados o patentados, así como otros productos o inventos que, aunque no sean de la misma clase que la presente propuesta de diseño, solucionen de alguna manera alguno de los problemas planteados (competencia indirecta¹⁵).

Además, la visualización de productos similares puede servir de inspiración de cara a la realización del diseño, y puede sugerir algunos aspectos de mejora mediante el análisis y la crítica, detectando oportunidades de diferenciación con los competidores. Se puede considerar también que un análisis de mercado revelará la viabilidad del producto (en algunos casos se denomina también plan de viabilidad), determinando si el mercado está saturado (una demanda completamente satisfecha por los productos existentes) o si por el contrario existe una demanda que todavía no se ha abastecido, bien porque no existan productos que solucionen una necesidad, o porque la oferta no sea accesible al público que la requiere.

El tema a tratar es amplísimo, pudiendo analizarse infinidad de sillas y soportes ergonómicos; para no alargar demasiado este apartado el análisis se centrará en:

- Sillas ergonómicas y productos orientados a una mejora postural, en general.
- Mobiliario y productos especialmente diseñados para músicos.
- Productos asociados a la prevención de la patología del pulgardo.

¹⁵ Competencia directa son aquellos productos iguales o muy similares al nuestro, y que se venden en el mismo mercado, buscan los mismos clientes.

Por el contrario, la competencia indirecta la forman los productos que intervienen de forma lateral, es decir, buscan satisfacer las mismas necesidades de forma diferente, con productos distintos.

5.1 Sillas y productos ergonómicos

5.1.1 SILLAS ERGONÓMICAS DE OFICINA

La mayoría ofrecen superficies acolchadas que aportan una mayor comodidad al usuario, reposabrazos y una gran adaptabilidad: nos permiten variar la altura, la inclinación del asiento, del respaldo... El precio oscila entre los 100 y los 1000€, dependiendo de la calidad y adaptabilidad que solicitemos, puesto que existen una gran cantidad de modelos. No vamos a profundizar en este aspecto ya que no se asemejan demasiado a lo que se pretende diseñar, puesto que no ofrecen una forma de mejora de la postura si no una gran adaptabilidad al usuario. La más destacable es la *silla Aeron* (1992), considerada como una de las más cómodas del mercado (Fig.15).



Fig.15-Silla Aeron

5.1.2 OTRAS SILLAS ERGONÓMICAS PROFESIONALES

Existen numerosos diseños de sillas ergonómicas elaborados para determinados oficios. A continuación se muestran algunos ejemplos de sillas diseñadas para profesionales que permanecen largos periodos de tiempo sentados.

Silla Capisco, Peter Opsvik: Obra del famoso Diseñador Industrial Noruego. Sus diseños ergonómicos, que casi se han convertido en iconos, nos ofrecen gran cantidad de información acerca de la postura sedente. Podemos destacar la Silla Capisco, de 1984 (Fig.16), la cual fue diseñada en un principio como silla de oficina. La innovación es que permite su utilización en ambos sentidos, con la espalda sobre el respaldo, o con el pecho apoyado sobre éste, favoreciendo así los trabajos que requieren una inclinación hacia delante. El asiento está inspirado en la posición del jinete; Opsvik afirmaba que se trata de la postura sedente más activa, ofreciendo gran libertad de movimiento.

Su precio ronda los 1000€.



Fig.16-Silla Capisco

A pesar de haber sido diseñada para oficina, algunas orquestas utilizan este tipo de sillas (Fig.17)



Fig.17-Auditorio que ofrece la silla Capisco a los músicos

Silla Salli (Fig.18). Asiento dividido en dos mitades, tipo silla de montar. La apertura central es regulable y responde a estudios científicos sobre los problemas de salud asociados al apoyo de la zona perineal durante largos periodos de tiempo (riesgos del pudendo). Además, el asiento está ligeramente inclinado hacia delante, y afirma mantener una adecuada postura pélvica. Es regulable en altura y existen variedades, que incorporan respaldo o reposabrazos.

El precio de esta silla está alrededor de los 600€.



Fig.18-Silla Salli y detalle del asiento de la misma

Ab Rest. Permite el balanceo hacia atrás o hacia delante, y el apoyo puede ser utilizado como un respaldo, o como un soporte al inclinarnos hacia delante. Recomendada para tareas que requieren una inclinación de este tipo (laboratorios, clínicas dentales...) (Fig.19).

El precio ronda los 700 €.



Fig.19-Ab Rest, utilizada en laboratorios

5.1.3 SILLAS PARA LA MEJORA DE LA POSTURA

Silla Balance, Peter Opsvik: La primera versión fue diseñada en 1979 bajo el concepto *balance*, pero a lo largo del tiempo Opsvik ha creado numerosas versiones de la misma. La característica principal es que el apoyo del cuerpo con la silla se realiza sobre los isquiones y sobre las rodillas. El asiento está inclinado hacia delante, de forma que parte del peso recae sobre las rodillas, dejando una menor carga a la pelvis, que además se coloca en una posición idónea.

El primer modelo (Fig.20) permite el balanceo gracias a la curvatura de las dos patas. Las siguientes versiones incluyen respaldo, encontrando distintas variedades del mismo.



Fig.20-Primer modelo de la silla Balance

Posteriormente se ha adaptado el diseño a su uso en oficinas, eliminando la curvatura de las patas para evitar el balanceo y ofrecer un apoyo más estable. Si analizamos con detenimiento estos modelos, veremos que sólo existe respaldo en las sillas que permiten el balanceo. Esto nos lleva a pensar que éste se ha creado para los momentos de relajación, en los que nos inclinamos hacia atrás. Sin embargo, las sillas para oficina no ofrecen esta posición reclinada, por lo que prescinden de este elemento. Por tanto, podemos obtener una conclusión interesante: con una posición en pelvis neutra, la espalda mantiene sus curvaturas naturales por sí misma, por lo que el respaldo no resulta útil. Sin embargo, éste puede ser necesario en momentos de descanso, donde nuestra postura será más relajada.

Su precio oscila entre los 300 y los 1000€, según el modelo.

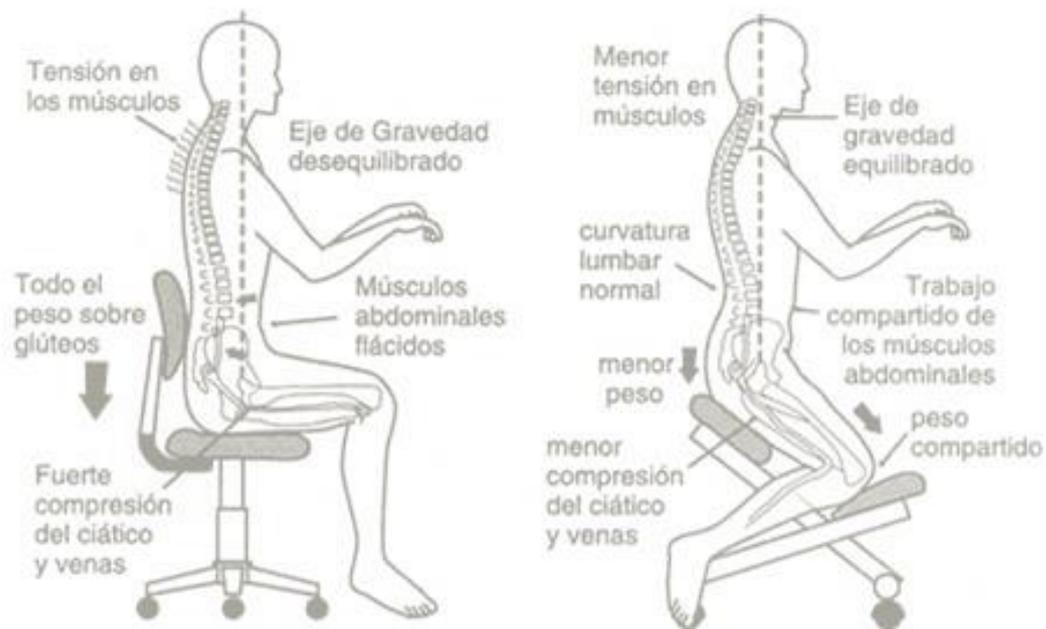


Fig.21-Comparación ergonómica entre una silla de oficina convencional y una silla de oficina con apoyo sobre las rodillas

El éxito de esta silla ergonómica ha propiciado que se fabriquen varios modelos distintos, pero bajo la misma filosofía: un asiento inclinado hacia delante que permite una colocación de la pelvis y la espalda inmejorable, cediendo parte del peso del tronco a las rodillas (Fig. 21 y 22).



Fig.22-Curvaturas naturales de la espalda sobre la silla Balance

Silla ergonómica con asiento de posición variable. Este diseño parece no haber salido al mercado, aunque si se encuentra patentado. Podemos encontrar mecanismos similares en las máquinas de gimnasio (las cuales son muy interesantes por la rapidez de adaptación al usuario que ofrecen). La invención es de 1990 y el número de registro es ES2013387. Resulta interesante ya que, además de permitir la regulación en altura del asiento también permite la inclinación del mismo hacia delante. Mencionar la forma del respaldo, la cual posee en la parte baja una gran concavidad, necesaria para permitir la basculación del asiento.

Silla Bustamante. Como se comentó anteriormente, Antonio Bustamante (profesor de ergonomía en la escuela de diseño ELISAVA de Barcelona) explora en su libro *Mobiliario escolar sano* las posturas de los alumnos de colegios e institutos. Basándose en una postura que establece un ángulo mayor a los 90° entre el tronco y el muslo, ha creado una serie de prototipos de silla y pupitre para comprobar la eficacia de este tipo de asientos. Concluye que la silla debe ser regulada en altura para poder adaptarse a todos los usuarios, y que ésta corrección de la postura ofrece buenos resultados. La característica principal de este asiento es la formación a base de tres planos con distintas inclinaciones (Fig.23).



Fig.23-Esquema del perfil de la silla Bustamante, con una doble inclinación

A raíz de este modelo patentado (el registro de la patente es del 25/06/2009, y el número de la misma ES1070209) surgen otras variantes y mejoras de la silla como la silla para tareas pluriposturales (ES1073433 de 10/12/2010), la silla con apoyo isquiático (ES1074871 de 22/06/2011), y el asiento graduable en altura con apoyo de glúteo e inductor de verticalidad del tronco (ES1099256 de 31/01/2014), sobre el que profundizaremos más adelante, ya que fue diseñado para pianistas.

5.1.4 ACCESORIOS ERGONÓMICOS PARA SILLAS

En este apartado podemos mencionar los numerosos cojines que existen, tanto para el asiento como para el respaldo. Los cojines para el asiento alivian las presiones en los isquiones y en el sacro, y muchos de ellos se elaboran con materiales de efecto "memoria" para garantizar una adaptabilidad total al cuerpo. Los cojines de respaldo se adaptan a las sillas, proporcionando un apoyo más erguido y adaptado a las curvaturas naturales de la espalda, ofreciendo más superficie de apoyo para la zona lumbar.

De todos los cojines ergonómicos destaca el cojín en cuña (Fig.24), destinado a la corrección de la postura de la pelvis. Este cojín permite transformar el asiento de cualquier silla en un asiento con inclinación hacia delante, favoreciendo así una pelvis neutra y una correcta curvatura de la espalda. Existen diversos modelos (algunos incluso son hinchables), todos ellos con un ligero acolchado, y con una inclinación que oscila entre los 5° y los 8°.

El precio puede oscilar entre los 12 y los 45€.



Fig.24-Cojín en cuña

5.2 Mobiliario y productos para músicos

Se ha realizado una búsqueda exhaustiva, tratando de encontrar mobiliario comercializado especializado en músicos. Los resultados son escasos en sillas para músicos de orquesta en general, aunque se han obtenido también algunos resultados de banquetas especializadas en un único instrumento. Aparecen también varios proyectos de sillas para músicos, pero que no han sido lanzados al mercado. Puesto que realmente las sillas de orquesta se consideran como competencia directa, se realizará una pequeña evaluación de cada una de ellas, de donde podamos extraer aspectos positivos y oportunidades de mejora, asignando también una valoración numérica entre 0 y 10 (siendo 0 una valoración negativa, y 10 una valoración excelente al producto), de acuerdo a los requisitos deseados para este tipo de sillas.

5.2.1 SILLAS PARA ORQUESTA

La marca **Guil**, de origen valenciano, es quizás una de las más prósperas en este ámbito, ya que se dedica en particular a la ingeniería para el espectáculo, con un catálogo amplio de sillas para músicos.

Entre ellas encontramos dos modelos de silla ergonómica para orquesta (la diferencia entre ambos es que uno de ellos incorpora respaldo y asiento regulables). Están fabricadas en tubo de acero, y sus cuatro patas ofrecen una gran estabilidad gracias a la terminación en una pequeña pieza pivotante de material antideslizante. El modelo regulable (Fig.25) permite una inclinación hacia atrás del respaldo, y una inclinación hacia delante del asiento de hasta 8°. Son apilables y además se pueden complementar con un carro para el transporte de 10 sillas. Son las más económicas del sector, y por tanto las más habituales en orquestas y auditorios.



Fig.25- Silla para orquesta Guil

El precio oscila entre los 100 y 150€, dependiendo del modelo.

Dispone también de modelos similares pero de mayor altura destinados a contrabajistas, directores de orquesta y percussionistas, banquetas para piano y teclado, y sillines y banquetas multiusos. Destaca la silla totalmente regulable, para contrabajistas únicamente, ya que está completamente adaptada a las necesidades del instrumento. El precio oscila entre los 150 y los 300€.

VALORACIÓN

SILLAS PARA ORQUESTA: Lo más destacable es el precio, muy reducido en comparación a otros productos similares. Se ha tenido la oportunidad de probar estas sillas físicamente, y la comodidad es otro punto a favor de las mismas. Como contras encontramos que la silla no adaptable no es adecuada para todas las estaturas, y en la silla adaptable, encontramos que esta ventaja no es aprovechada debido a la dificultad de ajuste. También se ha observado que la mayoría de músicos que utilizan estas sillas terminan sentándose en el borde de la misma. La calidad estética podría ser mejorable, habiendo realizado un diseño más apropiado para salas de conciertos y eventos. -7-

Wenger es otra conocida empresa de mobiliario para espectáculos que también ha diseñado sillas para músicos. Ofrece una amplia variedad de modelos (Fig.26), todos siguiendo la misma línea. En general, tienen un aspecto rígido y salvo los modelos de tipo taburete, no permiten ningún tipo de ajuste, si no que se ofrecen distintos tamaños de silla. Son apilables y también se puede adquirir un carrito para transportarlas. El precio varía según los modelos.



Fig.26- Distintos modelos sillas Wenger

El precio de la más básica son 100€.

VALORACIÓN

No se ha tenido la oportunidad de probar físicamente estos modelos, por lo que la valoración se basará en el aspecto visual y la descripción del producto que se ofrece en el catálogo. En primer lugar, el aspecto; en general deja mucho que desear la estética del producto, especialmente aquellos que no disponen de tapizado. Es adecuado como mobiliario para estudiantes y aulas, pero no está a la altura de las salas de conciertos. En cuanto a la ergonomía, no proporciona la postura más correcta según los estudios que se mencionaron anteriormente (no ofrece un asiento inclinado hacia delante ni un respaldo adecuado); la más interesante sería la silla en voladizo, la cual prescinde de las patas delanteras, que en ocasiones pueden ser molestas, y otorga una mayor flexibilidad al asiento. La ausencia de acolchado en la mayoría de modelos indica que no son aptas para permanecer varias horas sobre ellas. Por otra parte, no son regulables en altura, si no que se ofrecen en varios tamaños, lo que puede ser adecuado para una silla de uso doméstico, pero no para el mobiliario de un conservatorio o sala de conciertos, ya que cada músico debería poder adaptar la silla a su cuerpo. Por tanto, se concluye que el diseño no cumple los requisitos, y que además el precio es elevado para tratarse de una silla sin posibilidad de ajuste y sin los requerimientos ergonómicos deseables. -2-

Silla Adjustrite, de vivo USA: Esta empresa ha desarrollado dos modelos Adjustrite para músicos: uno de ellos silla (Fig.27) y el otro es una banqueta diseñada para violonchelistas. Ambos son regulables en altura (mediante un ajuste telescópico por agujeros en cada pata) y plegables. Tienen un ligero acolchado, tanto en asiento como en respaldo. Destaca la abertura superior del respaldo para facilitar el transporte.

El precio de la banqueta es de 60€ y el de la silla con respaldo de 160€.



Fig.27-Silla Adjustrite para músicos de orquesta

VALORACIÓN

Es destacable la reducción de espacio que se logra con el plegado, y el detalle del agarre para el transporte. El sistema telescópico de ajuste es bastante incómodo y tedioso, ya que hay que regular las patas una a una (nada que ver con pulsar una palanca como en los sistemas con pistón de gas); sin embargo este sistema tiene la ventaja de que nos permite variar la inclinación de la silla con una mayor altura en las patas traseras. En cuanto a la estética, es mejorable ya que no se adapta a salas de conciertos. -5-

Mey Chair System. Esta empresa alemana está especializada en sillas ergonómicas y tiene una amplia gama para músicos. Todas destacan por la gran adaptabilidad: regulables en altura (tanto el asiento como el respaldo), con posibilidad de controlar la angulación del asiento e incluso en algunos casos la posición de las patas delanteras. Los modelos tipo taburete son plegables y ofrecen una forma cómoda de transporte.

Se comenta el siguiente modelo (Fig.28) por ser bastante distinto al resto de sillas para músicos. Aunque se utiliza también para otras aplicaciones, en sus inicios fue pensado para músicos. Destaca por su sencillez, ya que apenas dispone de elementos: el tubo de acero conforma las patas y todo el soporte estructural de la silla. Por él desliza el asiento para ser regulado en altura. Permite colocar un soporte para guitarra en la parte trasera.

Su precio ronda los 170€



Fig.28-Taburete Mey Chair System

VALORACIÓN

Sencillez y posibilidad de lograr una postura correcta. El gran ajuste de altura e inclinación del asiento hacen que se adapte a personas de todas las estaturas, incluso permitiendo una posición semisedente. Puntos negativos a destacar serían la ausencia de respaldo, imprescindible para los momentos de descanso, y la estética, poco adecuada para eventos formales. -4-

Este otro modelo (Fig.29), más semejante a una silla convencional, permite ajustar la inclinación del asiento. La forma de regular la altura se basa en un mecanismo con una palomilla que, al ser girada, permite modificar la altura de cada pata. Esto nos permite una mayor inclinación del asiento, estableciendo diferente longitud en las patas delanteras y traseras. Destaca la rejilla inferior para guardar partituras, libros...

El precio oscila los 150€.



Fig.29-Silla Mey Chair System

VALORACIÓN

Estética orientada más a las aulas que a una sala de concierto (especialmente por la rejilla inferior). La posibilidad de adaptar la inclinación del asiento es un punto a favor, aunque la manera de regular las patas es un tanto incómoda al tener que hacerlo una a una. A favor encontramos la ergonomía y la posibilidad de mejora de la postura. -5-

Tempo musical chairs. Esta empresa australiana ha diseñado una silla para músicos de gran adaptabilidad, que además es apilable (Fig.30). La estructura es de acero tubular y el tejido es ignífugo. La altura del asiento es regulable gracias a sus patas extensibles (de 390mm a 520mm), además de permitir modificar la postura creando diferencias entre las patas traseras y delanteras. El borde está redondeado para permitir una correcta circulación sanguínea en las piernas, y el respaldo posee altura ajustable y con ajuste longitudinal para ofrecer un mayor soporte lumbar. Existe la posibilidad de adquirir también un carro para su transporte.

Precio desconocido



Fig.30-Silla Tempo

VALORACIÓN

Lo mejor de esta silla es la gran adaptabilidad que ofrece, siendo una silla cómoda que nos permite ajustarla a nuestro cuerpo. La estética no es excesivamente elegante aunque podría adaptarse a una sala de conciertos. Como contras encontramos la incomodidad de la adaptación, que de nuevo hay que regular las patas una a una. -7-

Musicians Glider (Fig.31). Muy similar a una silla de oficina, tiene la particularidad de tener el asiento partido, lo que otorga una mayor movilidad y flexibilidad de movimientos. Dispone de un pequeño respaldo, y tiene ruedas para mejorar su transporte con un sistema de bloqueo al recibir peso sobre ellas.

El precio ronda los 600€.



Fig.31-Musicians Glider chair

VALORACIÓN

Destacable la incorporación del asiento partido, ya que ninguna otra silla considera los problemas del pudendo que pueden generar los largos periodos de tiempo en postura sedente. La comodidad parece muy buena, y la adaptabilidad es un punto a favor. Sin embargo, en mi opinión la estética en este caso es totalmente inadecuada; una silla para orquestas debe de ser elegante y discreta, ésta parece una silla de oficina, y el color no es nada acorde al entorno de un auditorio (si bien se ofrece también en azul y en negro, el negro conlleva un incremento en el precio). Por otro lado, las ruedas pueden aportar mejoras en el transporte, pero la actividad del músico se caracteriza por realizar movimientos expresivos con el cuerpo, por lo que se requiere estabilidad, y éstas podrían producir desequilibrios y desplazamientos involuntarios. -2-

Banqueta Bustamante. Se presentan a continuación tres modelos de banqueta, diseñadas por Antonio Bustamante, evolución de la silla Bustamante (que ha sido mencionada y explicada anteriormente). El primer modelo surgió como banqueta para pianistas, pero actualmente se comercializa como silla de orquesta, adaptable a otros instrumentos. En colaboración con Joan Nuñez y bajo los principios de la postura del *astronauta corregida*, han transformado la silla para escolares en una banqueta para músicos. La forma del asiento es similar, con la característica doble angulación que se mostró anteriormente, pero con un acolchado cómodo. La base ha sido modificada, y se une al asiento mediante un tubo telescópico que permite regular la altura gracias a un mecanismo de gas. Existen tres modelos distintos según la forma de apoyo de la misma en el suelo: base grande y plana (Fig.32), cuatro patas que parten del centro (que permite elevar más la parte trasera del asiento), o cinco patas del estilo de las sillas de oficina. A todos los modelos se les puede acoplar un respaldo de altura ajustable. Es un



Fig.32-Silla Bustamante gran base

modelo patentado bajo el título "Asiento graduable en altura con sistema de apoyo glúteo inductor de verticalidad del tronco", y con número de patente ES1099256 U (31.01.2014). Según los modelos, el precio es variable. La opción más económica está en los 600€, mientras que la más costosa, la de la figura, supera los 1100€.

Precio entre 600 y 1100€.

VALORACIÓN

La prioridad de esta silla es la mejora de la postura, que además se basa en numerosos estudios previos, habiendo logrado un asiento de gran calidad y ergonomía. La adaptabilidad no es excesiva, pero tiene en cuenta el aspecto más importante que es la regulación en altura. La estética es impecable, elegante a la vez que moderna, ideal para auditorios. Si bien, el precio es totalmente desorbitado, teniendo en cuenta que ni siquiera incluye el respaldo (el cual debe ser adquirido a parte si queremos incorporarlo).

-7-

Equatilt silla ergonómica para músicos (Fig.33), por Gearóid Ó Conchubhair. Este diseñador ha colaborado con numerosas orquestas hasta recopilar todas las necesidades de los músicos, dando solución a muchos problemas con una silla de una estética muy cuidada y una gran ergonomía. Es elegante y regulable en altura. El asiento está inclinado hacia delante, de forma que las caderas se sitúan por encima de las rodillas, garantizando una posición neutra de la pelvis y una gran movilidad en el tronco. Dispone de un pequeño reposapiés. La altura del asiento varía desde los 430 a los 580mm. El asiento permite ser plegado hacia el respaldo para reducir su tamaño y poder almacenarlo.

Los materiales utilizados están en armonía con el entorno y los instrumentos. De ahí que se haya utilizado la madera de cerezo y el tapizado negro.

Este producto todavía no está en el mercado pero se estima que saldrá a un precio aproximado de 300 euros.

Precio de salida estimado en 300€.



Fig.33-Silla Equatilt

VALORACIÓN

En mi opinión, se trata de la mejor silla para músicos hasta ahora diseñada. El creador ha tenido en cuenta la mayoría de los detalles deseables para el producto, sin obtener un resultado complejo y costoso. No permite un ajuste completo, pero ofrece una colocación corporal correcta gracias al único ajuste de la altura para salvar posibles diferencias de estatura entre los usuarios. El respaldo no es regulable, pero en mi opinión es un elemento de apoyo ocasional, no es imprescindible. La colocación de las patas no es casual, si no que ofrece una mayor angulación entre las patas delanteras, de forma que evite posibles molestias a la hora de colocarnos o colocar el instrumento (que podría ser problemático para instrumentos grandes como tuba, bombardino...) Permite plegar el asiento, aunque este no logra un ahorro de espacio considerable. La estética se adapta perfectamente al entorno, acorde a la elegancia de los músicos y a la sobriedad de los auditorios. El precio es razonable, aunque realmente es una estimación y no un precio real, podría variar tras el comienzo de la fabricación.

Como posibilidades de mejora se podría considerar la modificación del asiento para la prevención de las patologías del pudendo y una mayor curvatura en el borde anterior de la silla, para favorecer la circulación en las piernas. -9-

Silla ergonómica para músicos (Fig.34). Se trata de un proyecto de 2012 del diseñador David Brothers. Está pensada para una correcta postura, evitando así dolores de espalda. Se centra en los requerimientos ergonómicos de los instrumentistas de cuerda, viento madera y viento metal. El asiento puede inclinarse hacia delante para evitar la rotación de la pelvis hacia atrás. Incorpora respaldo de altura variable para un buen apoyo lumbar. Tiene tres patas.



Fig.34-Silla ergonómica para músicos

VALORACIÓN

En este caso creo que la silla únicamente se fundamenta en otorgar una gran flexibilidad, sin tener en cuenta la ergonomía y la postura correcta. Destaca sobre todo la ausencia de una regulación en altura, primordial para que se adapte a personas de distintas edades (ya que se enfoca tanto a estudiantes como a profesionales). Por otro lado, la estética no es elegante. Se valora positivamente la innovación de un apoyo sobre tres patas. -4-

Silla para músicos (Fig.35). Se trata de otro proyecto, en este caso una silla extremadamente simple, fabricada en su totalidad en madera. Está pensada sobre todo para violinistas, violistas y chelistas. Destaca la angulación del asiento, que promete una mejor proyección del sonido.



Fig.35-Silla para músicos

VALORACIÓN

Realmente creo que se trata de un proyecto más bien artístico y escultural, donde prima la innovación y la estética. Sin embargo podemos destacar dos aspectos positivos a considerar: la inclinación hacia delante del asiento (mejora de la postura al tocar) y la forma del asiento, que libera la zona pudendal (prevención de atrapamientos) -3-

5.2.2 SILLAS ESPECIALES PARA INSTRUMENTOS CONCRETOS

Existen algunos instrumentos de la orquesta que generalmente tienen una banqueta adaptada a sus necesidades. Los más comunes son la banqueta del pianista, que siempre acompaña al piano, y la banqueta de la batería. Pero además, algunos diseñadores han tratado de dar solución a los requerimientos específicos de otros instrumentos. En estos casos, no se aportará una valoración al producto puesto que se aleja más del objetivo del proyecto.

Banquetas para pianistas. Todo pianista tiene una, son tan populares que se comercializan infinidad de modelos. Caracterizan a estas banquetas la ausencia de respaldo, la altura regulable mediante un tornillo giratorio y el tapizado superior en terciopelo o cuero, de aspecto clásico (Fig.36). Algunas incorporan también inclinación del asiento. Existen otros modelos más novedosos (Fig.37) que permiten plegar la banqueta, o que son más ligeros ya que se forman por dos patas cruzadas, que variando el ángulo permiten regular la altura.



Fig.36-Banqueta para piano clásica.



Fig.37-versión más ligera con patas en tijera

Banquetas para batería. Generalmente los fabricantes de estos instrumentos se encargan también de la fabricación de las banquetas giratorias, regulables en altura y acolchadas. Las clásicas disponen de un asiento completamente circular (Fig.38), aunque han surgido nuevos modelos más anatómicos, e incluso algunos con respaldo (Fig.39).



Fig.38-Banqueta para bateristas.



Fig.39-Banqueta más ergonómica con respaldo

Sillas para contrabajistas y directores de orquesta. En estos casos se requiere una altura mucho mayor, más similar a un taburete alto que a una silla. Como se vio anteriormente en los modelos de la marca Guil, requieren de reposapiés (para garantizar la comodidad a pesar de no llegar con los pies al suelo), y en algunos diseños específicos para contrabajistas este reposapiés se divide para dar soporte por individual a cada extremidad.

Encore cello chair (Fig.40). Silla para violonchelistas. Acolchada, su principal característica es la diferencia de longitud de las patas traseras, que provocan una gran inclinación hacia delante. Los bordes están completamente redondeados para evitar presiones en los muslos.



Fig.40-Encore cello chair

Silla para guitarristas Ibanez (Fig.41). Lo más curioso es la manera de incorporar el soporte del instrumento en la propia banqueta, ya que no destaca por la ergonomía.



Fig.41-Ibanez, silla para guitarristas con apoyo

Silla para estudiantes de violonchelo de corta edad. En este caso, el producto no parece estar comercializado si no que se ha quedado en patente. El número de solicitud es ES1075952 U, con fecha 10/01/2012. La descripción menciona que es un producto para utilización preferente de aprendices de música de muy corta edad, aunque siendo posible su utilización también por adultos. Se compone de un tablero a modo de asiento unido a una estructura articulada en forma de tijera con posibilidad de apertura, y tope para determinar el límite de la misma y regular ligeramente la altura.

5.2.3 ACCESORIOS PARA ADAPTAR LA SILLA DEL MÚSICO

Tacos. Además de los mencionados cojines de cuña, muy utilizados por músicos, es frecuente la utilización de tacos en las patas traseras de la silla, como método para aumentar la inclinación del asiento. Son casi un remedio casero, aunque también se pueden adquirir por internet. Normalmente elevan la silla entre 2,5 y 3,5 cm. Su precio es de 10€ más gastos de envío.

5.3 Productos asociados a la prevención de la patología del pudendo

Como se ha comentado, la patología del pudendo se asocia a aquellas personas que permanecen mucho tiempo sentadas. Es por ello que se han desarrollado algunos productos que pretenden reducir estos riesgos. Es el caso de cojines (generalmente diseñados para ser incorporados en sillas de ruedas) y sillines de bicicleta. A continuación mostramos algunos ejemplos que nos ayuden a entender cómo mediante la forma del producto se disminuye la presión en la zona afectada.

Los **sillines para bicicleta** (Fig.42) se caracterizan por eliminar el contacto con la zona perineal, bien suprimiendo la parte más estrecha del sillín, o manteniendo esa parte pero haciendo un vaciado en su interior.



Fig.42-Distintos modelos de sillín para prevenir patologías en la zona perineal

Los **cojines antiescaras** (Fig.43), aunque inicialmente fueron diseñados para evitar rozaduras y heridas, son un buen método para disminuir la presión sobre el pudendo. Suelen tener forma de herradura o un agujero alargado en la parte central. En algunos casos simplemente la zona central es cóncava, de forma que se evite el apoyo.



Fig.43-Cojines antiescaras

6. REQUISITOS FUNDAMENTALES

Este apartado podría considerarse una conclusión de todo el estudio expuesto anteriormente; además fijará las bases del diseño que se va a realizar. En primer lugar se describirá el público objetivo, lo que de por sí determina muchas de las necesidades del producto. A continuación se detallará el *briefing*¹⁶, donde se describen los requisitos fundamentales.

6.1 Público objetivo

Como se ha especificado, el objetivo principal es el diseño de una silla ergonómica para músicos de orquesta sinfónica. Sin embargo, tras el estudio realizado se ha concluido que algunos instrumentos deben quedar excluidos por requerir unas necesidades específicas. De esta forma, el uso de esta silla no considerará las necesidades de los contrabajistas, ya que requieren una altura mayor del asiento y por tanto un reposapiés. Lo mismo ocurre con los directores (que no se consideran instrumentistas pero forman parte de la orquesta sinfónica). En un futuro podría plantearse el diseño de un taburete alto en consonancia con la silla de este proyecto, para ofrecer una mayor homogeneidad a la orquesta.

Se orienta a ambos sexos y a personas de todas las nacionalidades, aunque el diseño se realizará teniendo en cuenta las medidas antropométricas de la población española.

Está pensada especialmente para Conservatorios y centros de estudios musicales, así como auditorios y salas de conciertos, pero también podrá adquirirse para su uso doméstico, de forma que los usuarios puedan disponer de una silla para sus horas de estudio. Por tanto será utilizada tanto por estudiantes como por profesionales de la música. Esto nos lleva a un rango de edad muy amplio. Un músico puede tocar su instrumento durante prácticamente toda su vida, hasta una edad muy avanzada, siempre y cuando sus destrezas físicas y psíquicas lo sigan permitiendo. Por tanto, no estableceremos un máximo de edad para la utilización de esta silla. Sin embargo, sí que debemos fijar una edad mínima; en los casos más precoces, los niños comienzan la práctica instrumental a los 5 o 6 años. Sin embargo, actualmente la edad mínima para acceder a un Conservatorio es de 8 años. Teniendo en cuenta que los primeros pasos de un niño en el aprendizaje de la música son el lenguaje musical, la familiarización con el instrumento y la colocación de éste, los primeros años apenas se realiza práctica musical en estado sedente, y si se hace las horas de ensayo son mínimas. En la mayoría de los

¹⁶ Documento de partida que recoge la información inicial más relevante, en este caso los requerimientos del diseño.

Conservatorios los niños tocan sentados por primera vez en la asignatura de Orquesta, la cual aparece en quinto curso (12años).

Tomaremos como referencia entonces la edad de 12 años. Esto no quiere decir que no pueda ser utilizada por personas más jóvenes, si no que anatómicamente está pensada para la estatura de niños a partir de los 12 años.

6.2 Briefing

Un mueble desarrolla funciones prácticas, estéticas y psicológicas. Además de proporcionar comodidad y seguridad debe tener una forma expresiva y acoplarse al ambiente para el que ha sido diseñado, manteniendo la función prevista. Más concretamente, el requisito indispensable de cualquier silla es que sostenga el peso del cuerpo. Respaldo y asiento deben soportar las cargas de las partes del cuerpo que apoyan sobre ellos. Sin embargo, el tipo de apoyo queda determinado por el uso.

Las investigaciones han permitido obtener requisitos a nivel ergonómico y postural, solicitudes de los futuros usuarios y normativa a respetar. A continuación se redactan los requisitos del diseño, por orden de importancia. Durante el diseño industrial se considerarán todos ellos, pero debemos tener en cuenta que no siempre son compatibles, por lo que tendremos que priorizar.

1. Postura ergonómica

Imprescindible para evitar lesiones durante largas horas de ensayo, el producto debe garantizar en todo momento una postura correcta para el usuario, independientemente de su estatura. Para cumplir este requisito será necesaria la recopilación de diversas tablas antropométricas que aseguren la validez del diseño para todo el público.

El asiento deberá tener una inclinación hacia delante que asegure una pelvis neutra, y ser regulable en altura, de forma que todos los usuarios puedan apoyar los pies correctamente en el suelo. Sería deseable también que el borde del asiento estuviese redondeado para permitir una correcta circulación en las piernas.

2. Libertad de movimientos

Debe permitirnos gran cantidad de movimientos, especialmente en la mitad superior del cuerpo; no debe de poner ningún límite a la expresividad musical.

3. Comodidad

Que el usuario no sólo tenga una buena postura si no que se sienta cómodo con ella, y que garantice el confort durante largos periodos de tiempo sobre ella.

4. Precio económico

Uno de los problemas más significativos de las actuales sillas para músicos es el elevado coste de las mismas. Ni los músicos pueden permitírselo a nivel particular ni las salas de conciertos pueden disponer de ellas. La situación es todavía peor en los Conservatorios y centros de estudios donde no se pueden permitir tal gasto en mobiliario. Este es un factor clave para que éste producto sea competitivo con lo que existe actualmente en el mercado.

5. Respaldo

Es necesario el respaldo para permitir apoyarnos durante los descansos. Sería deseable que fuese adaptable (en altura y proyectable hacia el frente), aunque no es una prioridad puesto que se trata de un respaldo sólo para el descanso; no debemos reposar en él mientras tocamos. Sin embargo para los momentos de descanso sí que se requiere un buen apoyo lumbar.

6. Elegancia y diseño

Puesto que está pensado para situarse en salas de conciertos y auditorios, deberá integrarse perfectamente en estos espacios y hacer justicia a la estética de concierto, siempre elegante y sobria. Los músicos de orquesta deben vestirse siempre de negro, por lo que la silla debe seguir en esta línea.

7. Prevención de las patologías del pudendo

Es una característica que apenas se considera (sólo una de las sillas para músicos del mercado liberaba la zona pudendal), por lo que puede ser un factor diferenciador. Además supone una gran ventaja para las embarazadas, como ya se comentó.

8. Fácil de transportar y guardar

Es una característica deseable, ya que en los auditorios las sillas están en constante movimiento. En ocasiones interpretará un pianista solista, por ejemplo, así que todas las sillas deben de salir del escenario, pero cuando interpreta toda la orquesta es posible que se requieran más de cien sillas. Para uso doméstico también sería un punto a favor poder guardarla cuando no la estamos utilizando.

9. Qué nos permita apoyar el instrumento

Esta solicitud parte de las encuestas realizadas. El origen es que muchas veces los músicos necesitamos las dos manos libres (por ejemplo, para regular el atril), y nos surge el problema de dónde colocar el instrumento. Sería peligroso ponerlo sobre el suelo, ya que alguien podría tropezar con él, y también resulta incómodo e inestable ponerlo sobre nuestro regazo. Sería ideal que la silla tuviese un soporte que nos permita resolver este problema.

10. Más espacio en la parte inferior delantera

Algunos músicos solicitaban en la encuesta resolver el problema de las patas delanteras; en ocasiones pueden estorbarnos a la hora de colocar los pies, o incluso al apoyar el instrumento, lo cual es especialmente importante para las tubas y bombardinos. Cada vez que tienen que apoyar el pesado instrumento en el suelo deben hacerlo a una gran distancia, ya que las patas delanteras les impiden dejarlo entre las piernas.

7. DESARROLLO Y DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Tomando siempre como punto de partida los requerimientos del *Briefing*, el producto ha ido evolucionando a lo largo de toda la fase de diseño. Se han evaluado varias propuestas hasta dar con la que más se adapta a las necesidades del producto. En este apartado se mostrarán las ideas de partida y la progresión del diseño, y una vez presentado el resultado definitivo se detallarán sus componentes y se justificará cada decisión tomada.

7.1 Ideas previas

Para comenzar con el diseño, se ha realizado un ejercicio de creatividad con el fin de obtener algunas ideas que puedan inspirar el diseño final. Para ello se han concebido las mínimas restricciones posibles, intentando evitar el concepto de "silla tradicional". Se muestran algunos de los bocetos obtenidos en el proceso:

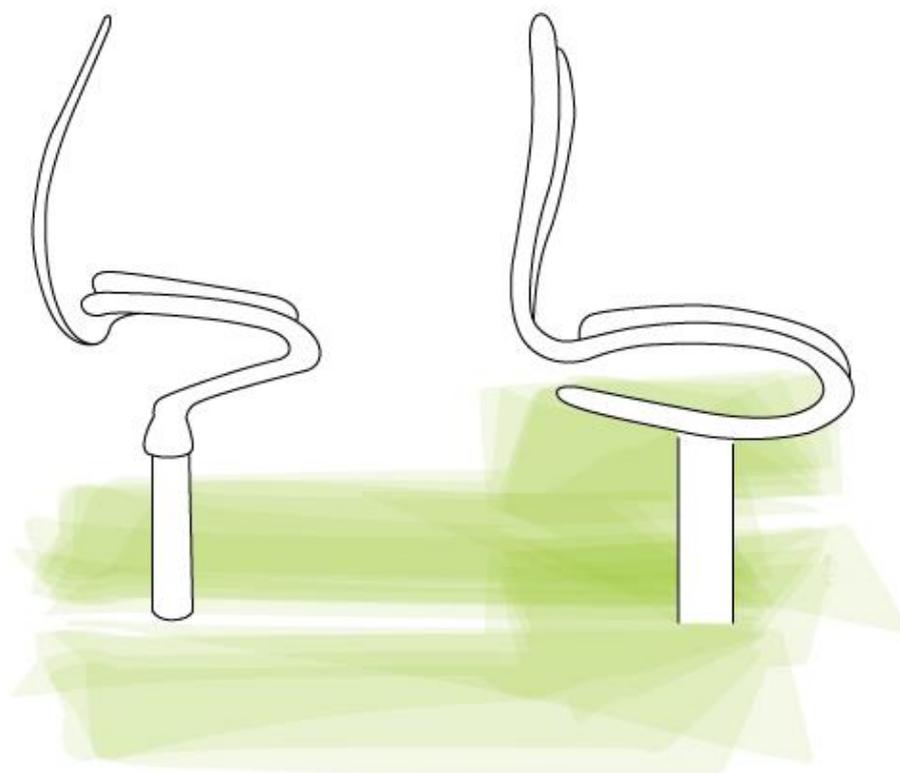


Fig.44-Primeros bocetos con perfiles de curvas exageradas

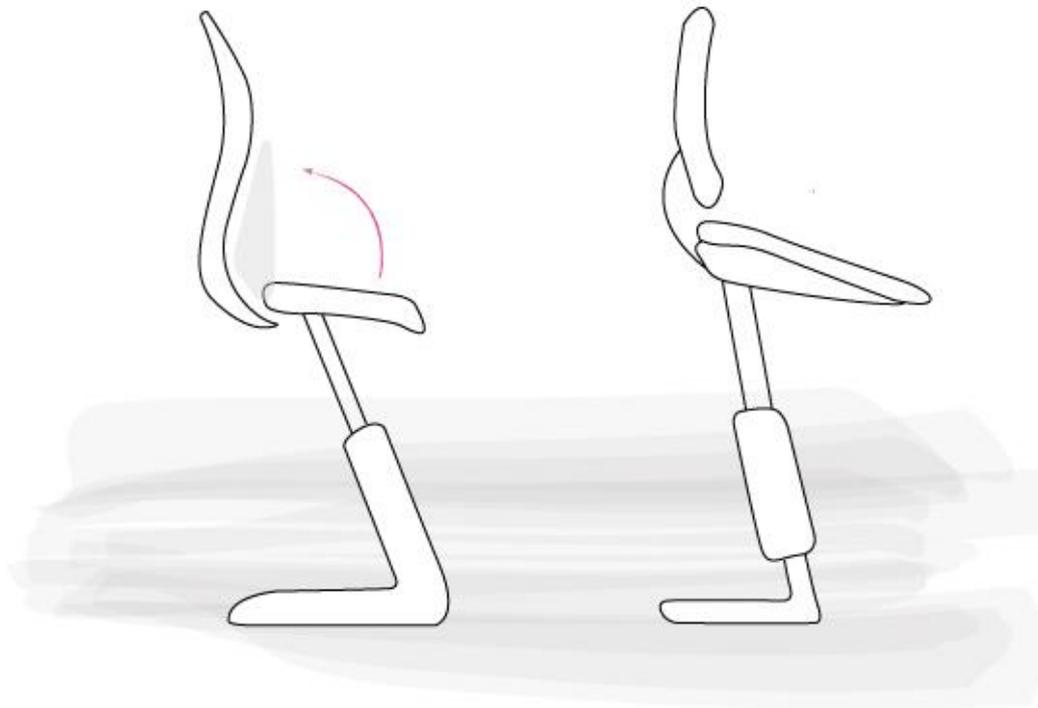


Fig.45-Planteamiento de una silla con pistón de gas inclinado y asiento que se recoge

Estas ideas son la base del pensamiento creativo llevado a cabo hasta lograr concluir el diseño. La mayor parte de detalles no cumplen con las especificaciones requeridas (en su mayoría requerimientos de coste), por lo que han sido desechadas. Por ejemplo, la colocación de un pistón de gas inclinado (Fig.45) implicaba la pérdida de eficiencia del mismo, y la excesiva curvatura de la madera (Fig.44) elevaba enormemente los costes de fabricación; sin embargo, se han respetado las formas orgánicas y curvas, características de estos primeros bocetos.

Posteriormente, y teniendo en cuenta todos los requerimientos del *Briefing* por orden de prioridad, se ha tratado de dar forma al producto. Los primeros pasos se han dado con papel y lápiz, trazando bocetos, aunque realmente no se ha definido completamente el aspecto formal hasta su implementación en sistemas de diseño asistido por ordenador.

Como condición primaria de cara al diseño de concepto se ha establecido que la silla se eleve mediante un pistón de gas, para mayor comodidad del usuario. Por tanto, desde el primer momento se ha desechado la opción de las cuatro patas, abogando por éste sistema mucho más rápido. Algunas de las ideas propuestas se muestran a continuación:

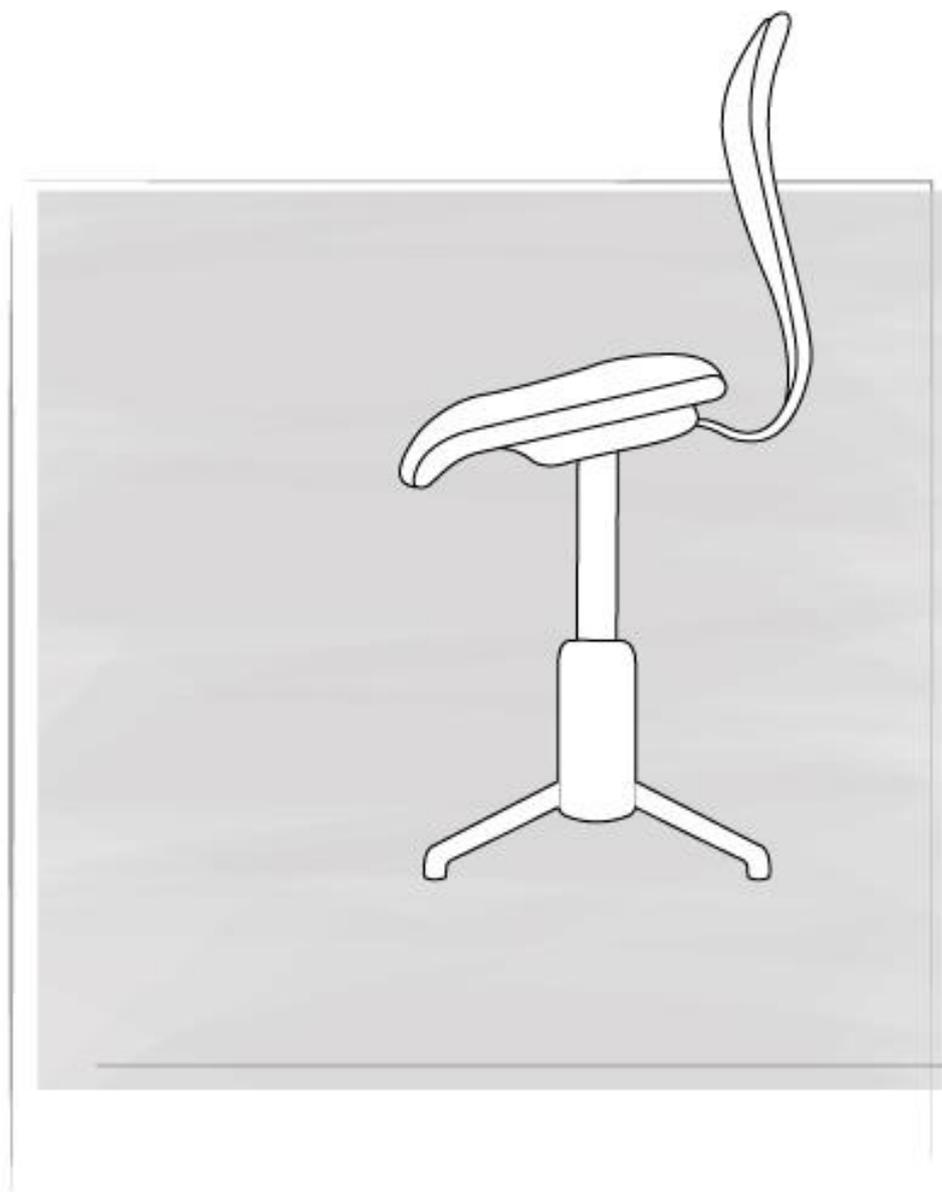


Fig.46-Silla en dos partes con apoyo lumbar

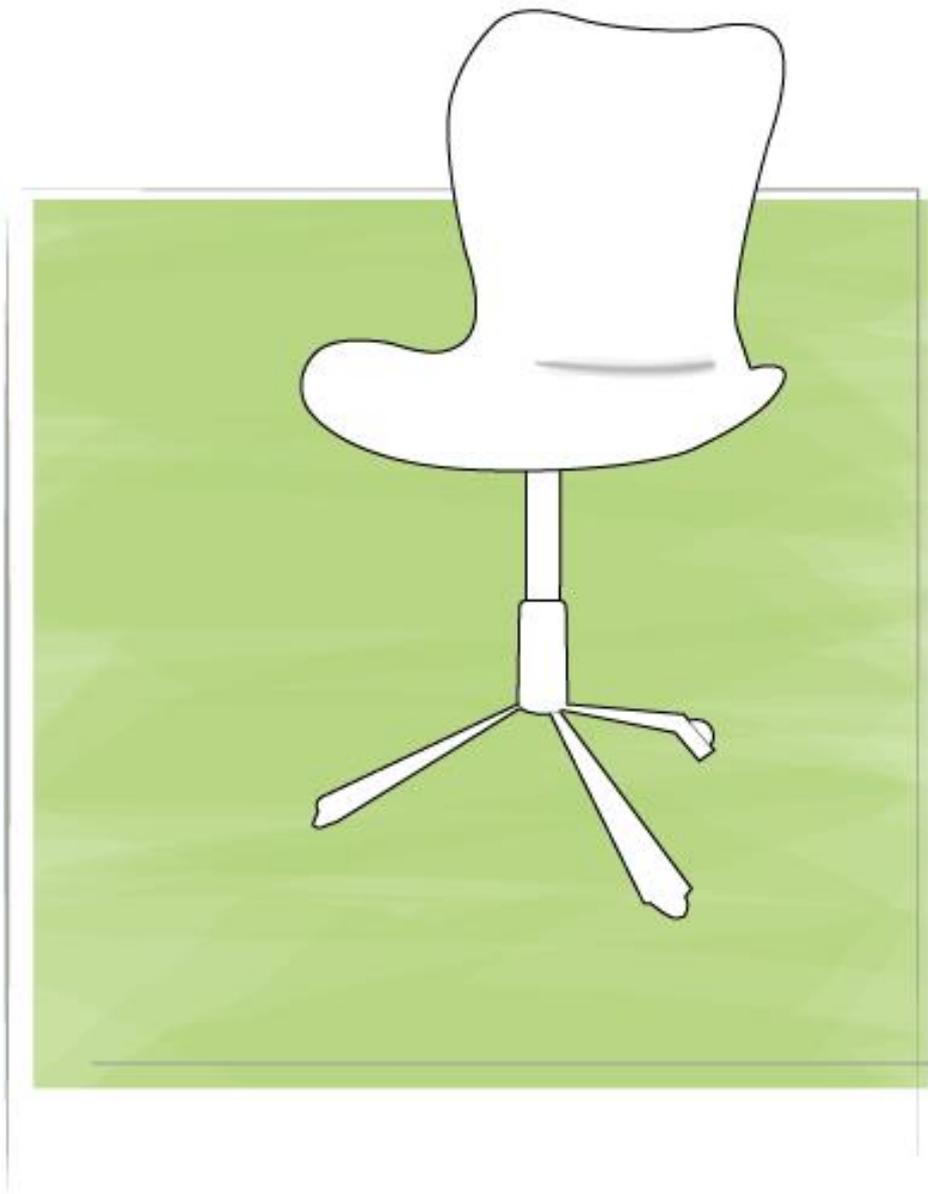


Fig.47-Silla de una pieza con apoyo lumbar

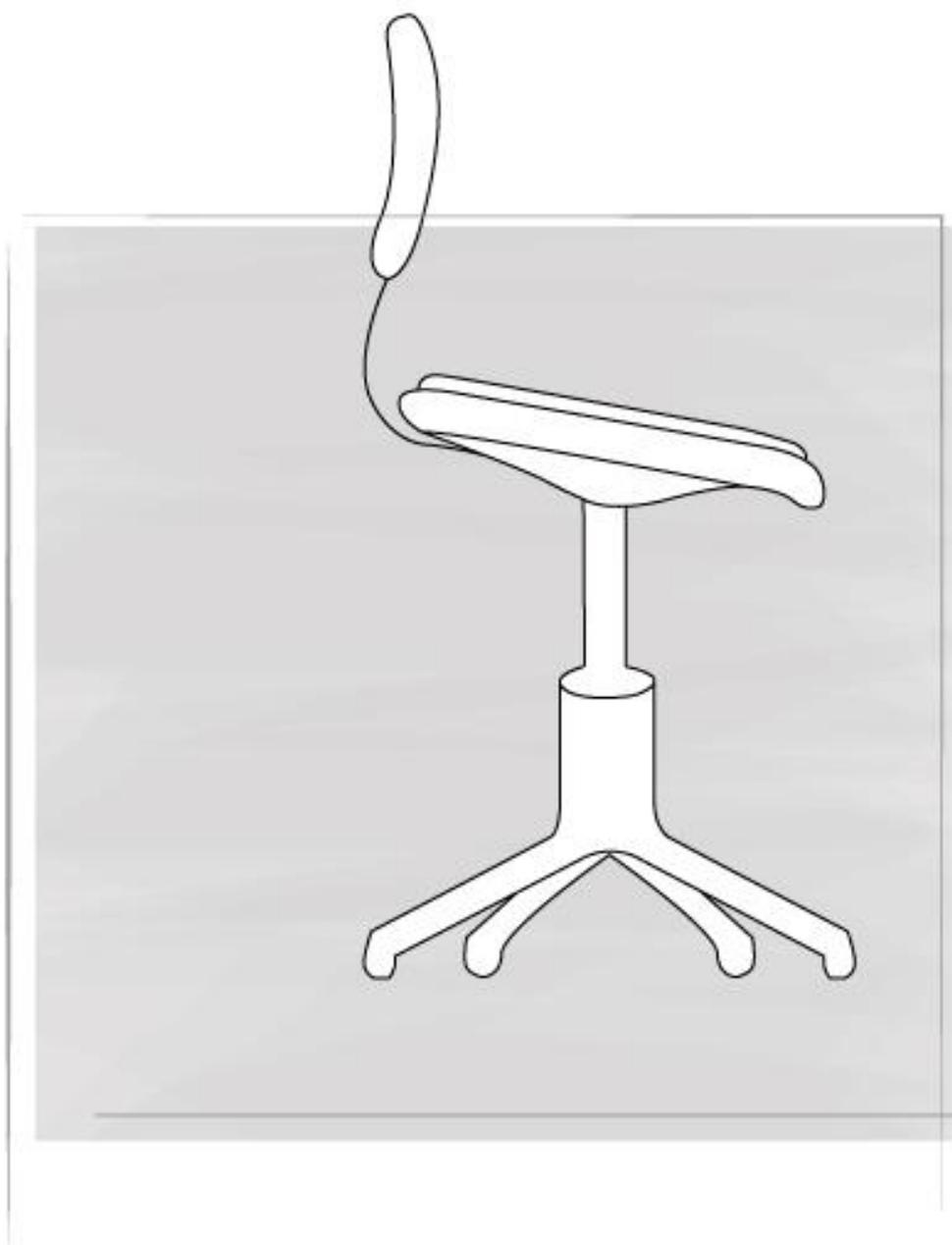


Fig.48-Silla en dos partes, más sencilla

7.2 Consideraciones ergonómicas

Antes de comenzar la descripción de la solución adoptada debemos entrar en conceptos ergonómicos, ya que son la base fundamental del diseño.

La ergonomía se relaciona con el bienestar. Como ya se ha mencionado, este proyecto pretende proponer una solución a las enfermedades profesionales sufridas por el colectivo musical. Para lograr un buen diseño, debemos conseguir que éste se adapte al cuerpo, y que en la medida de lo posible todos los usuarios sientan bienestar al sentarse en ella. Por ello, la ergonomía de un producto debe basarse también en la antropometría. La antropometría es la ciencia que entiende las medidas de las dimensiones del cuerpo humano. Son objeto de la antropometría los conocimientos y técnicas para llevar a cabo las mediciones, así como el tratamiento estadístico de las mismas.

Es especialmente importante la consideración de esta ciencia en el diseño de mobiliario, puesto que son objetos destinados al uso humano. Los datos antropométricos servirán para el dimensionado de todo el conjunto, y de cada parte de la silla.

7.2.1 ESTUDIOS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZADOS

Se ha realizado una investigación en busca de estudios antropométricos recientes sobre la población española. Sin embargo no se han obtenido resultados actuales que engloben a toda la población, y dado que el proyecto requiere conocer los datos de un rango de edades muy amplios, se han tomado como referencia varios estudios distintos:

Guía para el diseño de mobiliario ergonómico

Estas tablas han sido obtenidas del libro *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*, cuya referencia completa se encuentra en la bibliografía. En él aparecen las medidas antropométricas de la población española en 1992, divididas en tres sectores: infantil (4 a 18 años), adulto (19 a 75) y anciano (población mayor de 75 años)

Guía para el diseño de mobiliario universitario

En este caso la población de estudio se centra en los hombres y mujeres universitarios, cuyas medidas fueron tomadas en 1995. Aunque en el libro anterior se englobaba este rango de edades, ha decidido tomarse también como referencia ya que se trata de un estudio más actual.

Estudio antropométrico sobre la población laboral española

Tal y como se indica, las tablas corresponden a un estudio realizado por el Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo sobre la antropometría de la población laboral española (tanto hombres como mujeres comprendidos entre los 16 y 65 años); las medidas se han tomado entre 1991 y 1996.

7.2.2 MEDIDAS SIGNIFICATIVAS

De estos estudios se han extraído las medidas corporales necesarias para realizar un diseño que se adapte a los usuarios mayores de doce años, que como se mencionó anteriormente son el público objetivo del producto. A continuación se comentan las medidas más significativas:

Altura poplítea (Fig.49a). Se trata de la distancia vertical desde la superficie de apoyo de los pies hasta la superficie inferior del muslo inmediata a la rodilla, con ésta doblada en ángulo recto.

Es una de las más significativas para el proyecto, puesto que nos permitirá calcular la altura máxima y mínima de la silla, de forma que todos los usuarios puedan apoyar los pies correctamente en el suelo y mantener una postura adecuada.

Se ha considerado en este caso la altura poplítea máxima entre la población adulta, y la altura poplítea mínima entre la población infantil de doce años en adelante, de forma que se obtenga un rango de alturas que de soporte a los más pequeños y a los más altos:

			HOMBRES	MUJERES
DISEÑO DE MOBILIARIO ERGONÓMICO	12 años	P5	358	353
	12 años	P50	390	388
	18-25 años	P95	484	439
	25-42 años	P95	487	442
	42-65 años	P95	470	435
	>75 años	P95	450	416
DISEÑO DE MOBILIARIO UNIVERSITARIO	18-30 años	P95	523	473
DATOS INSHT	16-65 años	P99	491	459

Tabla 1: Altura poplíteo según distintos estudios

Como se aprecia en la Tabla 1, se ha realizado una comparativa de los estudios antropométricos seleccionados. Se ha anotado el percentil más alto disponible para todas las medidas adultas, ya que nos interesa cuál es la máxima altura poplíteo a la que debemos dar servicio. Sin embargo, en las medidas infantiles se han seleccionado el percentil 5 y 50, puesto que también debe ser válida para la mayoría de niños de esta edad.

Por tanto, lo ideal sería que la altura de la silla variase entre los 353 y los 523 mm (aunque por motivos técnicos este rango se ha reducido a 389,5 - 523mm). Esto se logrará gracias al pistón de gas que se incorporará en la misma. Por tanto estos valores son fundamentales para la selección del pistón, lo que se muestra en el apartado *Cálculos*.

Longitud nalga - hueso poplíteo (Fig.49b). Es la distancia horizontal medida desde el borde posterior de la cabeza del peroné hasta el punto posterior del trasero (Tabla 2).

			HOMBRES	MUJERES
DISEÑO DE MOBILIARIO ERGONÓMICO	12 años	P5	383	390
	12 años	P50	415	438
	18-25 años	P95	544	517
	25-42 años	P95	544	525
	42-65 años	P95	531	522
	>75 años	P95	514	501
DISEÑO DE MOBILIARIO UNIVERSITARIO	18-30 años	P95	554	524
DATOS INSHT	16-65 años	P99	575	552

Tabla 2: Longitud nalga – hueso poplíteo según distintos estudios

En este caso el estudio resulta menos significativo, puesto que la profundidad del asiento no es adaptable; además el asiento no debe rozar con el hueso poplíteo, siempre es necesaria una holgura. En este caso es necesario buscar una medida intermedia que satisfaga a la mayoría de usuarios posibles. Se ha consultado la profundidad efectiva del asiento en diversos modelos de sillas, y finalmente se ha decidido establecer ésta en 410mm.

Anchura de caderas (sentado) (Fig.49c). Distancia horizontal máxima entre caderas, medidas sobre un plano paralelo al de asiento y sobre la parte más ancha de ambos muslos (Tabla 3).

			HOMBRES	MUJERES
DISEÑO DE MOBILIARIO ERGONÓMICO	12 años	P5	239	297
	12 años	P50	275	348
	18-25 años	P95	391	392
	25-42 años	P95	400	425
	42-65 años	P95	398	431
	> 75 años	P95	380	411
<hr/>				
DISEÑO DE MOBILIARIO UNIVERSITARIO	18-30 años	P95	421	413
<hr/>				
DATOS INSHT	16-65 años	P99	439	450

Tabla 3: Anchura de caderas según distintos estudios

De esta manera hemos determinado el rango posible para la anchura del asiento: entre 500mm y 300mm. Aunque la anchura de caderas sea mayor, realmente el soporte del cuerpo debe de recaer en los isquiones, por lo que no supone un problema que algunas partes del asiento sean más estrechas a las medidas antropométricas, siempre teniendo

en cuenta que la parte del borde deberá ser más ancha para dar soporte a los muslos aunque estos se encuentren ligeramente separados.

Altura concavidad lumbar (Fig.49d). Distancia vertical medida desde la superficie superior del asiento hasta el punto de máxima curvatura lumbar. No todos los estudios exponen esta medición, por lo que se han incluido en este caso todos los percentiles disponibles (Tabla 4).

			HOMBRES	MUJERES
DISEÑO DE MOBILIARIO ERGONÓMICO	adultos	P5	192	189
	adultos	P50	237	228
	adultos	P95	281	266
DISEÑO DE MOBILIARIO UNIVERSITARIO	18-30 años	P5	233	240
	18-30 años	P25	261	261
	18-30 años	P75	298	290
	18-30 años	P95	325	311
DATOS INSHT	16-65 años	-	-	-

Tabla 4: Altura lumbar

Gracias a esta tabla, que no incluye la altura lumbar infantil ya que no se dispone de esos datos, se ha establecido una altura lumbar entre los 320 y 370mm para el respaldo.

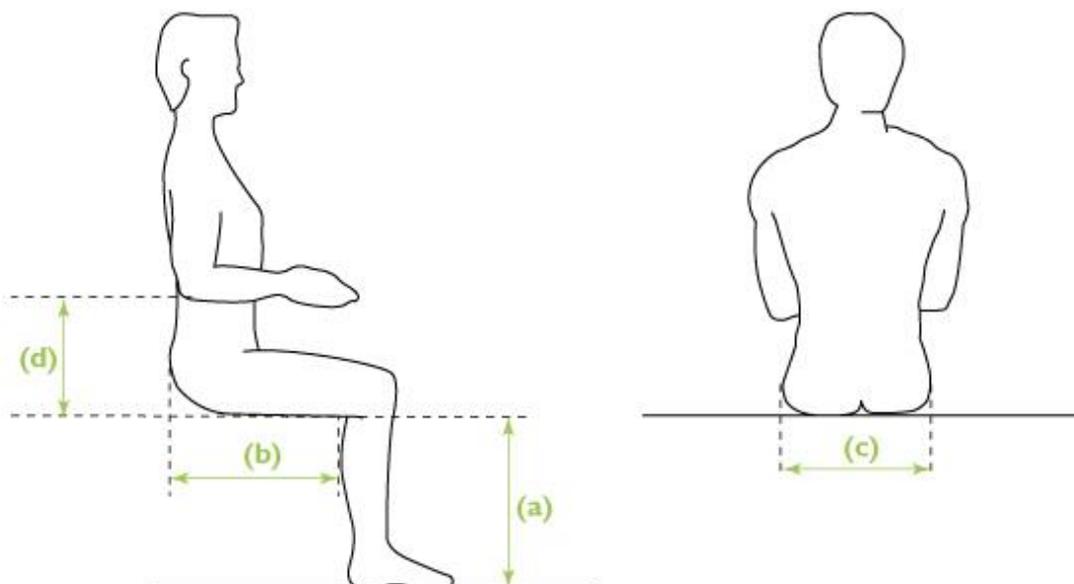


Fig.49- (a) Altura poplíteica; (b) longitud nalga – hueco poplíteico; (c) anchura de caderas; (d) altura concavidad lumbar

7.3 Descripción del resultado final

Los músicos pasan largas horas de estudio y conciertos sentados sobre una silla, que generalmente no está adaptada a sus necesidades. Las malas posturas junto con los movimientos repetitivos que realiza el cuerpo humano al tocar cualquier instrumento provocan que estudiantes y profesionales sufran numerosas lesiones y molestias.

En general, las sillas de oficina y de otros empleos que requieren un mobiliario especializado han ido evolucionando, perfeccionándose poco a poco y adecuándose cada vez más a la tarea para la que fueron diseñadas. Sin embargo, encontramos que en la música apenas se ha extendido un mobiliario específico, tal vez por la baja oferta y el alto coste.

Se propone así un diseño innovador que pretende dar solución a los principales problemas posturales sufridos por instrumentistas en postura sedente; podemos diferenciar en él cuatro partes principales o subconjuntos, que a su vez pueden estar formados por varias piezas (Fig.51):



Fig.50-Diseño final

Asiento madera. Parte principal que aporta el grueso del atractivo visual del producto. Se trata de una única pieza fabricada en madera contrachapada finlandesa de abedul.

Cojines. Se trata de dos piezas, correspondientes al asiento y al respaldo, que otorgan al usuario la comodidad necesaria para permanecer largos periodos de tiempo sobre la silla. Será la parte que ofrezca el mayor contacto con el cuerpo del usuario. Estarán fabricados en espuma de poliuretano y forrados con tela ignífuga. Ambos se unirán a la superficie de madera mediante adhesivos industriales.

Sistema de elevación. Ofrece la altura necesaria a la silla y nos permite regular la misma de forma que consigamos una adaptación total a la estatura del usuario. El elemento principal del sistema de elevación es el cilindro de gas; éste se une en su parte superior al denominado "plato", que permite la unión del sistema con el conjunto del asiento mediante cuatro remaches de acero, y que además incorpora la palanca que permite el control del cilindro de gas. Los elementos están fabricados mayoritariamente en acero.

Base. Este subconjunto aporta la estabilidad necesaria al producto. Con un diseño elegante realizado en acero, sus cuatro puntos de apoyo forman la sustentación de todo el conjunto. Incorpora cuatro piezas de goma antideslizante en las zonas de apoyo con el suelo, cuya misión es repartir mejor el peso, aumentar la superficie de contacto, y evitar que se produzcan daños en la base del producto o en el suelo.



Fig.51-Despliegue cuatro partes principales

Aunque no se ha conseguido cumplir todos los requisitos de diseño prefijados en el *briefing*, ya que algunos presentan incompatibilidades entre sí, el producto satisface muchas de las necesidades de los músicos, especialmente aquellas ergonómicas, a las que se les dio mayor importancia desde el primer momento:

Como principal ventaja del producto, encontramos que la silla pretende ayudar al músico a mantener la postura más correcta. A diferencia de otros productos ergonómicos que se limitan a ofrecer comodidad y adaptarse al cuerpo, en este caso la geometría del asiento está diseñada para mantener una buena postura, que además resulte cómoda al instrumentista. La amplia regulación en altura (Fig.50) permite que cualquier usuario mayor de 12 años adapte la silla a su estatura, de forma que los pies queden apoyados completamente sobre el suelo, y con las caderas por encima de las rodillas. Así, el peso corporal quedará repartido de manera correcta. Se ha escogido el cilindro de gas como sistema de regulación de la altura por su comodidad: simplemente presionando una palanca situada debajo del asiento, a la derecha del usuario, la silla descenderá suavemente si existe un peso suficiente sobre ella, o por el contrario el cilindro se extenderá (Fig.52).



Fig.52-Detalle de la palanca, situada a la derecha del usuario

El asiento de madera está dotado de una doble angulación (Fig.53) que nos permite mantener una pelvis neutra y asegura que la mayor parte del peso recaiga sobre las tuberosidades isquiáticas (Fig.54). Esta corrección de la postura se complementa gracias al cojín del asiento. Ha sido diseñado para liberar toda la zona pudendal, con una gran concavidad en la zona central. Sin embargo, los laterales se elevan, especialmente a la altura de los isquiones, de forma que la mayor superficie de contacto con el usuario se encuentra ahí, donde se descargará todo el peso. Además, la zona trasera culmina con una elevación para fomentar el apoyo del sacro y evitar de nuevo que las cargas lleguen a comprimir el pudendo. El hecho de añadir cojines al diseño mejora el confort y la comodidad del usuario, haciendo menos tediosos los duros y largos ensayos.

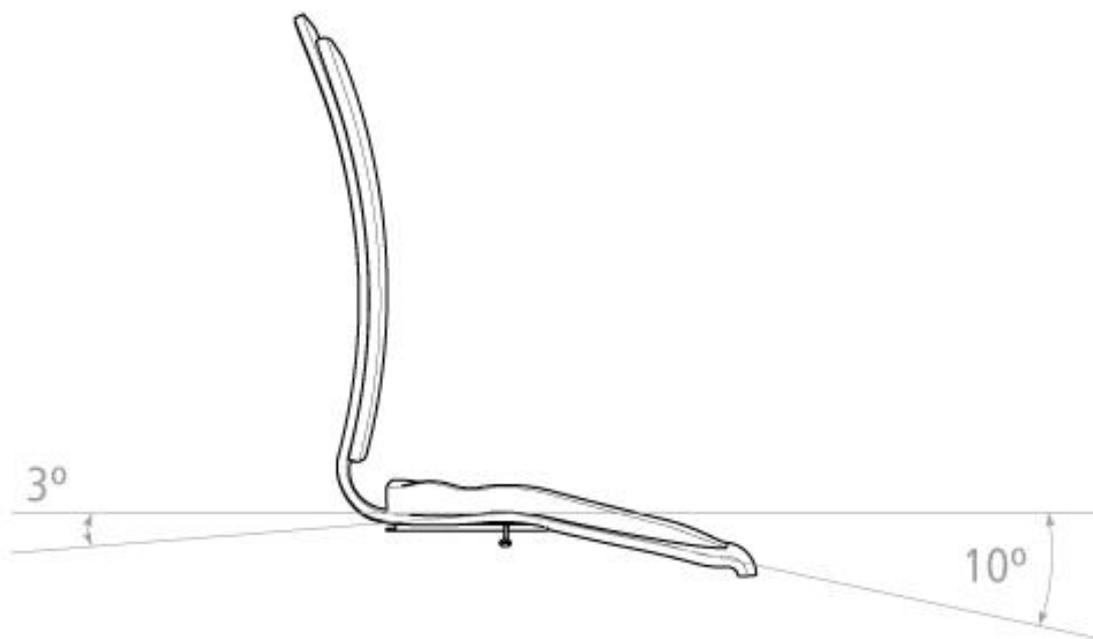


Fig.53-Doble angulación de la silla, en 10 y 3 grados

El borde delantero es más ancho que el resto del asiento para garantizar el apoyo firme de los muslos, y se ha curvado y redondeado para evitar posibles presiones en la zona, facilitando que la sangre circule con normalidad por las extremidades inferiores.

La silla prescinde de reposabrazos o cualquier elemento que pueda dificultar los movimientos y la expresividad musical. El diseño pretende crear la sensación de amplitud y libertad total de movimientos.



Fig.54-Correcta colocación de la columna vertebral y las caderas sobre la silla

El respaldo brinda un buen apoyo lumbar para los momentos de descanso, ya que no debe descargarse el peso sobre la espalda mientras estamos tocando. Se ha evitado una excesiva concavidad, de manera que la columna vertebral apoye sobre este elemento, sin ser incómodo gracias al acolchado que lo recubre.

A pesar de que muchos usuarios solicitaban una gran adaptabilidad del respaldo, uno de los requisitos fundamentales era la economía del producto, que debía ser lanzado al mercado a un precio competitivo, de forma que los usuarios pudiesen adquirirlo a nivel particular, y que fuese asequible para auditorios, Conservatorios, salas de ensayo... Por ello, se ha decidido prescindir de estos costosos mecanismos que encarecerían el producto, y que tampoco suponen una gran ventaja, ya que el respaldo debe ser sólo para momentos de descanso.

Otra solicitud de los usuarios fue la modificación de las patas delanteras convencionales, ya que en ocasiones eran una molestia. Por ello, se ha diseñado una base con cuatro puntos de apoyo, formando 90° entre ellos. Colocándolas de forma que se libere el espacio delantero de la silla, logramos una mayor comodidad, tanto a la hora de colocar nuestras piernas como a la hora de apoyar algunos instrumentos durante los descansos. Realmente el diseño de este elemento ofrecía bastante libertad, por lo que se proyectaron varios modelos (Fig.55); de entre todas ellas se escogió la tercera propuesta, debido a su sencillez y originalidad (Fig.56).



Fig.55-Distintas propuestas para el diseño de la base

Para aumentar la superficie de apoyo con el suelo y evitar daños en el mismo o incluso en el propio elemento, se han colocado cuatro elementos protectores en el extremo de cada apoyo.

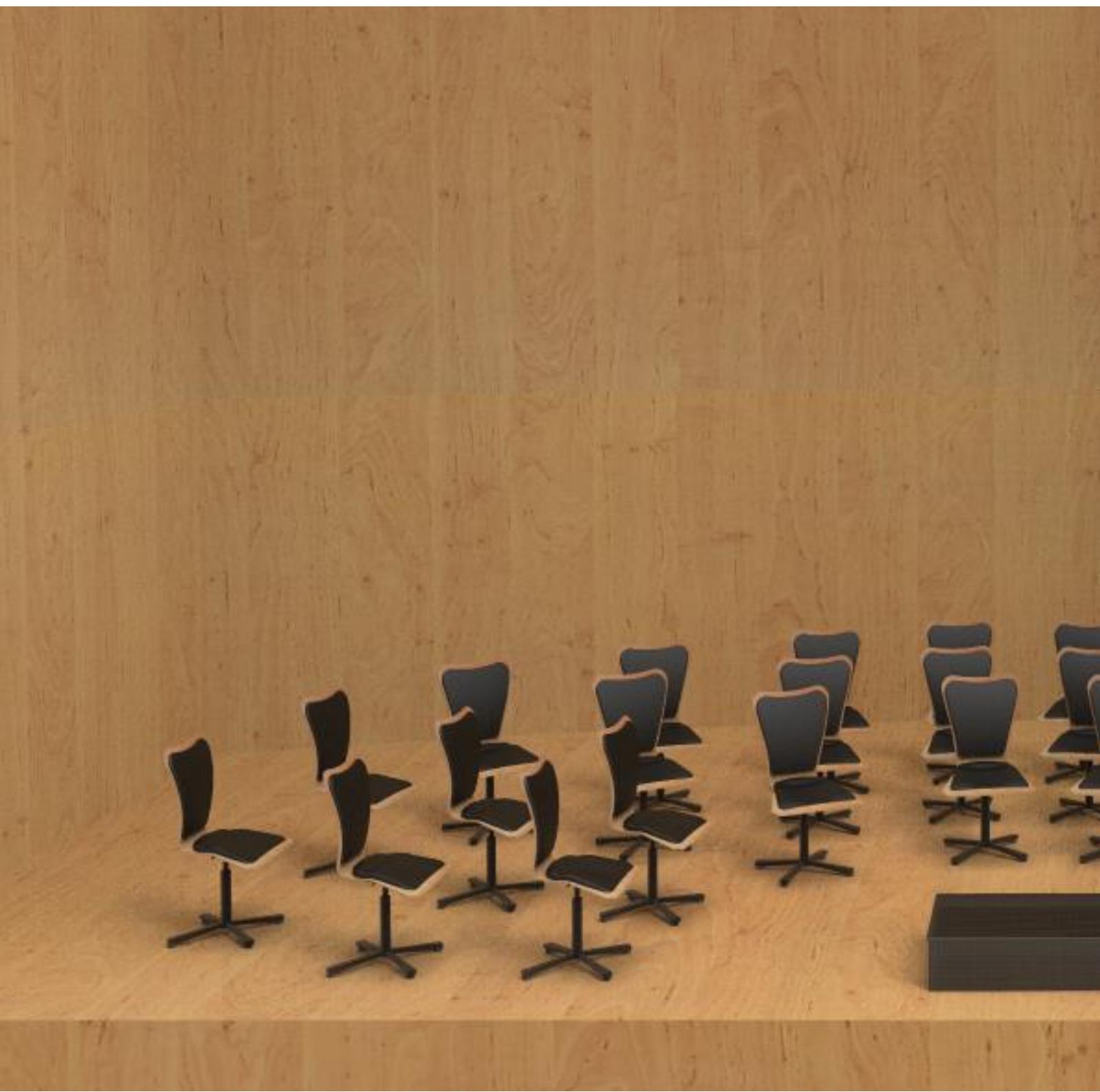


Fig.56-Modelo de base definitivo



Fig.57-Vistas principales del producto

Fig.58-Conjunto de sillas en un auditorio



Además, todo esto se ha logrado sin descuidar la estética. Es elegante y de aspecto profesional, y se adecua perfectamente al entorno. Está pensada especialmente para los auditorios modernos, que generalmente se revisten completamente en madera (Fig.58). Por ello, se ha combinado este material con el color negro, tal y como las prendas de los instrumentistas. El uso de elementos de bajas densidades en su mayoría y la simpleza del diseño hacen que la silla sea ligera y fácil de transportar, ya que el peso total apenas supera los 6kg (ver apartado *Cálculos*).

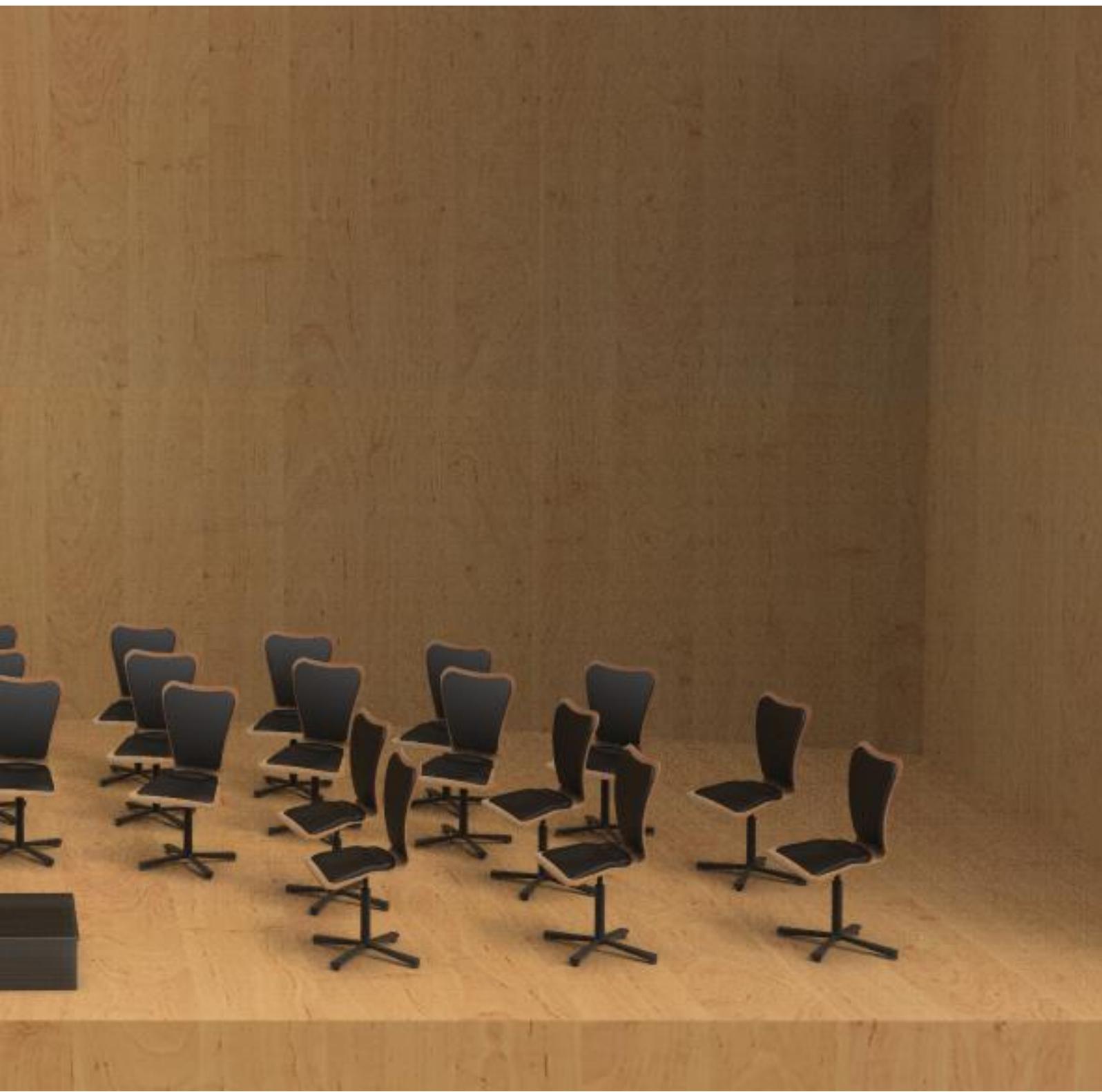


Fig.59- Silla con violonchelo



Fig.60- Silla con trompeta



7.3.1 DESCRIPCIÓN PORMENORIZADA DE LOS ELEMENTOS

En este apartado pasamos a detallar cada elemento del conjunto por separado, tanto aquellos que son de diseño propio como comerciales. Todas las especificaciones geométricas técnicas de los elementos propios se detallarán posteriormente en el apartado *Planos*; en el *Anexo III* pueden consultarse las especificaciones del fabricante de cada uno de los elementos comerciales.

Diseño propio

Asiento de madera

Junto con los cojines, se trata del grueso del proyecto. Ha sido la primera pieza en diseñarse, ya que da la forma principal al conjunto. Desde un primer momento se tuvo claro que el diseño debía incluir un apoyo de un material cómodo y blando que permitiese permanecer sentado durante largos períodos de tiempo, pero sin que el aspecto fuese de silla de oficina; para lograr una integración total en auditorios se escogió el uso de la madera como base del asiento, al que posteriormente se añadirían los cojines, que aportarían la comodidad al usuario, y ayudarían a mantener una postura correcta. (Fig.61 y 62)



Fig.61-Asiento de madera resaltado sobre el conjunto

Nos decantamos finalmente por un asiento y respaldo continuos, que diesen mayor unidad al conjunto, y se plantearon formas curvas que recordasen las geometrías de los instrumentos musicales de cuerda. Como requisitos ergonómicos fijamos las dimensiones comentadas en el apartado *Consideraciones ergonómicas*, y se mantuvo la idea del borde curvado, con un asiento de doble inclinación que tuviese la zona más alta en el lugar de apoyo de los isquiones, y que ésta fuese el punto de inflexión entre las dos inclinaciones. Se hicieron diversas pruebas para estudiar la inclinación más adecuada para el asiento, y finalmente se estableció una angulación de 10° para la parte delantera y de 3° para la trasera, como se mencionó anteriormente.

En la parte del respaldo se impuso la condición de ofrecer un buen soporte lumbar y de evitar una excesiva concavidad que obligase a las costillas a soportar el peso del tronco.



Fig.62-Asiento de madera

Cojín asiento

Es una de las partes más importantes en cuanto a comodidad y distribución de las cargas corporales. Las restricciones eran numerosas: elevación en la parte de los isquiones, liberación de toda la zona pudental... Para ello se proyectó una forma excesivamente cóncava en la parte central, con una gran elevación en los dos puntos de apoyo de los isquiones, y aportando un buen apoyo para los muslos. Además se incorporó una parte más elevada en la zona trasera central para proporcionar una mayor sujeción del sacro, de forma que el peso del cuerpo quede bien distribuido. (Fig.63 y 64)

Esta pieza será forrada con un tejido ignífugo de 900x400mm, y permanecerá sobre el asiento de madera gracias a un adhesivo industrial.



Fig.63-Cojín asiento



Fig.64-Cojín asiento resaltado sobre el conjunto

Cojín respaldo

En un primer momento se valoró la posibilidad de que los cojines fuesen también una única pieza, pero la calidad estética era mucho mejor si lo dividíamos en dos piezas, además de hacer la fabricación más sencilla. (Fig.65)

Para esta pieza no había apenas requisitos, simplemente proporcionar un apoyo cómodo y cálido, que salvase la rigidez de la madera. Por ello y para reducir el coste, se trata de una espuma de espesor constante (Fig. 66), cortada con una forma muy similar a la de la madera, y con las esquinas ligeramente redondeadas. Al igual que el cojín del asiento, será forrado con tejido ignífugo (pieza de 1000x500) y se utilizará adhesivo industrial para fijarlo a la madera.



Fig.65-Cojín respaldo resaltado sobre el conjunto



Fig.66-Cojín respaldo

Base de cuatro apoyos

Fabricado en acero al carbono y revestido con pintura negra en polvo, es el elemento que soporta todo el conjunto. A parte de la elevada resistencia que requiere, este elemento no tiene demasiadas exigencias a nivel funcional, por lo que la libertad de diseño fue mucho mayor. Estéticamente sí que se deseaba que se alejase lo máximo posible de una "silla de oficina", buscando algo más elegante y sofisticado. De este modo se rechazó un diseño de base con cinco apoyos (típico de este tipo de sillas), y se apostó por los cuatro apoyos, que siguen garantizando una buena estabilidad. (Fig. 67 y 68)

Los apoyos se inspiran en la geometría triangular, pero con formas redondeadas para dar mayor unidad al conjunto. Puesto que estos triángulos invertidos no ofrecen demasiada superficie de contacto con el suelo, se han añadido piezas de goma antideslizante, que veremos a continuación.



Fig.67-Base de cuatro apoyos



Fig.68-Base resaltada sobre el conjunto

Soporte de goma

Como ya comentamos, la superficie de contacto con el suelo que ofrece la base es escasa. Por ello, se han añadido cuatro soportes de goma (uno en cada apoyo), que no sólo ofrecen una mayor superficie de contacto, sino que además impiden que la silla pueda deslizarse accidentalmente, y evitan que el suelo o tarima sufran daños, así como que el acero sufra rayones en la superficie. Durante su diseño, se tuvo en cuenta el generalizado uso de las "correas de violonchelista". Se trata de, como su nombre indica, una correa con distintos agujeros que termina en un aro metálico o de madera, que es sujetado gracias a la pata de la silla, y que permite sostener la pica del violonchelo, evitando que ésta deslice. Para seguir permitiendo el uso de este accesorio, se impuso la condición de que estas gomas no superasen los 50mm de diámetro. Estarán fabricados en goma SBR, adherida a la superficie metálica directamente durante la vulcanización. (Fig.69 y 70)



Fig.69-Gomas antideslizantes



Fig.70-Gomas resaltadas sobre el conjunto

Elementos comerciales

Pistón de gas

Se ha decidido utilizar un pistón de gas comercial para reducir los costes de fabricación del producto (Fig.71). Es requisito fundamental que la silla no sea giratoria, ya que eso tendría un efecto negativo sobre la estabilidad del músico. La mayor parte de mecanismos de este tipo son giratorios, salvo aquellos que se diseñan para aplicaciones especiales, por lo que nos encontramos con un mercado muy reducido.

Para la selección, fueron necesarios ciertos cálculos que nos permitiesen averiguar la carrera necesaria del pistón (Ver apartado *Cálculos*). Además, se ha tratado de buscar un elemento a un precio asequible, por lo que la comparativa de precios ha sido también una parte importante del proceso. Finalmente nos decantamos por un pistón no giratorio STABILUS SOM SR, cuya carrera es de 136,5. La fuerza de extensión puede llegar a los 340N, y la de compresión a los 520N. El resto de detalles técnicos pueden consultarse en el *Anexo III*, donde se recopila toda la información relacionada con los elementos comerciales.

Este pistón irá montado sobre el cilindro de la base, quedando fijo en el interior gracias a las geometrías ligeramente cónicas, y se accionará mediante una palanca, alojada en el plato, elemento que veremos a continuación.



Fig.71-Pistón resaltado sobre el conjunto

Plato

Se denomina plato al conjunto que se coloca en la parte inferior del asiento, y que permite unir el sistema de elevación al mismo (Fig.72 y 73). Se trata de una placa metálica que incorpora la palanca, que al ser accionada abre y cierra la válvula del pistón, permitiendo regular la altura. Dispone de un tubo cilíndrico que alojará la parte superior del pistón, y cuatro taladros en las esquinas, donde se insertarán los remaches para fijar el asiento de madera.

Se ha escogido este modelo sencillo, ya que la silla no requiere regulación del respaldo ni de la inclinación del asiento (otros modelos más complejos incorporan estas funcionalidades). Es económico, discreto y funcional, y tiene un revestimiento de pintura en polvo negra.



Fig.72-Plato y palanca



Fig.73-Plato resaltado sobre el conjunto

Remaches POP 6x12

También denominado remache ciego, consta de una pieza alargada llamada vástago y el cuerpo del remache (Fig.74). Se trata de una unión fija, que nos permite unir firmemente dos elementos, como es el caso del asiento de madera y el plato.

Se han seleccionado este tipo de remaches, fabricados en acero, ya que son comúnmente utilizados en las sillas para centros educativos, y ofrecen una unión segura. Tal como indica su nomenclatura, tiene 6mm de diámetro y 12 de largo. Los datos técnicos pueden ser consultados en el *Anexo III*.

En total se colocarán cuatro, uno en cada taladro del plato, situados en los extremos del mismo (Fig.75).



Fig.74-Remache POP



Fig.75-Detalle de la colocación de los remaches

7.4 Logotipo e imagen de marca

La imagen de marca de un producto o empresa debe representar los valores y principios sobre los que se fundamenta. En este caso, el producto pretende transmitir principalmente la especialización, el usuario debe verse atraído por el producto, ya que se ha diseñado especialmente para él, para los músicos.

La imagen de marca sólo consta de logotipo, entendido como la entidad formada por texto y carente en su mayoría de iconos, aunque podría considerarse que el propio nombre es un grafismo que puede entenderse como imagen representativa del producto.

Una parte importante de la marca es el nombre, por ello se valoraron varias posibilidades; se buscaba una palabra breve, sonora, que pudiese hacer referencia a términos musicales pero sin ser demasiado explícita. Por ello, la decisión fue otorgarle el nombre de una nota musical: MI, musicians chair. Estas dos palabras, *musicians chair*, pretenden hacer énfasis en lo que comentábamos, la especialización del producto, orientado únicamente a un sector, la música.

El logotipo del producto (Fig.76) pretende ser coherente con la estética de éste y transmitir sus características principales. Por ello, se buscaba algo elegante y sencillo, basado en el color negro por su sobriedad y seriedad. Para evitar una imagen de marca completamente monocromática se decidió incorporar también el gris (Fig.77).

Las trazos que forman la palabra "MI" pretenden restar rigidez a la imagen (la música es algo libre, con movimiento), sin abandonar ese concepto de elegancia. En el nivel inferior, y en letras minúsculas se dispone la frase "musicians chair", que dado que el nombre no hace referencia directa al tipo de producto, pretende aclarar a qué nos referimos. En este caso, se ha utilizado la tipografía principal, seria, sencilla y legible, la *Humnst77* (Fig.77). Para una mayor unidad del conjunto, estas dos palabras no han sido espaciadas, si no que se diferencian la una de la otra por el cambio de tonalidad.



Fig.76-Logotipo



AaBbCcDdEeFfGg
HhIijjKkLlMmNnÑñ
OoPpQqRrSsTtUu
VvWwXxYyZz

Fig.77-Colores RGB de la marca y tipografía

8. MATERIALES

Dos importantes requerimientos de diseño son la elegancia del diseño, acorde con la estética de las salas de conciertos, y la reducción al máximo de los costos de fabricación para poder ofrecer un producto competitivo en el mercado. Estos dos factores han marcado enormemente la elección de los materiales.

Aunque no se ha fijado como requisito esencial la sostenibilidad y reciclabilidad del producto, se sobreentiende que siempre que sea posible se utilizarán los materiales más limpios y respetuosos con el medio ambiente.

En este apartado se llevará a cabo la explicación de los materiales utilizados en las piezas de fabricación propia y de sus características más significativas, justificando así su uso.

8.1 Madera contrachapada

La madera contrachapada se ha escogido para la pieza continua del asiento. Se trata de un tablero elaborado con láminas de madera pegadas unas sobre otras mediante resinas sintéticas, calor y presión, de tal forma que la fibra de cada chapa quede perpendicular a la adyacente.

Con este proceso se consigue aumentar enormemente la resistencia de la tabla en comparación con la madera natural, y la estabilidad dimensional es mucho mejor. También presenta la ventaja de ser menos pesada que la madera maciza, y más uniforme, ya que las propiedades mecánicas en ambas direcciones se igualan a medida que se superponen las chapas.



Fig.78-Distintos acabados para la madera contrachapada



Fig.79-Auditorio Miguel Delibes, Valladolid

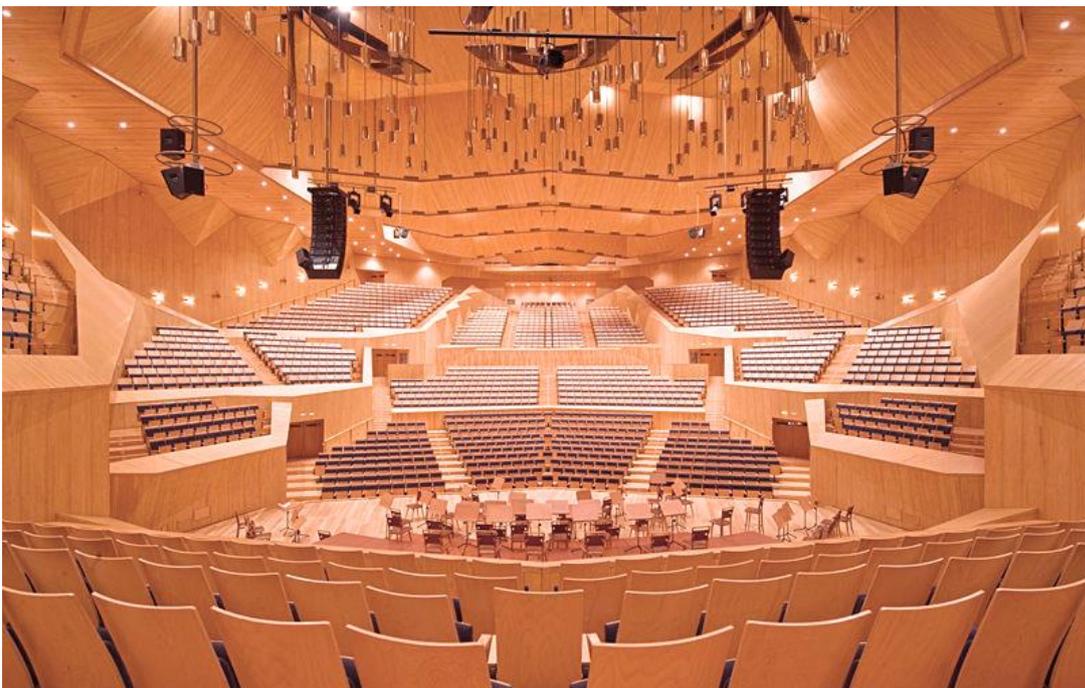


Fig.80-Auditorio y Palacio de Congresos de Zaragoza.

Como se puede apreciar, casi la totalidad de los elementos de los auditorios tienen presente la madera contrachapada. Incluso, las sillas del público siguen la misma línea que el diseño del presente proyecto.

En la actualidad se utiliza en numerosas construcciones industriales y en proyectos arquitectónicos, tales como los auditorios y salas de conciertos modernos (Fig.79 y 80). En estos últimos casos son habituales los tableros enchapados con maderas decorativas, que aportan un aspecto natural y sofisticado. También destaca su aplicación en muebles.

Permite ser curvado, característica especialmente importante para este proyecto.

Además, es un material reciclable, ya que la materia prima, la madera, es renovable, biodegradable y reciclable, y no contamina el medio ambiente. Además, el abedul, elemento principal del contrachapado, proviene de bosques de explotación controlada.

Todas estas propiedades lo convierten en un material ideal para la pieza del asiento. Nos ofrece una buena resistencia mecánica y gran ligereza, y permite ser curvado y cortado con las formas deseadas. Además, se adapta perfectamente al entorno para el que se ha diseñado gracias a la posibilidad de colocar una madera decorativa con buen acabado como chapa exterior. Recordamos, que la mayoría de auditorios modernos se recubren en su interior con paneles de madera contrachapada.

Existen numerosas variedades de contrachapado, dependiendo del tipo de madera que conformen las chapas. En este caso nos hemos decantado por el contrachapado finlandés. Si bien hubiera sido interesante el uso de materias primas nacionales, el abedul finlandés es el más utilizado en los contrachapados de los auditorios, por lo que nos hemos decidido por este material para preservar la armonía y coherencia del conjunto arquitectura–mobiliario.

Finlandia es el mayor productor europeo de contrachapados desde hace más de 100 años, gracias a su gran cantidad de bosques, que además se encuentran certificados por el FFCS (Sistema de Certificación de los Bosques Finlandeses) como bosques de gestión sostenible. Lo más habitual es el contrachapado de veta entrecruzada y encolada con adhesivo de resina fenólica¹⁷.

El contrachapado finlandés se clasifica según la calidad de sus chapas exteriores. Las cualidades de éstas no afectan a las propiedades estructurales del material, si no que únicamente hacen referencia a la calidad estética. Por ello, al ser un elemento fundamental en el diseño, y que requiere una gran calidad visual se ha seleccionado la calidad B(I), admitiéndose la calidad S(II) en caso de coste excesivo (Fig.81).

¹⁷ Resina sintética termoestable, resistente al calor y al agua, formada por condensación del fenol y el formaldehído, de gran resistencia al envejecimiento; empleada en la fabricación de productos moldurados, adhesivos y revestimientos superficiales

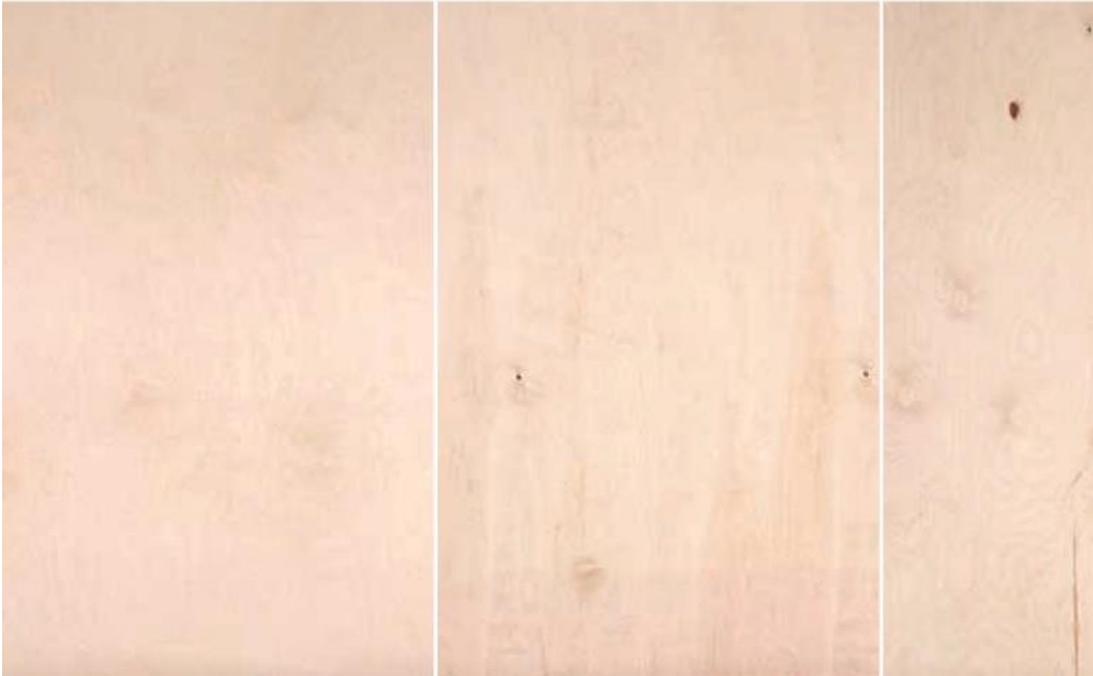


Fig.81-De izquierda a derecha: Calidad B(I), Calidad S(II), Calidad BB (III)

B (I): Se permiten nudos de hasta un diámetro de 5 mm. Se permiten otros nudos y agujeros de hasta 6 mm de diámetro, limitados a un diámetro acumulativo de 12 mm por m² . Se permiten fisuras y grietas cerradas hasta una longitud individual de 100 mm y una por metro de anchura del tablero. Se permite una ligera decoloración y vetas. Otros defectos limitados estrictamente.

Según los catálogos, para el espesor seleccionado para el asiento (12mm), el tablero estaría formado por 9 capas (Tabla 5). A continuación se muestran las tablas con las propiedades más reseñables de este material (Tablas 6, 7 y 8):

Contrachapado de abedul – Densidad a utilizar en el diseño (humedad relativa 65%)			
Espesor nominal	nº chapas	d media kg/m ³	d característica kg/m ³
12	9	680	630

Tabla 5- Densidad del contrachapado finlandés

Contrachapado de abedul - Propiedades de sección					
Espesor nominal	nº chapas	t medio mm	A mm/mm ²	W mm ³ /mm	I mm ⁴ /mm
12	9	12.0	12.0	24.0	144

Tabla 6- Propiedades de sección

Donde:

t = espesor

A = área

W = módulo de resistencia a la sección

I = momento de inercia del área

Contrachapado de abedul – Resistencia característica					
Flexión		Compresión		Tensión	
$f_m \parallel$ N/mm ²	$f_m \perp$ N/mm ²	$f_c \parallel$ N/mm ²	$f_c \perp$ N/mm ²	$f_t \parallel$ N/mm ²	$f_t \perp$ N/mm ²
42.9	33.2	27.7	24.3	40.0	35.0

Tabla 7- Resistencia característica

Donde:

∥ = paralelo a la veta de la cara

⊥ = perpendicular a la veta de la cara

f_m = resistencia a flexión

f_t = resistencia a la tensión

f_c = resistencia a la compresión

Contrachapado de abedul – Módulo de elasticidad medio			
Flexión		Tensión y compresión	
$E_m \parallel$ N/mm ²	$E_m \perp$ N/mm ²	$E_{t/c} \parallel$ N/mm ²	$E_{t/c} \perp$ N/mm ²
10719	6781	9333	8167

Tabla 8- Módulo de elasticidad medio

Donde:

\parallel = paralelo a la veta de la cara

\perp = perpendicular a la veta de la cara

E_m = módulo de elasticidad en flexión

E_t = módulo elasticidad en tensión

E_c = módulo elasticidad en compresión

8.2 Acero al carbono con recubrimiento en polvo

El acero es el principal producto siderúrgico, siendo el 90% de éste aceros al carbono (el 10% restante lo constituyen los aceros aleados). Estos aceros son también conocidos como aceros de construcción. La composición es compleja; además del hierro y el carbono (este último generalmente no supera el 1%) hay en la aleación otros elementos necesarios, como silicio y manganeso, y otros elementos que suelen ser impurezas.

Existen numerosos tipos de acero al carbono, según el contenido de este. Un aumento del contenido de carbono eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y ductilidad.

En este caso, nos decantaremos por una acero suave. Este tipo de aceros contienen un 0,25% de carbono, lo que le aporta una resistencia mecánica de 48-55 kg/mm², y una dureza de 135-160 HB. Permite ser soldado, y sus aplicaciones principales son piezas de resistencia media y buena tenacidad, y aquellas fabricadas en frío, embutición, plegado, etc.

Los elementos fabricados con este material (base y plato, aunque este último no es de fabricación propia) llevarán un revestimiento de pintura en polvo. Este tipo de recubrimiento se aplica como un fluido de polvo seco, que crea un acabado duro más resistente que la pintura convencional.

Tiene una doble función: la protección que garantiza al material base y el excelente acabo, pudiendo lograr gran variedad de colores y texturas.

Características Generales:

Excelente adherencia y flexibilidad

Resistencia a la abrasión, corrosión, químicos y manchas

Buena resistencia mecánica

Dureza y ductilidad al impacto, las torsiones y la deformación

Homogeneidad en el espesor

Gran durabilidad

Es destacable que no contiene solventes ni componentes especialmente nocivos o contaminantes, y el excedente puede ser reutilizado, por lo que se considera ecológico.

8.3 Espuma de poliuretano de densidad media

La Espuma de poliuretano es un material sintético y duroplástico, altamente reticulado y no fusible, que se obtiene de la mezcla de dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar: el isocianato y el poliol.

Hay dos maneras de obtenerlo: proyectando al mismo tiempo los dos componentes en una superficie, o por colada (mezcla de ambos materiales).

Este material plástico poroso, también conocido como *gomaespuma*, tienen una gran variedad de aplicaciones industriales debido a su gran calidad como aislante, aunque también está indicada para el tapizado de muebles y cojines, con piezas de densidades altas (en este caso HR de 30kg/m³ suave). Por ello, se ha escogido este material para la fabricación de los cojines, tanto el del asiento como el del respaldo, ya que aíslan del frío y del calor, tienen una elevada resistencia a la compresión, brindan elasticidad y

confort y son transpirables. Además, su mecanizado es sencillo y poco costoso, aspecto fundamental ya que las formas del asiento son complejas.

La variedad escogida, HR de 30kg/m³ suave, es un tipo de espuma de alta densidad, para cualquier tipo de peso, proporcionando un descanso suave, flexible y con una mayor durabilidad.

8.4 Tela ignífuga para eventos teatrales

El nombre comercial es Molton 300 gramos. Se trata de una tela ignífuga especialmente diseñada para escenarios y eventos teatrales, por ello es perfecta para recubrir nuestros cojines. Está fabricada íntegramente en algodón, lo que aportará comodidad y calidez al diseño. Al tratarse de un silla destinada a eventos, es imprescindible la seguridad, por ello han decidido utilizarse este tipo de telas para recubrir las espumas, que evitarán la propagación de las llamas en caso de incendio

8.5 Adhesivo industrial

En este caso se ha escogido un adhesivo industrial en base solvente, especializado en muebles y tapizados, de gran poder adhesivo. Con él podremos recubrir los cojines con la tela ignífuga y adherir el conjunto a la pieza de madera. Aunque puede servir otro adhesivo similar, se propone la utilización del compuesto S-300 de la marca Kefren Adhesivos.

8.6 Goma SBR

El caucho Estireno-Butadieno es el caucho sintético (se obtiene a partir del procesado de hidrocarburos) de mayor volumen de producción mundial, debido principalmente a su aplicación en la fabricación de neumáticos. Ofrece buenas características, principalmente por la altísima vida útil que presenta. Las propiedades mecánicas son excelentes, así como la resistencia al envejecimiento y a la temperatura (resiste entre -50° y 110°). En contraposición, la resiliencia es menor que la del caucho natural.

Un sector industrial donde también encuentra gran aplicación es en las piezas anti vibración y patas de goma (como en este caso, utilizado para los soportes de goma de la parte inferior de la base). En estos casos se utiliza una tecnología de producción algo particular, que veremos posteriormente en el apartado *Fabricación y Ensamblaje*, ya que la unión goma metal se hace gracias a un co-moldeado.

9. FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE

La fabricación y el ensamblaje nos permiten, a partir de los materiales anteriormente mencionados, llegar hasta el producto final. Como ya se ha visto, existen algunos componentes de diseño y fabricación propia, y otros comerciales. Por supuesto, los elementos propios han sido diseñados pensando siempre en el material y el proceso de fabricación al que están ligados, intentando buscar una armonía entre estos tres términos que satisfaga todos los requerimientos de cada pieza. Los elementos comerciales serán adquiridos en el mercado y únicamente precisarán de montaje, no será necesaria la fabricación.

En la fabricación y ensamblaje de un producto no hay una manera exclusiva de llegar hasta el producto final. Podemos utilizar distintos métodos, distinta maquinaria, o alterar el orden de las operaciones sin que esto afecte a las características del resultado final. Generalmente, los procesos de fabricación dependerán en gran medida del fabricante escogido y de la maquinaria que este disponga. Por tanto, lo descrito en este apartado es una de las alternativas posibles, no excluyéndose otros métodos de fabricación.

En este caso, el producto se compone de varios materiales muy distintos, por lo que será necesaria separar la fabricación de los mismos, y posteriormente unir los distintos elementos ya terminados en el ensamblaje.

9.1 Fabricación del asiento de madera

El tablero contrachapado necesita un proceso previo de formación, que ya se vio anteriormente. Consiste en la laminación de la madera de abedul, y la colocación de varias de estas láminas, unas sobre otras impregnadas en resinas sintéticas. Las fibras de estas láminas deben quedar perpendiculares unas a otras, lo que le aporta la gran resistencia al tablero. Mediante calor y presión se logrará el curado de la resina, consiguiendo el tablero: un tablero elaborado con láminas de madera pegadas unas sobre otras mediante resinas sintéticas, calor y presión, de tal forma que la fibra de cada chapa quede perpendicular a la adyacente.

El hecho de trabajar con madera laminada nos permite realizar curvaturas en espesores mayores (Fig.82). La flexibilidad que otorga la unión de láminas delgadas, pegadas y prensadas entre sí permite obtener piezas que serían imposibles de conseguir con madera maciza.



Fig.82- Gran curvatura lograda en un tablero laminado de gran espesor

Las herramientas son básicamente prensas, adhesivo y moldes. Éstos últimos generalmente se fabrican en aglomerado, ya que son económicos y ecológicos. En primer lugar se cortarán las láminas de madera por métodos CNC para lograr una mayor precisión (preferiblemente corte láser, que permite gran precisión y buen acabado). Por último, utilizando los moldes, prensaremos estas láminas previamente impregnadas de adhesivo, de manera que éstas copien la forma del contramolde.

Esta técnica es laboriosa ya que debemos cortar cada lámina por separado, y existe un tiempo de secado para el adhesivo. Éste puede ser acelerado mediante métodos de secado por alta frecuencia.

Sin embargo, los resultados son excelentes. El nivel de recuperación del material es bajo, ya que el adhesivo entre láminas actúa como ancla segura para mantener la forma, y además el porcentaje de piezas defectuosas es bajo.

Una vez respetado el tiempo de curado, podemos extraer la pieza del molde, que se dejará con un acabado natural.

9.2 Fabricación de los cojines

En este caso la espuma de poliuretano se cortará con una máquina de corte por hilo caliente gobernada por un sistema CNC. Este sistema garantiza una precisión absoluta que, junto con un equipo dotado de mesa giratoria nos permitirá lograr geometrías más complejas.

Se utiliza un hilo capaz de soportar temperaturas de hasta 980°. Éste al ser calentado permite un corte preciso de piezas blandas como es el caso de la espuma de poliuretano, con un acabado excelente al producir calentamiento solo en una pequeña zona.

Una vez cortada la espuma se realizará el tapizado de la misma con la tela ignífuga, previamente cortada.

9.3 Fabricación de la base

En este caso, la totalidad de la pieza no se fabricará por el mismo proceso, si no que se dividirá en partes. Por una parte tendremos el cilindro central, fabricado por torneado, y por otra las patas, fabricadas individualmente por moldeo en arena. Posteriormente ambos elementos serán unidos de forma permanente mediante soldadura por arco con electrodo revestido.

9.3.1 TORNEADO DEL CILINDRO CENTRAL

El torneado es un procedimiento para crear superficies de revolución por arranque de viruta, por tanto es un proceso mecánico. La máquina utilizada se denomina torno.

En esta máquina, la pieza tiene un movimiento rotatorio y la herramienta lineal. El desplazamiento de la herramienta de corte nos permite separar una viruta gracias a la fuerte presión de la arista cortante sobre la superficie trabajada.

La pieza a mecanizar irá amarrada mediante un sistema de fijación (plato de garras, pinza...) y la herramienta irá fijada a un soporte y torreta, gobernado por un sistema CNC.

De esta forma, y a partir de un tocho podremos mecanizar el cilindro (Fig.83), siendo necesarias operaciones como el refrentado y el cilindrado (tanto de la cara exterior como de la interior), consiguiendo así la geometría requerida con un buen acabado.



Fig.83- Detalle del cilindro central

9.3.2 FUNDICIÓN EN ARENA DE LOS APOYOS O PATAS

La fundición en arena es de los procesos más utilizados para la fabricación de piezas metálicas, ya que prácticamente todas las aleaciones pueden fundirse en arena; ofrece una gran versatilidad, pudiendo realizar elementos muy pequeños o muy grandes, y tanto para cantidades de producción elevadas como para una pieza única.

Básicamente consiste en vaciar el metal fundido en un molde de arena, dejarlo solidificar y posteriormente romper el molde para extraer la pieza. Posteriormente la fundición debe pasar por un proceso de limpieza e inspección.

De esto se deduce que es necesario un molde o recipiente construido previamente con la forma en negativo de la pieza a obtener. Para la fabricación del molde es necesario un modelo o patrón de la pieza (que generalmente es algo más grande que la pieza, considerando la contracción que sufrirá durante el moldeo). Si la pieza es hueca es necesario fabricar también los machos (piezas que recubren los huecos interiores).

En este caso, el molde estará fabricado en arena verde. El término "verde" hace referencia al hecho de que el molde contiene humedad en el momento del vaciado. Esta se compacta con agua y arcilla en el interior de una caja de moldeo, que suele ser de madera o acero.

Se ha escogido este método debido a la complejidad de las formas de los apoyos (Fig.84), ya que de esta manera logramos obtener la pieza con un único proceso y con un buen acabado. Como ya se comentó, cada apoyo se moldeará por separado.



Fig.84- Detalle de uno de los apoyos

9.3.3 SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO

Este tipo de soldadura tiene su aplicación fundamental en la unión de piezas de metales férreos, por lo que es ideal para unir los apoyos moldeados al cilindro central.

El fundamento de esta soldadura es la diferencia de potencial que se establece entre el electrodo y la pieza a soldar, o metal base. Esto provoca la ionización de la atmósfera circundante, por lo que el aire pasa a ser conductor, creando un baño de fusión donde se irá depositando el electrodo fundido, originando así un cordón de soldadura.

Así pues, la fuente de calor que funde el electrodo es el arco eléctrico. El propio revestimiento del electrodo actuará como protección y como material de aportación.

Existen diversos tipos de revestimientos, que influyen de manera decisiva en la penetración de la soldadura, la pureza del baño, etc. Se propone para este caso el electrodo de rutilo.

9.4 Fabricación de los soportes de goma

Como ya mencionamos, este elemento estará fabricado con goma SBR, y requiere una tecnología de producción un poco particular: la goma se vulcaniza directamente sobre la pieza de acero.

La vulcanización es un proceso químico mediante el cual el caucho crudo es calentado en presencia de azufre, haciéndolo más duro y resistente. El polímero se modifica mediante la formación de enlaces cruzados entre las distintas cadenas. Existen varios

métodos para realizar este proceso; uno de los más importantes combina alta presión y temperatura durante el moldeo. Sin embargo, para este tipo de piezas no se utiliza un moldeo convencional, si no que la parte metálica, debidamente tratada, se introduce en el molde junto con la goma. Se obtiene así un co-moldeado con una adhesión excelente entre las dos partes; esto se debe, a que el caucho antes de vulcanizar es excesivamente pegajoso. En este estado, se adhiere al metal, y las superficies que no queden en contacto con éste, al ser curadas, obtendrán un acabado suave y liso. Por tanto, estas dos partes ya quedarán ensambladas tras la fabricación.

9.5 Ensamblaje

En este apartado se va a describir la unión y montaje de las distintas piezas, de manera que a partir de los elementos constituyentes ya fabricados podamos llegar al conjunto final.

Podemos dividir el ensamblaje de la silla en dos fases: la fase de ensamblado en fábrica, y la fase de montaje, realizada en el lugar de destino.

Esto se debe a que, en esta fase debemos pensar también cómo será la distribución de nuestro producto; al tratarse de una silla, si se distribuye completamente montada, y al no ser apilable, el escaso aprovechamiento del espacio provocaría que se elevasen enormemente los costes de distribución. Por ello, se ha tomado la decisión de dejar al usuario una pequeña parte del montaje, que sea sencilla y que no requiera de herramientas, de forma que el embalaje del producto sea mucho más reducido y se optimicen los costes de transporte, material, etc.

9.5.1 ENSAMBLAJE EN FÁBRICA

El ensamblaje del producto es sencillo y no requiere de maquinaria compleja. Será realizado de forma manual por un operario.

En primer lugar se unirá el plato al asiento de madera mediante los cuatro remaches anteriormente mencionados. Para ello únicamente será necesaria una remachadora. Los remaches POP son remaches ciegos de rotura de vástago. Su funcionamiento es sencillo: en primer lugar introducimos el cuerpo del remache en el alojamiento. El vástago en su extremo tiene una cabeza de mayor diámetro que el mismo; al introducir éste en la remachadora las mordazas comienzan a tirar del vástago, por lo que la cabeza comienza a deformar el cuerpo, creando así la unión fija. Finalmente el extremo sobrante del vástago rompe y se separa del remache (Fig.85).

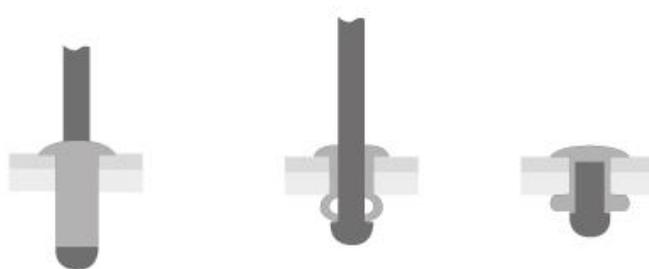


Fig.85- Proceso de remachado

Para fijar mediante este método los dos elementos, introduciremos el cuerpo del remache desde la parte inferior, haciendo coincidir los taladros de ambas partes (Fig.86). Con ayuda de la remachadora, comenzamos el proceso, de manera que se deforme la parte superior, creando la unión fija, y retirando el vástago sobrante (Fig.87).



Fig.86- Introducción de los remaches



Fig.87- Asiento y plato remachados

Una vez realizada la unión entre el asiento de madera y el plato, el siguiente paso será adherir los cojines, previamente tapizados, a la superficie de madera (Fig.88). Para ello se utilizará el adhesivo industrial anteriormente mencionado para impregnar la superficie y se esperará a que éste seque por completo.



Fig.88- Colocación de los cojines sobre la madera, previamente remachada



Fig.89- Resultado de la parte superior tras el ensamblaje en fábrica

9.5.2 MONTAJE

Tras el transporte del producto, éste deberá ser terminado de montar por el usuario. Se ha procurado que, cuando el producto llegue al cliente, sólo queden pequeños detalles por hacer, para evitar que este tenga que dedicar gran cantidad de tiempo en el montaje. Por tanto, el trabajo que requiere al usuario es mínimo, y no precisa de ninguna herramienta.

Como vimos al principio, el producto consta de cuatro subconjuntos principales: Base, sistema de elevación, asiento de madera y cojines. Estos dos últimos ya han sido ensamblados en fábrica por lo que sólo quedará unir tres subconjuntos.

A continuación se muestra una imagen del producto tal y como lo encontrará el usuario una vez extraído del embalaje (Fig.90).



Fig.90- Piezas contenidas en el embalaje

En primer lugar el usuario deberá insertar la parte inferior del pistón (la zona más ancha) en el cilindro de la base. El pistón posee una geometría troncocónica que permite introducirlo fácilmente; será necesario realizar una ligera presión hasta que éste quede perfectamente encajado (Fig.91).



Fig.91- Montaje del pistón sobre la base y detalle de la forma troncocónica

Por último, realizaremos el mismo proceso con la parte del asiento y el pistón. Éste dispone de una zona troncocónica en la parte superior donde se insertará el cilindro del plato, quedando fijo al realizar una pequeña presión (Fig.92). El usuario debe asegurarse de colocar el asiento de manera que los cuatro apoyos de la base dejen libre la zona delantera, es decir, los dos apoyos delanteros deben formar un ángulo de 45° con respecto al eje de simetría del asiento (Fig.93).



Fig.92- Montaje del conjunto asiento sobre el pistón

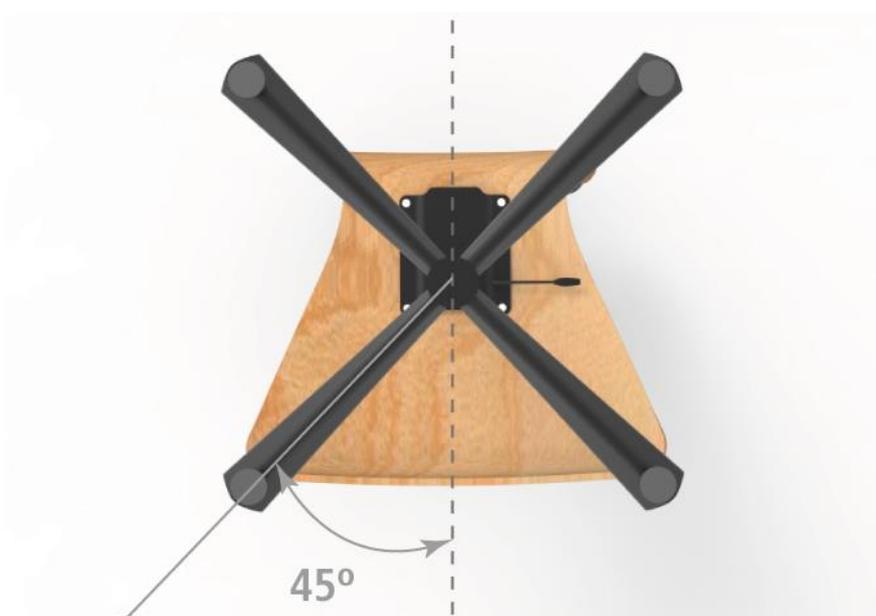


Fig.93- Correcta colocación del asiento, desde vista superior

9.6 Embalaje

Para el transporte del producto y la reducción de los costes del mismo, el producto se transportará embalado en una caja de cartón. Ésta será de geometría prismática simple, con unas dimensiones totales del 625x510x565, y se fabricará en cartón corrugado *Single Wall*, constituido por dos planos a los que se adhiere un refuerzo central formado por un papel ondulado, de forma que se crea una estructura similar a un *sándwich*, pegado mediante un adhesivo durante la fabricación.

Este material es ligero y muy resistente al peso gracias a la mencionada estructura de los paneles. Además, es reciclable, fácil de tintar y económico.

Se ha procurado reducir al máximo las dimensiones de la caja para lograr un mayor aprovechamiento del espacio durante el transporte (Fig.94).

Se ha realizado también una propuesta para el diseño gráfico exterior, de líneas sencillas y con impresión en tinta blanca (Fig. 95 y 96).

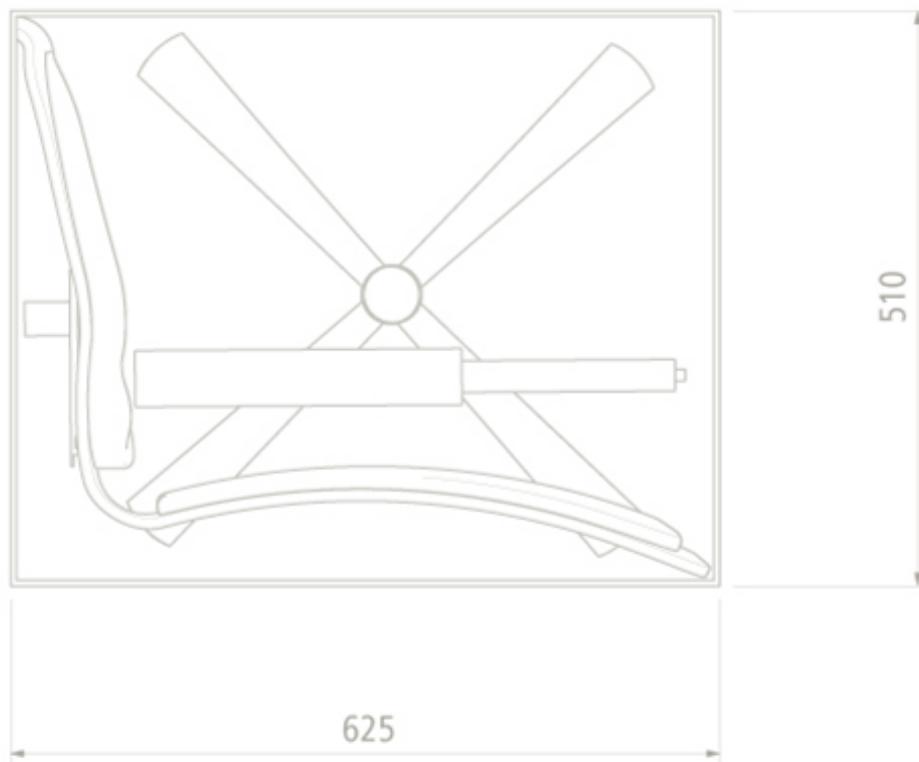


Fig.94- Distribución interior de la caja, en vista superior



Fig.95- Propuesta de diseño gráfico para el embalaje



Fig.96- Varias unidades apiladas junto con modelo de silla

10. PROTOTIPO

Se ha fabricado un prototipo conceptual del producto a escala 1:5 con el fin de comprobar físicamente las características del producto y las dimensiones de cada pieza.

De esta manera podemos verificar el diseño, y además nos ayudará a comunicar mejor nuestro producto, ofreciendo no sólo una representación visual sobre el papel, sino un modelo físico, tangible.

IMPRESIÓN 3D, LA FÁBRICA DE INVENTOS

El equipo de *La Fábrica de Inventos* me ofreció la posibilidad de realizar un prototipo del producto mediante impresión 3D. Gracias a su ayuda y colaboración, se modificó el modelo 3D de cada parte para lograr elementos similares a los originales pero que pudiesen ser impresos y pegados de forma sencilla. A partir de estos se elaboró el programa de impresión.

Se utilizó una impresora BQ WITBOX 3Dprinter. La impresión 3D permite crear un objeto tridimensional a partir de la superposición de capas sucesivas de material plástico, el cual es calentado ligeramente por debajo de su punto de fusión, y en este estado de ductilidad es extruido, logrando la deposición del mismo. El cabezal de extrusión funciona como una máquina de control numérico (CNC), pero con cuatro ejes. El material se provee en forma de filamento, en bobinas.

Todos los elementos han sido impresos en PLA¹⁸, aunque se han utilizado distintos materiales:

Asiento de madera: Fue dividido en dos mitades para evitar la necesidad de soportes en la fabricación. El material utilizado fue PLA blanco de filamento rígido, que tras la impresión fue pegado y pintado en color ocre con pintura en spray, para lograr un aspecto similar a la madera contrachapada.

Cojines: Ambos cojines fueron divididos también en dos mitades, por su eje de simetría. En este caso, y para simular el tacto de la espuma, el material utilizado fue PLA negro Filaflex, un filamento altamente flexible.

Una vez impresos todos los elementos se han unido mediante pegamento de contacto. A continuación se muestra el resultado final (Fig 97-100).

¹⁸ El Ácido Poli-láctico (PLA) es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. Es un producto muy versátil que tiene muchas aplicaciones, incluyéndose los filamentos para impresión 3D. Al ser un termoplástico nos permite fundirlo, y presenta la ventaja de solidificar rápidamente.



Fig.97- Prototipo en perspectiva



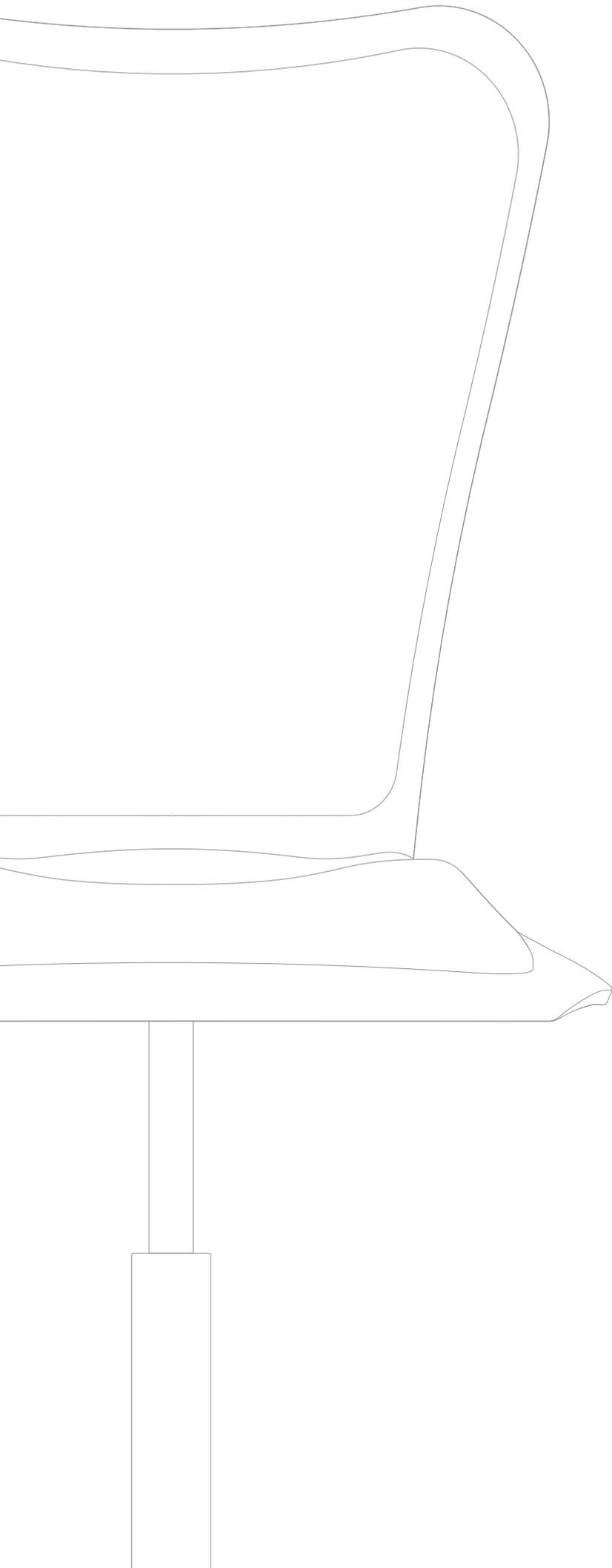
Fig.98- Detalle asiento prototipo



Fig.99- Vistas del prototipo



Fig.100- Detalle asiento prototipo



1. INTRODUCCIÓN

En este apartado van a exponerse los cálculos necesarios para la realización del proyecto. A pesar de que suceda al apartado *Memoria*, realmente los cálculos y el desarrollo de producto se realimentan mutuamente; es decir, para realizar un diseño se requieren ciertos cálculos previos que nos permiten obtener, por ejemplo, algunos aspectos dimensionales. Posteriormente, se deben volver a realizar ciertas medidas (especialmente de resistencia, peso...) que aseguren que nuestro diseño cumple con las especificaciones necesarias. Si esto no es así, debemos volver a la fase de diseño para realizar los cambios oportunos, hasta dar con la solución idónea.

Por tanto, trataremos en primer lugar los cálculos dimensionales previos al diseño. Una vez concretadas las medidas básicas del producto puede dar comienzo el diseño de detalle. Es necesario realizar pruebas de resistencia a aquellos elementos que se van diseñando, de forma que podamos escoger espesores, materiales, perfiles... Pero antes es necesario estimar el peso que soportará cada elemento, y establecer la dirección de dichas cargas. Se mostrarán también los cálculos de éstas fuerzas y los análisis de resistencia, que validarán el diseño, y que nos indicarán los materiales más adecuados para el producto, y si es necesaria alguna corrección en la geometría si existen puntos críticos.

2. CÁLCULOS DIMENSIONALES

La mayor parte de cálculos dimensionales derivan, en este caso, de requerimientos ergonómicos. Nos basaremos entonces en la antropometría para justificar muchas de las decisiones tomadas, no sólo en el dimensionado de aquellos elementos de fabricación propia, sino también en la selección de elementos comerciales.

2.1 Pistón gas

Un requisito fundamental de la silla es que todos los usuarios puedan apoyar los pies en el suelo por completo, manteniendo una postura correcta. Esto sólo se logra si la altura del asiento es regulable, de forma que se adapte a las distintas alturas de cada persona. Para ello se tomó la decisión de utilizar un pistón de gas comercial.

Tal y como se muestra en la Tabla 9 (extracto de la Tabla 1, apartado 7.2.2 de la *Memoria*), sería deseable que la silla ofreciese a los usuarios una altura para el poplíteo de entre 353 – 523 mm (Correspondientes al percentil 5 de las niñas de 12 años y al percentil 95 de los varones juveniles). Aunque generalmente la altura poplíteo se relaciona con la altura del asiento, en este caso debemos tener en cuenta que nuestro asiento está inclinado hacia delante, por lo que no podemos hacer coincidir estos términos, y precisaremos de más cálculos.

De la variación de altura se deduce que la carrera deseada para el pistón sería de 170mm:

$$523 - 353 = 170\text{mm}$$

Desafortunadamente, no existen pistones a gas comerciales para sillas de una carrera tan alta (puesto que nos hemos propuesto el diseño de una silla que abarca numerosas edades), y el diseño y producción de un nuevo pistón adaptado a nuestras exigencias encarecería la fabricación del proyecto. Realizando una investigación en la web sobre posibles proveedores de pistones de este tipo, una de las medidas estándar habituales de mayor carrera, teniendo en cuenta que el pistón necesario no debe de ser giratorio, es de 136,5mm (que en realidad, constituye una carrera efectiva de $133,5 \pm 3$).

Por tanto, se ha decidido modificar la altura mínima, dando prioridad a la población adulta, ya que sólo un breve porcentaje de niñas de 12 años notarán la silla un poco alta, y que realmente esto sólo sucederá en un breve periodo de su vida, siendo una edad de rápido crecimiento.

Así pues, manteniendo la altura máxima, y modificando la mínima con respecto a la carrera del pistón, obtenemos que la altura mínima será:

$$523 - 133,5 = 389,5\text{mm}$$

Por tanto, quedarán incluidos el P5 de los niños de 12 años, y el P50 de las niñas de 12 años.

		HOMBRES	MUJERES
12 años	P5	358	353
12 años	P50	390	388

Tabla.9- Extracto de la Tabla1: altura poplítea en población infantil de 12 años

Sabiendo estos datos, se ha seleccionado un pistón de gas no giratorio diseñado para sillas elevables con usos específicos. La empresa proveedora es STABILUS, y el modelo seleccionado es el STABILUS SOM SR, cuyas especificaciones técnicas pueden apreciarse en el *Anexo III*.

2.2 Base de cuatro apoyos

Una vez diseñado el asiento y escogido el pistón de gas comercial, debemos calcular cual debe ser la distancia a la que se eleve el pistón del suelo para mantener las medidas requeridas. Recordemos que finalmente la altura poplítea que debe ofrecer la silla a los usuarios oscilará entre los 523 y 389,5mm, y que según las especificaciones

del fabricante de STABILUS SOM SR, la longitud del mismo en extendido es de 476mm y en comprimido de 342,5mm.

Se estima que la altura poplíteo coincidirá con la altura del borde de la silla (Fig. 101). Teniendo en cuenta las medidas del pistón y la colocación del asiento, deducimos que la distancia entre la base del pistón y el hueco poplíteo será:

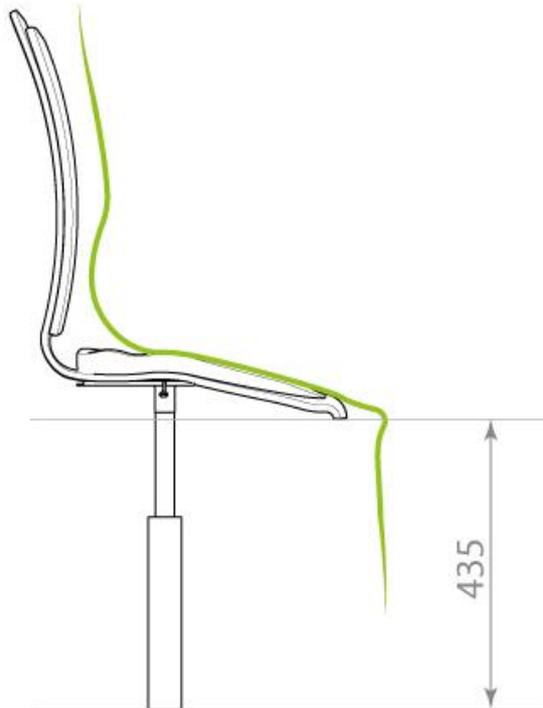


Fig.101-Localización del poplíteo de un usuario sentado en la silla para músicos. La medida está calculada con el pistón completamente extendido.

Por tanto, la distancia entre la parte más baja del asiento y la base del pistón de gas será 435mm con el pistón completamente extendido, y puesto que este tiene una carrera de 133,5mm, la distancia con el pistón comprimido será de 301,5mm:

$$435 - 133,5 = 301,5\text{mm}$$

Se deduce entonces que para lograr una altura total respecto del suelo de entre 523mm y 389,5mm (Fig.103):

$$435 + x = 523\text{mm}$$

$$301,5 + x = 398,5\text{mm}$$

De donde se resuelve que $x=88\text{mm}$, que responde a la altura a la que debe colocarse el pistón con respecto del suelo. Por tanto, la base se formará por cuatro apoyos reunidos en una parte central cilíndrica que contendrá la base del pistón y que lo sustentará a una altura de 88mm sobre el suelo (Fig.102).

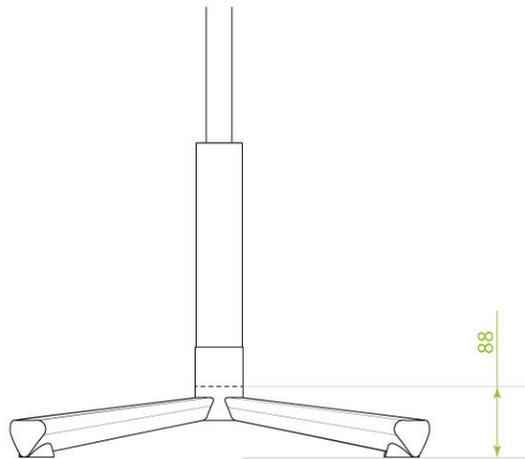


Fig.102-Altura del pistón con respecto al suelo

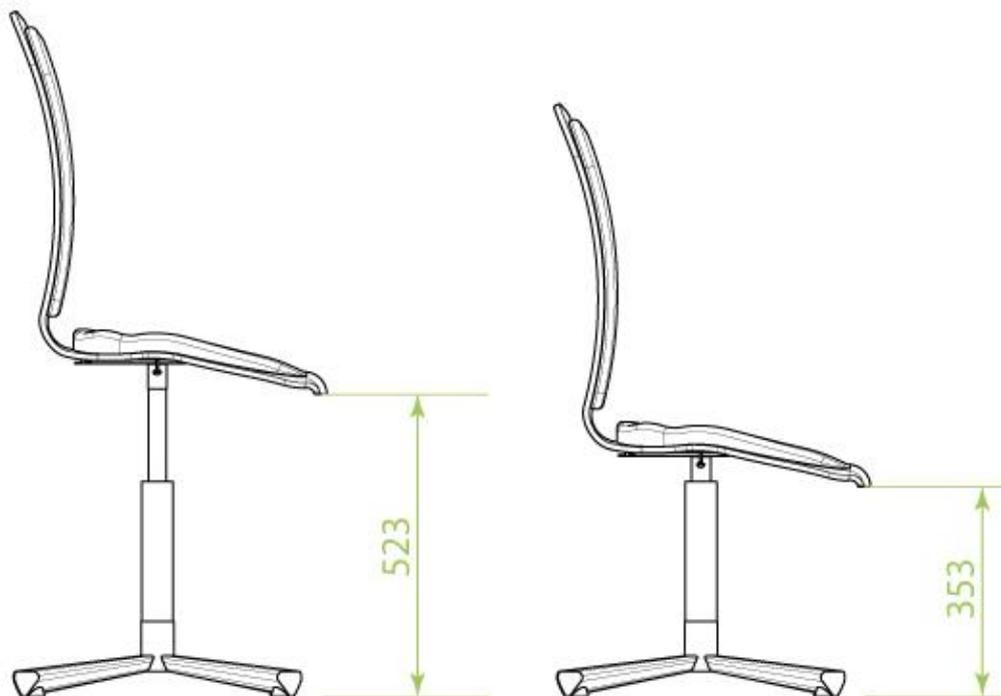


Fig.103-Silla con el pistón en posiciones extremas: completamente extendido y comprimido

3. CÁLCULOS DE RESISTENCIA

En este apartado se describe el estudio realizado a los elementos de diseño propio que van a someterse a cargas. Se pretende validar el diseño y el material escogido, de forma que aseguremos que nuestro producto es seguro y duradero. Se considera necesario hacer varios ensayos sobre el asiento, ya que al tratarse de una pieza continua curvada podría ofrecer algún problema de resistencia, y sobre la base, que recibirá todo el peso del usuario, el asiento y el pistón.

El pistón, al ser un elemento comercial diseñado específicamente para sillas ya ofrece la garantía del fabricante, por lo que no será necesario realizar análisis.

3.1 Cálculo del peso

Antes de comenzar los cálculos, que se realizarán mediante programas informáticos de análisis por elementos finitos, debemos estudiar qué peso van a tener que soportar los elementos. Además del propio usuario (que tal como establece la normativa de sillas de uso no doméstico deberá estar preparada para soportar 110kg), debemos tener en cuenta que algunos instrumentos tienen un peso muy elevado. Es el caso de los instrumentos de viento metal; el más pesado es la tuba, que normalmente ronda los 10kg, pudiendo llegar a pesar hasta 15kg.

Realmente, una buena postura exige que parte del peso corporal recaiga en las extremidades inferiores, y que los isquiones soporten solamente el 75% de las cargas. Sin embargo, debemos considerar que en algún momento puede no repartirse correctamente el peso, por ejemplo podemos necesitar elevar los pies del suelo. Debemos ponernos en el caso extremo en el que la silla soporta el 100% del peso corporal y del instrumento.

El asiento deberá soportar como mínimo los 125kg, de forma que pueda usar la silla un instrumentista de tuba de 110kg. En cualquier caso, es conveniente sobredimensionar ligeramente el producto, por ello, realizaremos los análisis suponiendo una carga de 150kg, lo que equivale a aproximadamente 1500 Newtons.

Por otra parte, se calcula que el respaldo soportará como máximo un 40% del peso corporal si nos apoyamos completamente sobre él. Por tanto, sobre este elemento se ensayará con una carga perpendicular al mismo de 600N.

Así mismo, debemos calcular el peso de la silla, ya que la mayor parte de elementos serán sustentados por la base, y debemos incluir este peso a los cálculos. Los siguientes datos han sido obtenidos gracias a las mediciones del software CATIA:

Peso del asiento de madera: 2787,44gr

Peso cojín asiento: 23,25gr

Peso cojín respaldo: 24,73gr

Peso plato: 483,22gr

Peso palanca: 18,56gr

Peso remaches (x4): 29,54gr

Peso pistón gas (aproximado): 500gr

Peso base: 2315,81gr

Peso gomas antideslizantes: 23,56gr

Peso total de la silla: 6206,11gr

Como se puede observar, se trata de una silla muy ligera en comparación a las sillas de oficina, las cuales suelen tener un peso superior a los 10kg.

3.2 Ensayos sobre el asiento

El asiento es uno de los elementos más peligrosos, como ya se ha comentado anteriormente.

El análisis se va a realizar mediante la simulación informática, por el método de los elementos finitos. Esto implica que, a partir de la geometría 3D generada podemos establecer unas condiciones de contorno que se asemejen a las restricciones reales de la pieza, y aplicar las cargas pertinentes a cada punto o superficie.

Para este análisis se colocarán cuatro restricciones fijas (empotramientos) en los taladros realizados a la pieza, dónde ésta se remacha al plato y por tanto a toda la estructura de la base. En cuanto al material, se ha escogido la madera contrachapada; la mayoría de sus propiedades vienen determinadas en las tablas del apartado 8.1 de la *Memoria*, a excepción del límite elástico, que se aproxima a los 150 MPa.

Se expondrá a una carga de 1500N, aunque se van a analizar distintos supuestos, en los que esta carga se repartirá de formas distintas:

DOS CARGAS PUNTUALES EN LA ZONA DE LOS ISQUIONES

En teoría, el peso del tronco se distribuye hacia los isquiones, y el peso de las extremidades inferiores recae sobre los pies. Sin embargo, es evidente que en la práctica el peso no recae únicamente en dos puntos, si no que se transfiere por toda la superficie de apoyo.

Analizaremos este supuesto teórico, ya que si el usuario adquiere una postura correcta la mayor parte del peso del tronco sí que recaerá sobre las tuberosidades isquiáticas, aunque el cojín la repartirá ligeramente sobre la superficie. Aunque durante la práctica parte del peso recaerá sobre los pies, habrá momentos en los que éstos no reciban peso y la totalidad recaiga sobre el usuario. Por tanto la simulación se realizará con una carga total de 1500N en la zona más elevada del asiento, puesto que se considera el caso más crítico (Fig.104).

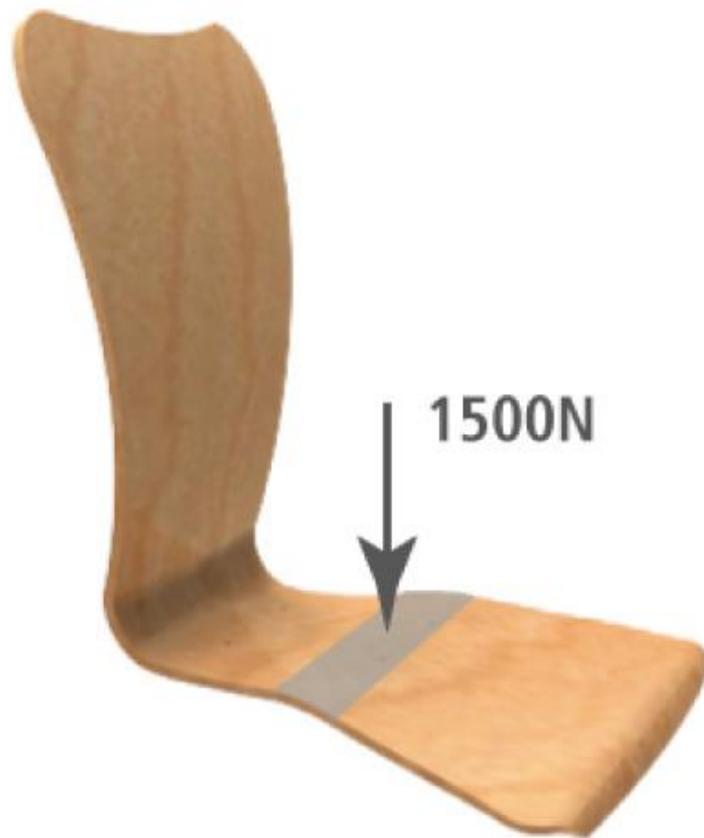


Fig.104-Superficie sobre la que se aplica la carga en el ensayo 1

Como se aprecia en las siguientes imágenes (Fig.105), la tensión máxima bajo estas condiciones se localiza en los dos taladros delanteros, siendo el valor máximo de 80,62MPa; por tanto concluimos que bajo estas cargas la pieza no plastifica, ya que los valores son muy inferiores al límite elástico del material.

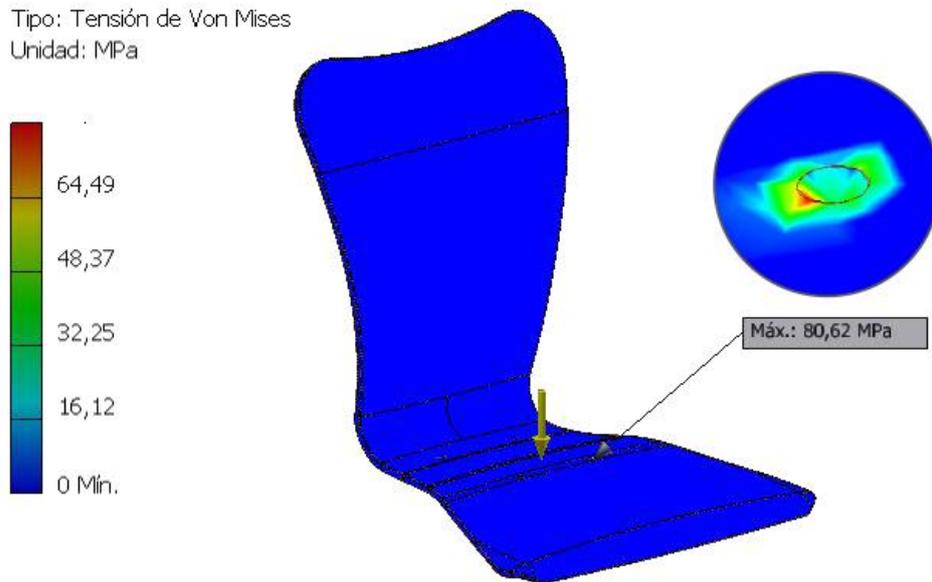


Fig.105-Localización de la tensión máxima de Von Mises

En cuanto a los desplazamientos (Fig.106), los valores máximos se encuentran en la zona superior del respaldo, aunque apenas supera el medio milímetro, por lo que el resultado es favorable.

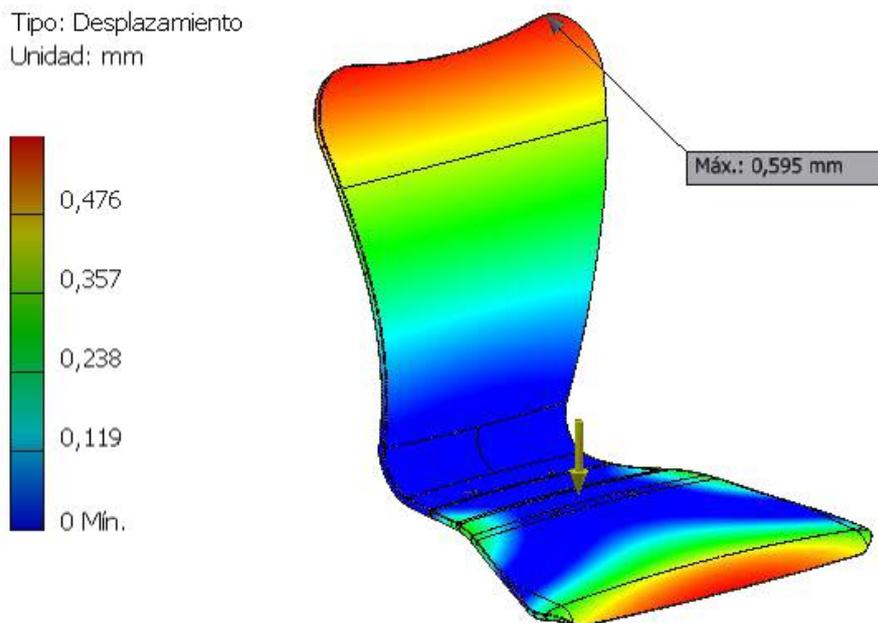


Fig.106-Diagrama de desplazamientos

CARGA REPARTIDA POR TODA LA SUPERFICIE DEL ASIENTO

Aunque las cargas no se reparten por igual sobre toda la superficie, la existencia de un cojín sí que provoca que esas cargas, que en el usuario se dirigen hacia los isquiones, lleguen a la superficie de la madera más o menos repartidas. Éste supuesto se acerca más a la realidad que el caso estudiado anteriormente.

Al situar el total del peso corporal sobre la base del asiento, estamos simulando el caso en el que el usuario no se apoya sobre el respaldo. De nuevo hacemos hincapié en que una postura correcta durante la práctica debería implicar que el 25% del peso recaerá sobre los pies. Pero en el caso más crítico esto no sucederá. Por ello se ha decidido colocar una carga total de 1500N (Fig.107).



Fig.107-Superficie sobre la que se aplica la carga en el ensayo 2

De nuevo encontramos los valores de tensión máxima en los taladros delanteros (fig.108), siendo en este caso el valor máximo mayor de 117,3 MPa, aunque permanece por debajo del límite elástico por lo que no hay plastificación.

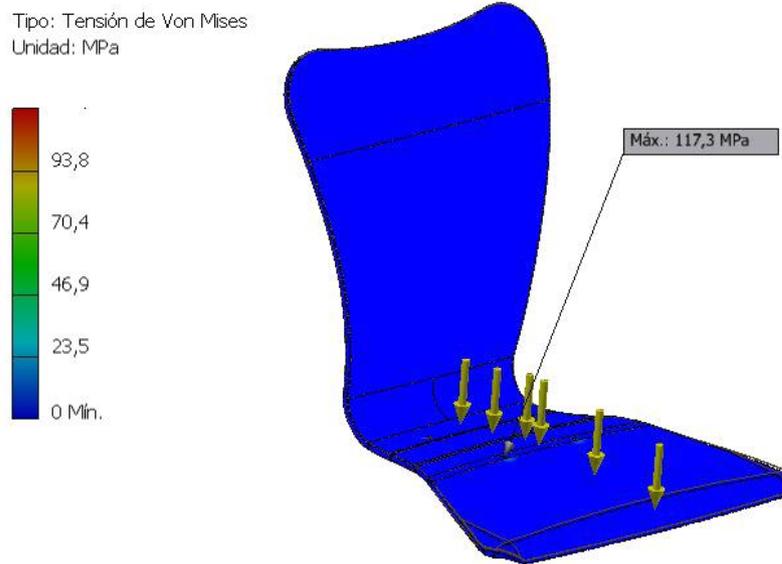


Fig.108-Localización de la tensión máxima de Von Mises

En cuanto a los desplazamientos, en este caso vemos que sobre el respaldo no ocurre ninguna variación, y que las deformaciones se concentran en el borde del asiento (fig.109), con un valor de 5mm, que se considera admisible puesto que no ocurre deformación plástica (no hay plastificación como ya mencionamos) y al retirar la carga la silla volverá a su posición inicial.

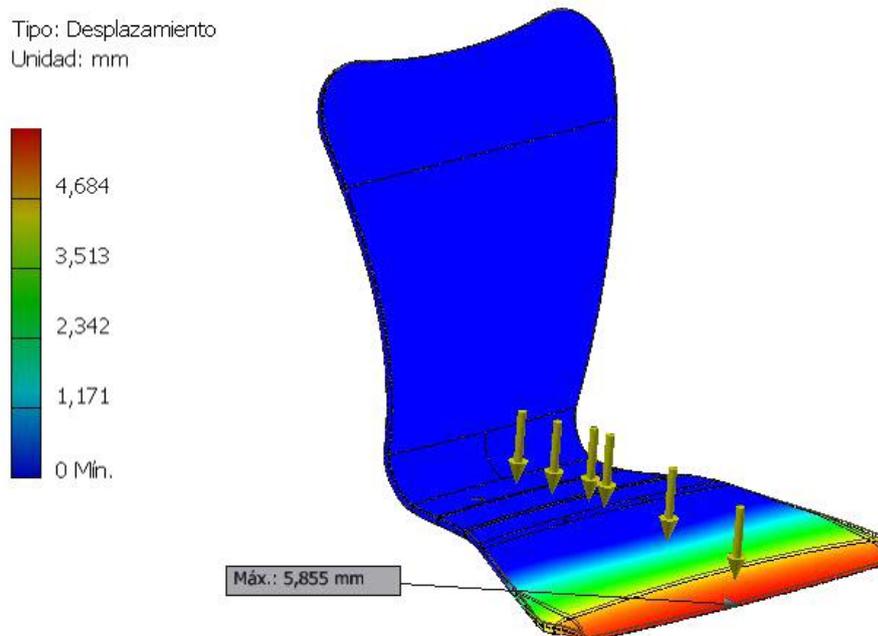


Fig.109-Diagrama de desplazamientos

CARGA REPARTIDA EN LA SUPERFICIE DEL ASIENTO Y DEL RESPALDO

Este supuesto pretende simular a un usuario sobre la silla apoyado en posición de descanso sobre el respaldo.

Suponemos que, en esta postura de relajación, los pies no estarán apoyados en el suelo y por tanto no recibirán ninguna carga, y que el peso corporal se repartirá un 60% hacia el asiento y un 40% hacia el respaldo. Por ello, se aplicará una carga repartida sobre toda la superficie del asiento de 900N, y otra carga repartida sobre el respaldo, perpendicular al mismo, de 600N.



Fig.110-Superficies sobre las que se aplica la carga en el ensayo 3

En este caso encontramos la zona más crítica en los taladros traseros (Fig.111). La tensión máxima marca 105 MPa por lo que no existe riesgo de plastificación.

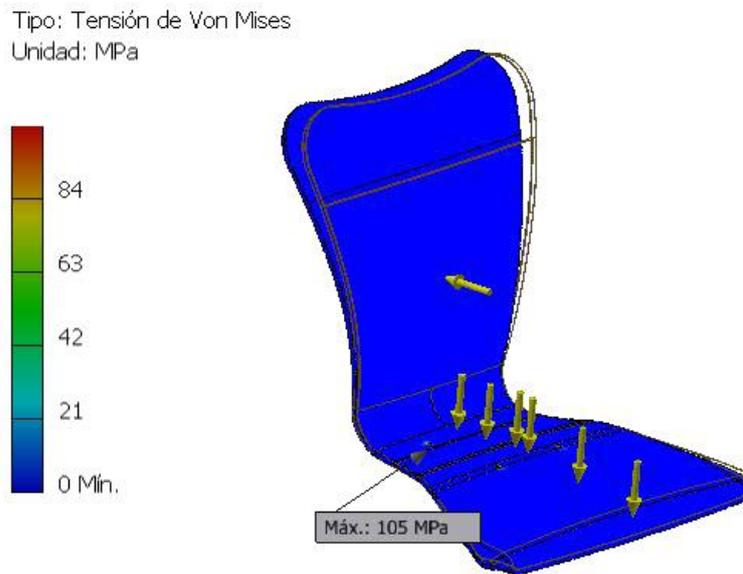


Fig.111-Localización de la tensión máxima de Von Mises

En los desplazamientos (fig.112), encontramos esta vez valores más significativos en la zona superior del respaldo, como era de esperar, al estar más alejada de la zona de sujeción. El valor máximo nos indica una deformación de más de dos centímetros, sin embargo, insistimos en que se trata de una deformación no plástica. Además, es habitual que en este tipo de sillas los respaldos basculen ligeramente, y puesto que se trata de un ensayo con cargas extremas no se considera un problema.

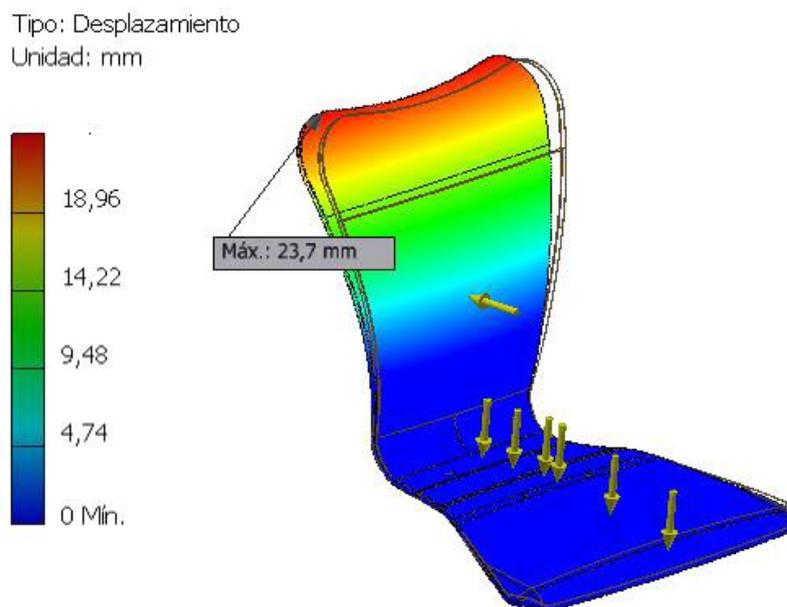


Fig.112-Diagrama de desplazamientos

3.3 Ensayos sobre la base de cuatro apoyos

El caso de la base es también de gran importancia, ya que sustenta todo el conjunto y al usuario que utilice el producto. Se ha decidido su fabricación en acero por cuestiones de resistencia y durabilidad, aunque el aluminio era otro candidato.

La simulación se realizará igual que en el caso del asiento de madera. Las condiciones de contorno impuestas en este caso son cuatro apoyos fijos sobre la base de las gomas antideslizantes, simulando un apoyo sólido sobre el suelo.

El material, el acero al carbono, tiene un límite elástico de 420 MPa (el resto de propiedades se detallan en el apartado 8.2 de la *Memoria*). Debemos tener en cuenta este valor a la hora de establecer si se producirá o no plastificación.

En cuanto a las cargas, esta vez sólo se realizará un ensayo, en el que la superficie de apoyo del pistón de gas será la encargada de recibir todas las fuerzas, que en este caso no sólo implican los 1500 N establecidos anteriormente para el peso del usuario y su instrumento, si no que debemos añadir el peso de los elementos del producto que se sustentan gracias a la base; éstos suman un total aproximado de 3,87kg, lo que equivale a 38N. Por tanto, se colocará una carga repartida sobre esta superficie, de 1538N (Fig.113).



Fig.113-Carga aplicada sobre la superficie de apoyo del pistón de gas

Analizando el punto de máxima tensión, éste nos da unos valores de 40,52 MPa, muy inferiores al límite elástico del acero, por lo que no existe ningún riesgo de plastificación. Observamos que la zona con más tensión se encuentra en el cordón de soldadura entre el cilindro y las patas (Fig.114).

Tipo: Tensión de Von Mises
Unidad: MPa

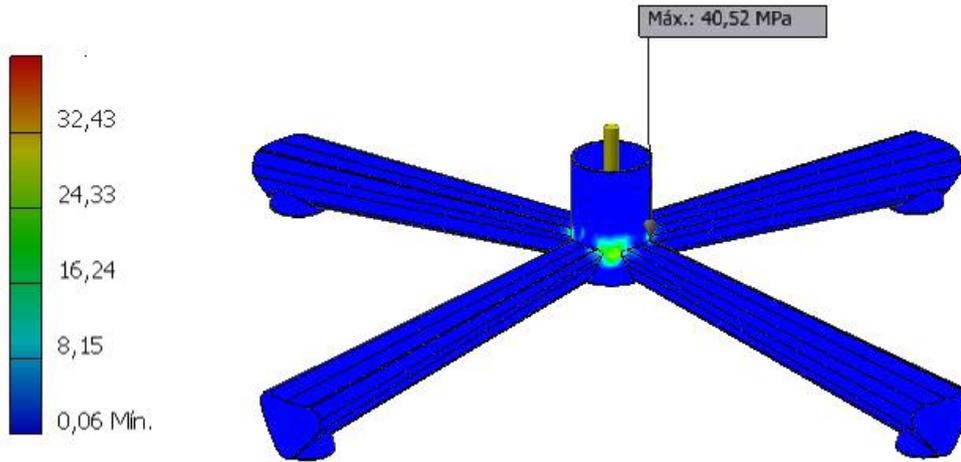


Fig.114-Máxima tensión de Von Mises

En cuanto a desplazamientos (Fig.115), son completamente despreciables, ya que el valor máximo es de 0,03mm, y lo encontramos, en la zona del cilindro sobre la que apoya el pistón:

Tipo: Desplazamiento
Unidad: mm

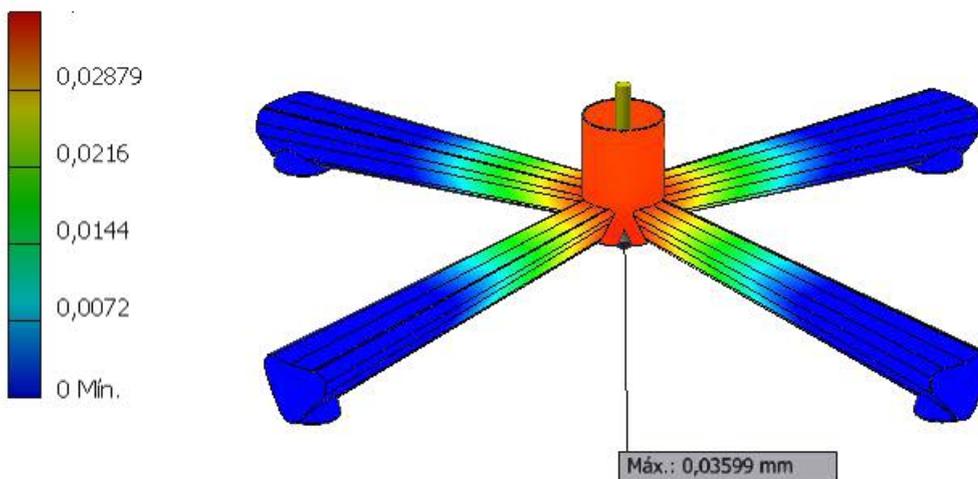
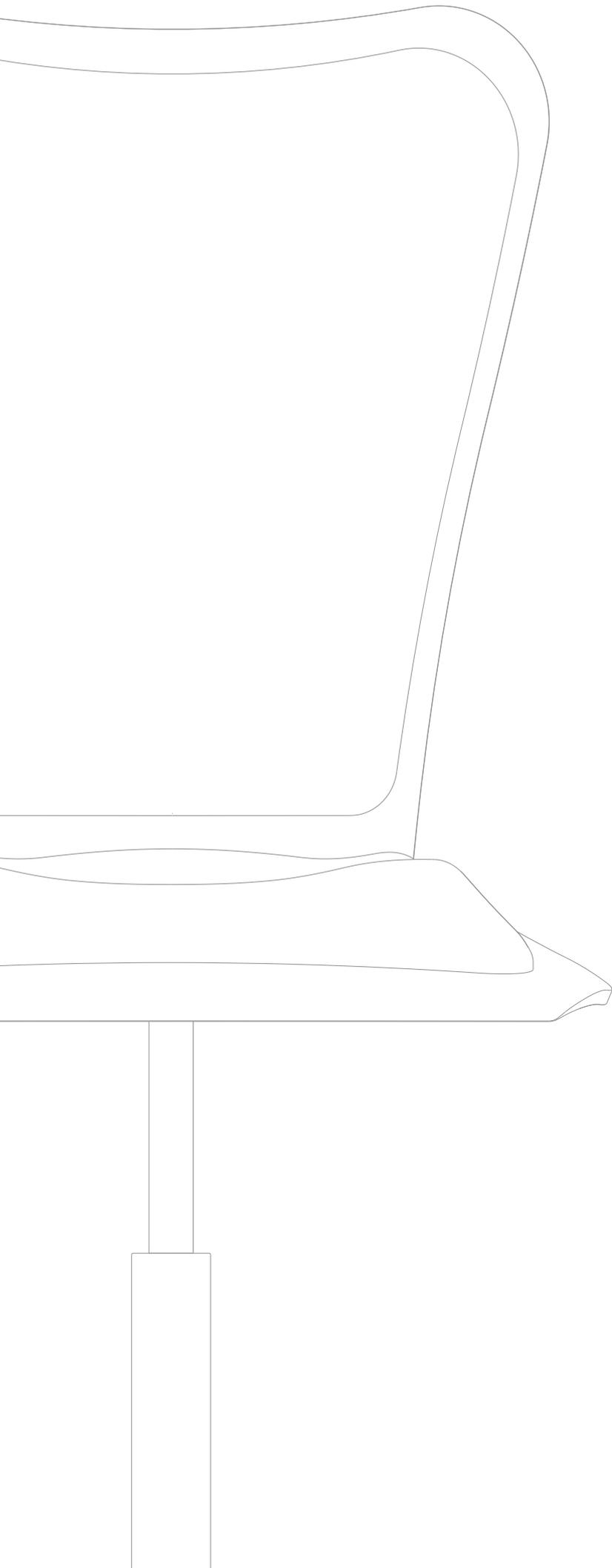


Fig.115-Diagrama de desplazamientos

3.4 Conclusiones

Como se ha mostrado, ninguno de los elementos presenta problemas de plastificación ni de deformaciones excesivas, por tanto podemos concluir que el diseño cumple con los requisitos de resistencia y seguridad necesarios para poder ser lanzado al mercado, estableciendo como condiciones de uso que no debe sentarse más de un usuario al mismo tiempo, y que el peso máximo que puede soportar es de 125kg. Validamos así tanto el diseño formal como los materiales escogidos.

Los ensayos que en este apartado se han explicado son los aplicados al diseño definitivo. Aunque no hayan sido expuestos, diseños anteriores han sido sometidos también a este tipo de simulaciones, que han obligado a realizar modificaciones. Es destacable que, tras un primer ensayo a un asiento de madera elaborado a partir de una chapa de 10mm se decidió aumentar el espesor de este para mejorar los resultados y garantizar la fiabilidad de la silla. De esta manera, los cálculos realimentan al diseño y nos ayudan a avanzar hasta un resultado mejor.

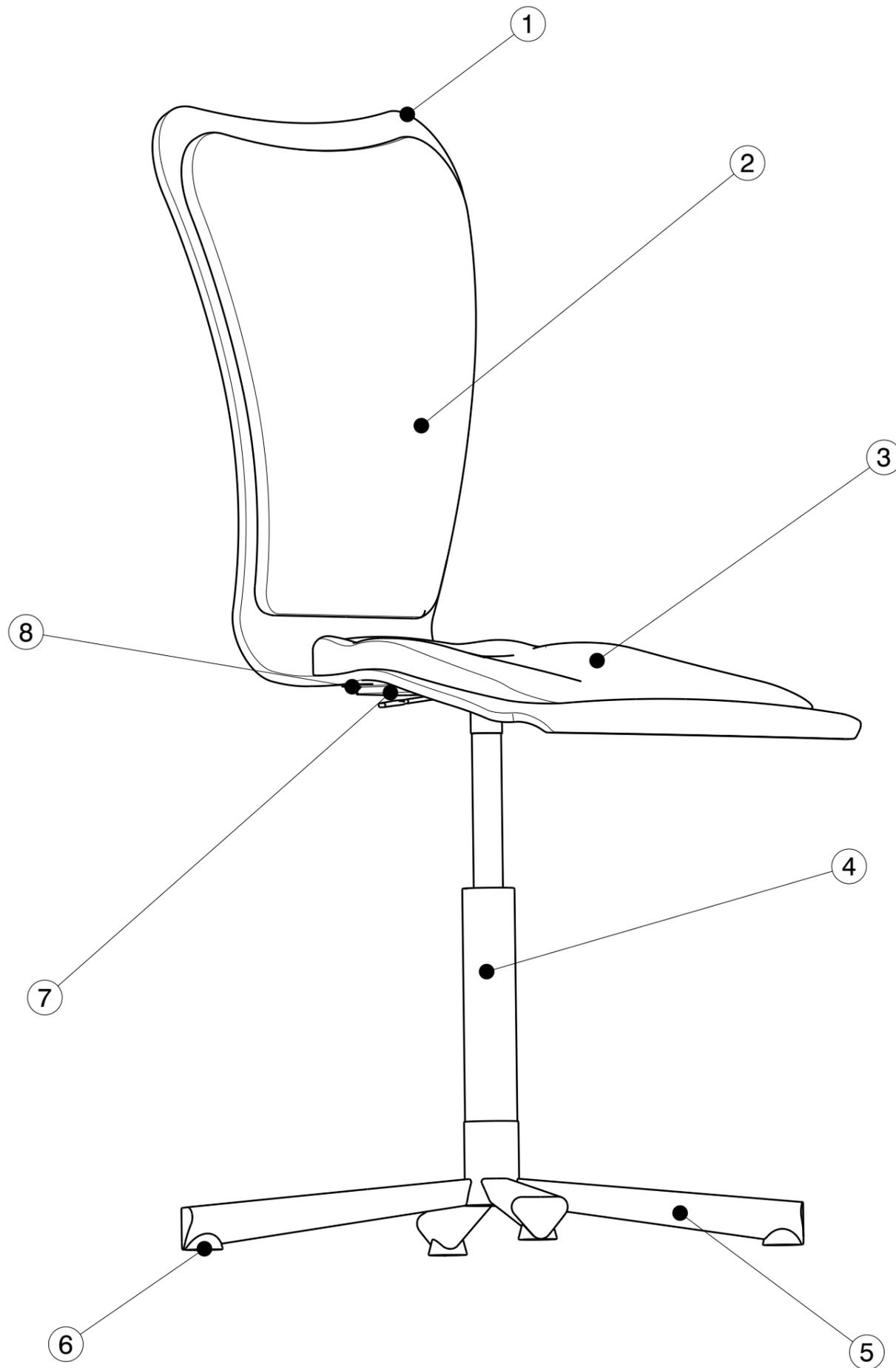


1. INTRODUCCIÓN

Este apartado proporciona la información necesaria para definir la geometría, especificando las distintas dimensiones de cada elemento, de manera que el fabricante pueda reproducir cada parte. También se muestra el plano de conjunto, que define la manera en la que se relacionan los distintos componentes, y expresa las dimensiones generales del producto.

En este caso, muchos de los elementos están generados a partir de superficies complejas, por lo que su definición a partir de planos acotados resulta casi imposible, así como su comprensión. Por ello, y para una mejor comprensión del fabricante se adjuntan los ficheros .stl

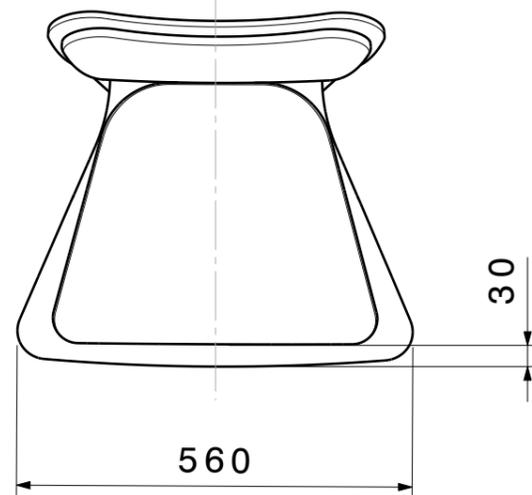
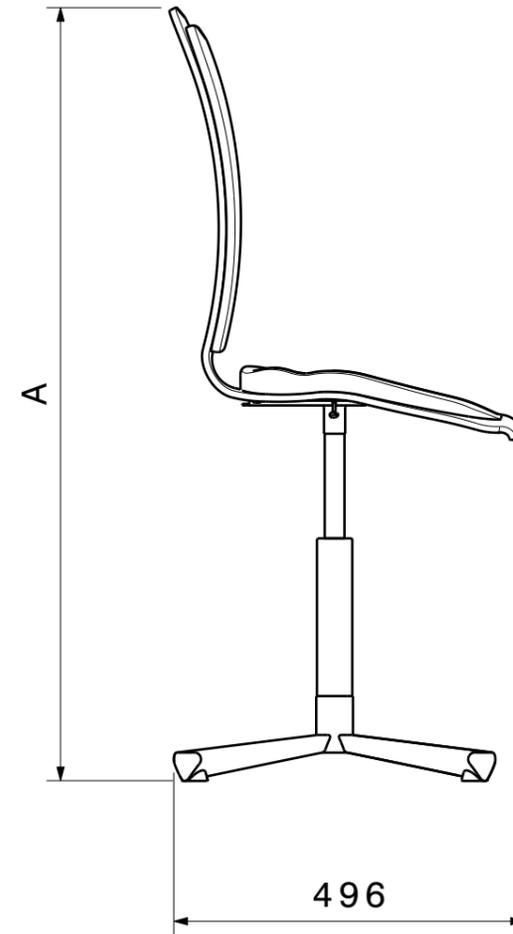
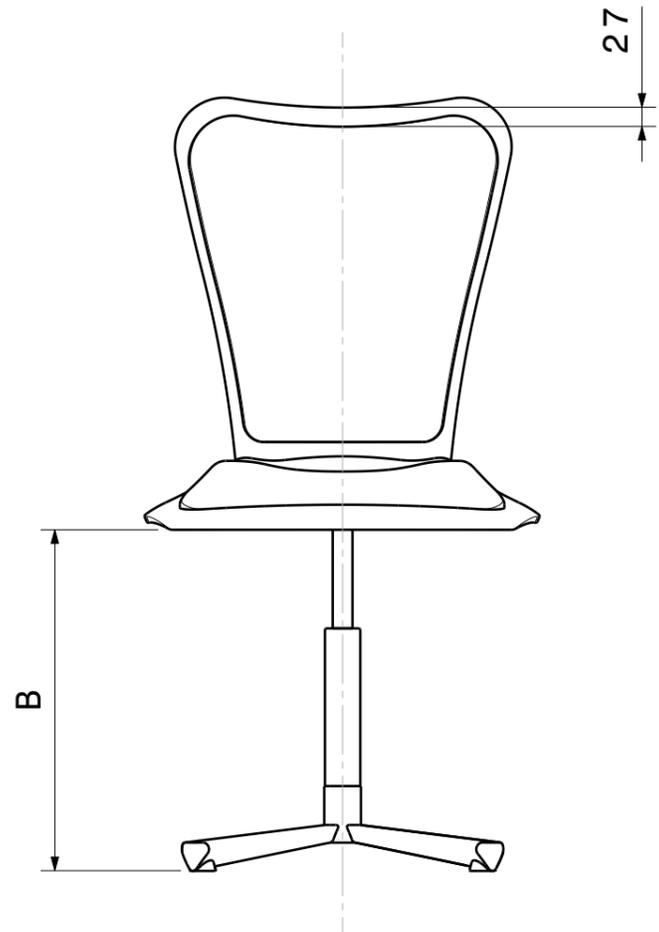
El sistema de proyección utilizado es el europeo y se ha aplicado la normativa vigente. Los planos se encuentran correctamente numerados y relacionados. En el primer plano se muestra el conjunto en perspectiva junto con una lista de despiece de todos los elementos que lo componen. Le siguen las vistas principales del conjunto con las dimensiones generales del mismo, así como las indicaciones para la colocación de los cojines. Por último, los planos de despiece de todos los elementos de diseño propio.



Marca	Denominación	nº piezas	plano
8	Remache POP 6x12	4	-
7	Plato	1	-
6	Soporte goma	4	09
5	Conjunto base cuatro apoyos	1	06
4	Pistón gas STABILUS SOM SR	1	-
3	Cojín asiento	1	05
2	Cojín respaldo	1	04
1	Asiento madera	1	03

Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

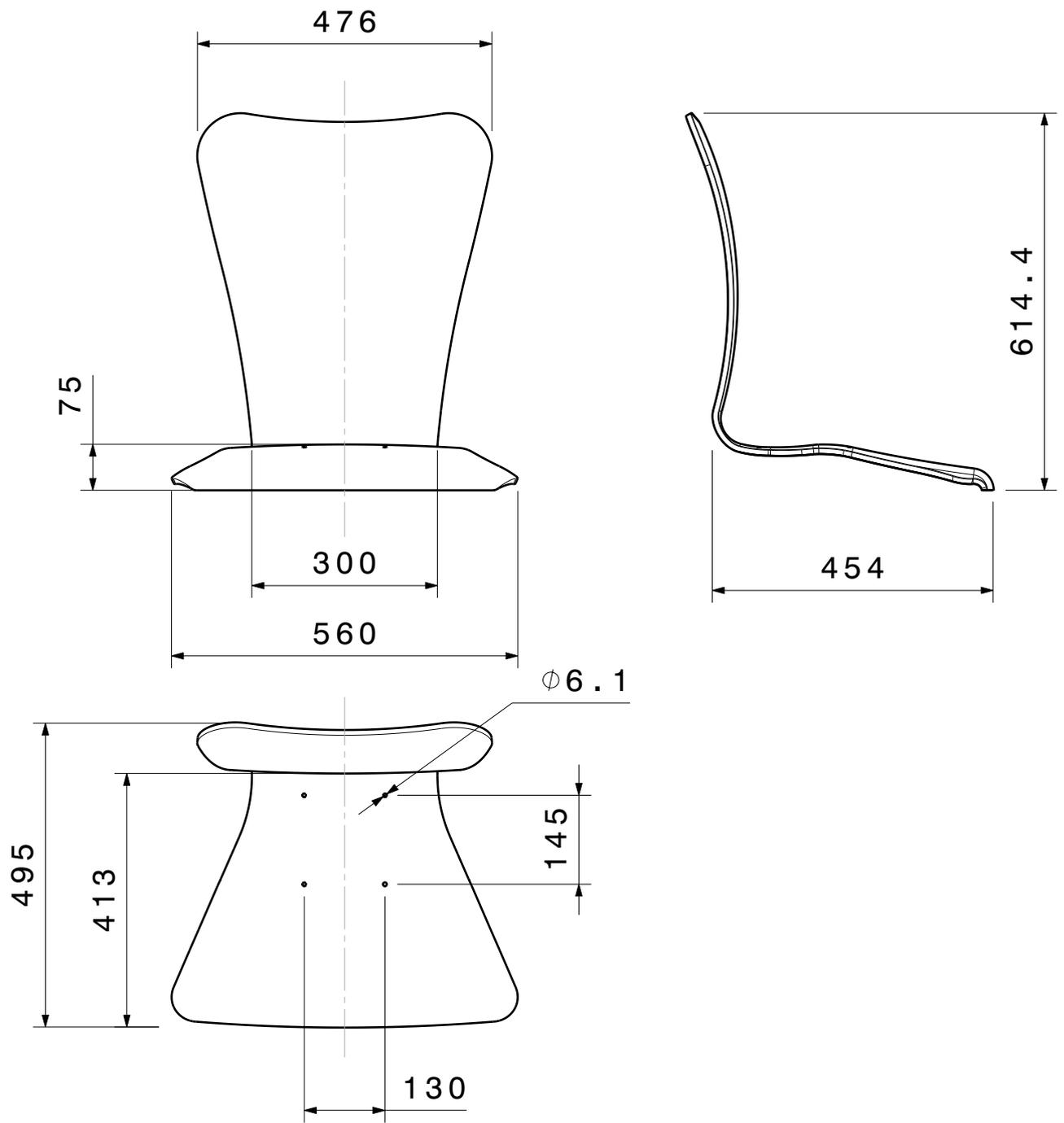
Plano	Conjunto 1	Título	Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas	Lara Delgado Lafuente	Fecha	07/2016	Nº plano 01
Calidad superficial	Material	Escala	1:5	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f				



	Longitud máxima	Logitud mínima
A	1134	1000,5
B	523	389,5

Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

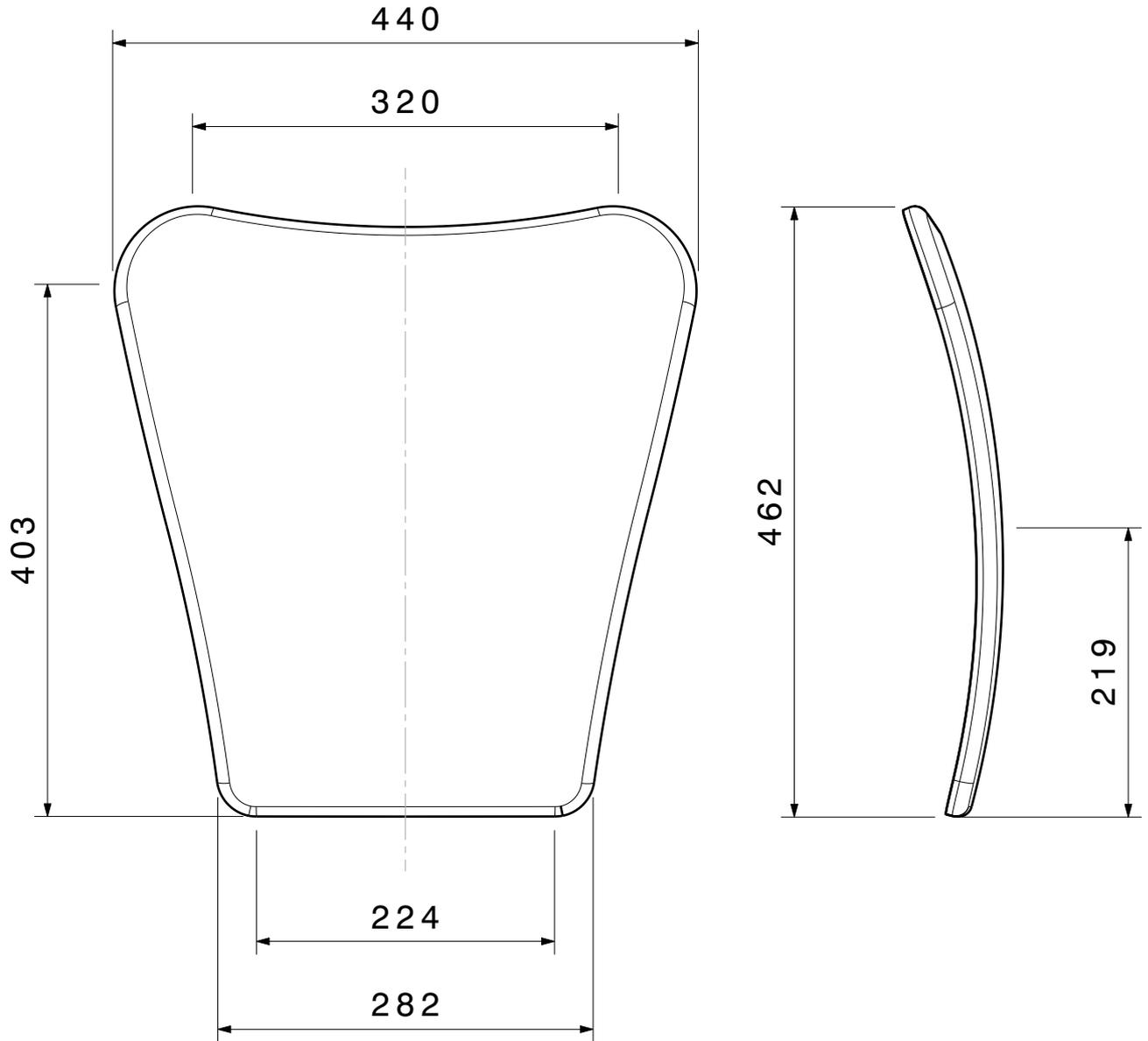
Plano	Conjunto 2	Título	Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas	Lara Delgado Lafuente	Fecha	07/2016	Nº plano 02
Calidad superficial	Material	Escala	1:10	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f				



espesor contrachapado: 12mm
redondeos: 1mm

Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

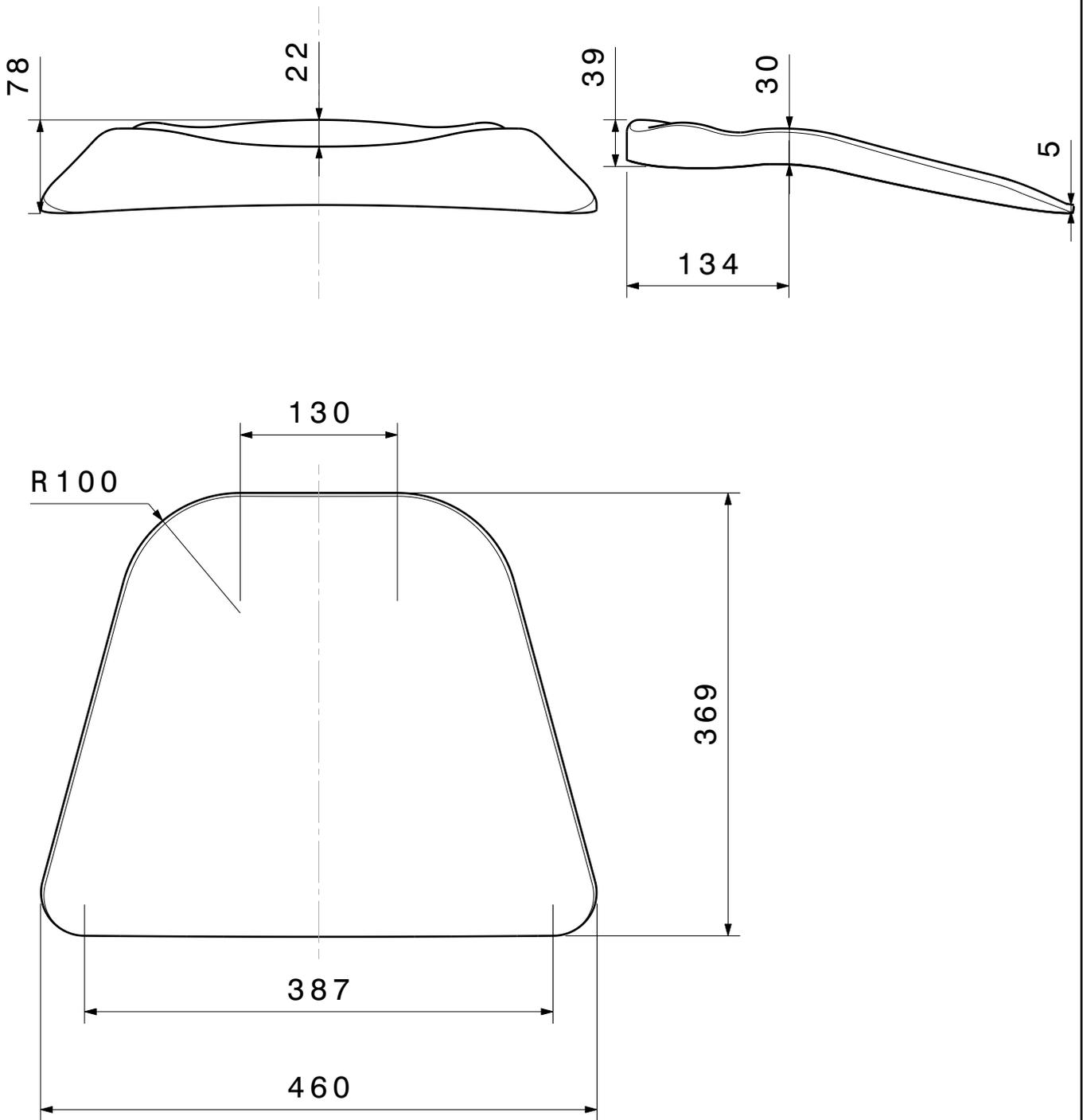
Plano Asiento madera		Título Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas Lara Delgado Lafuente		Fecha 07/2016	Nº plano 03
		Escala 1:10	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Calidad superficial 	Material contrachapado abedul	Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f	



espesor espuma: 15mm
redondeos: 10mm

Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

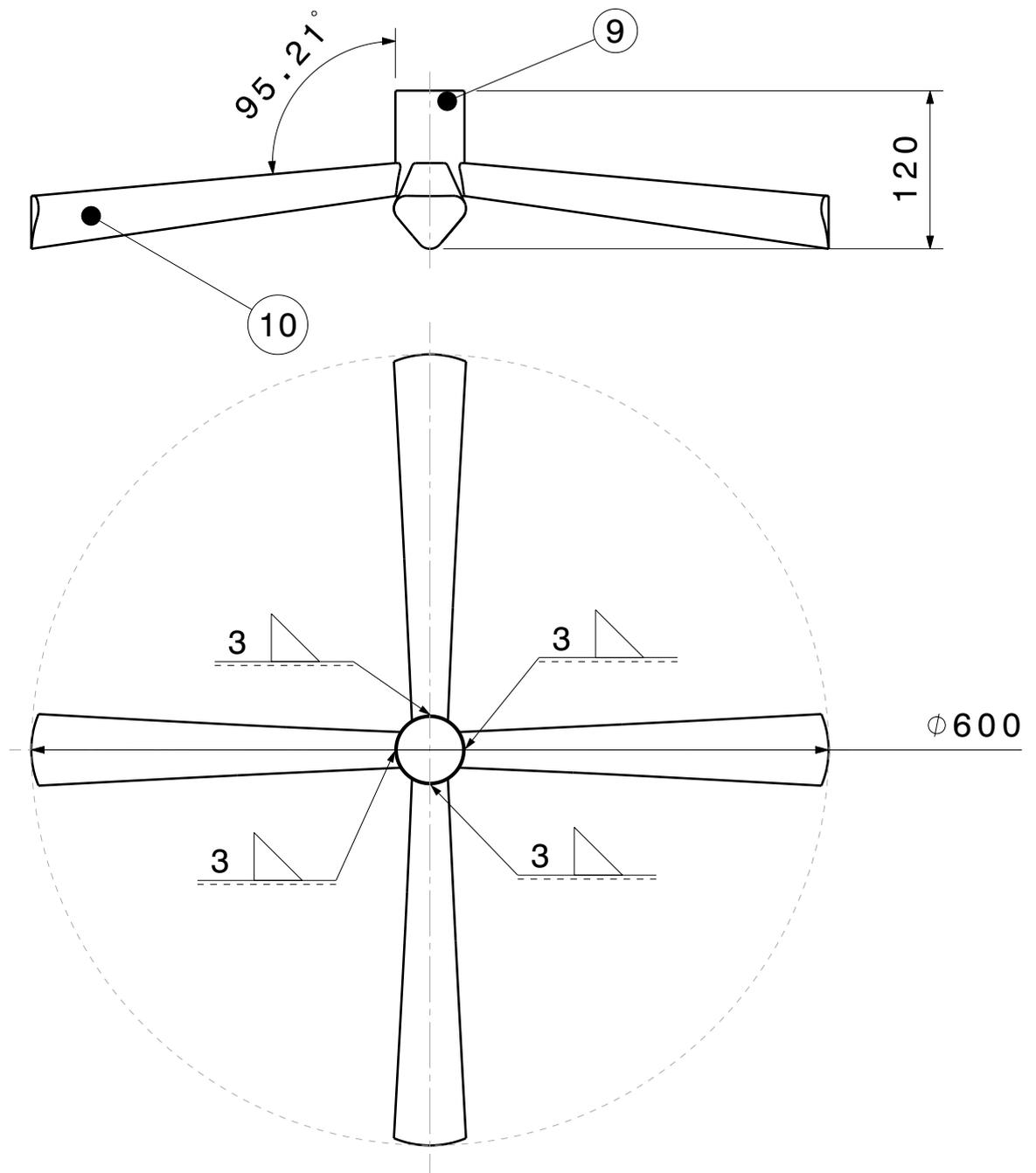
Plano Cojín respaldo		Título Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas Lara Delgado Lafuente		Fecha 07/2016	Nº plano 04
		Escala 1:5	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Calidad superficial 	Material espuma poliuretano	Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f	



redondeos: 10mm

Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

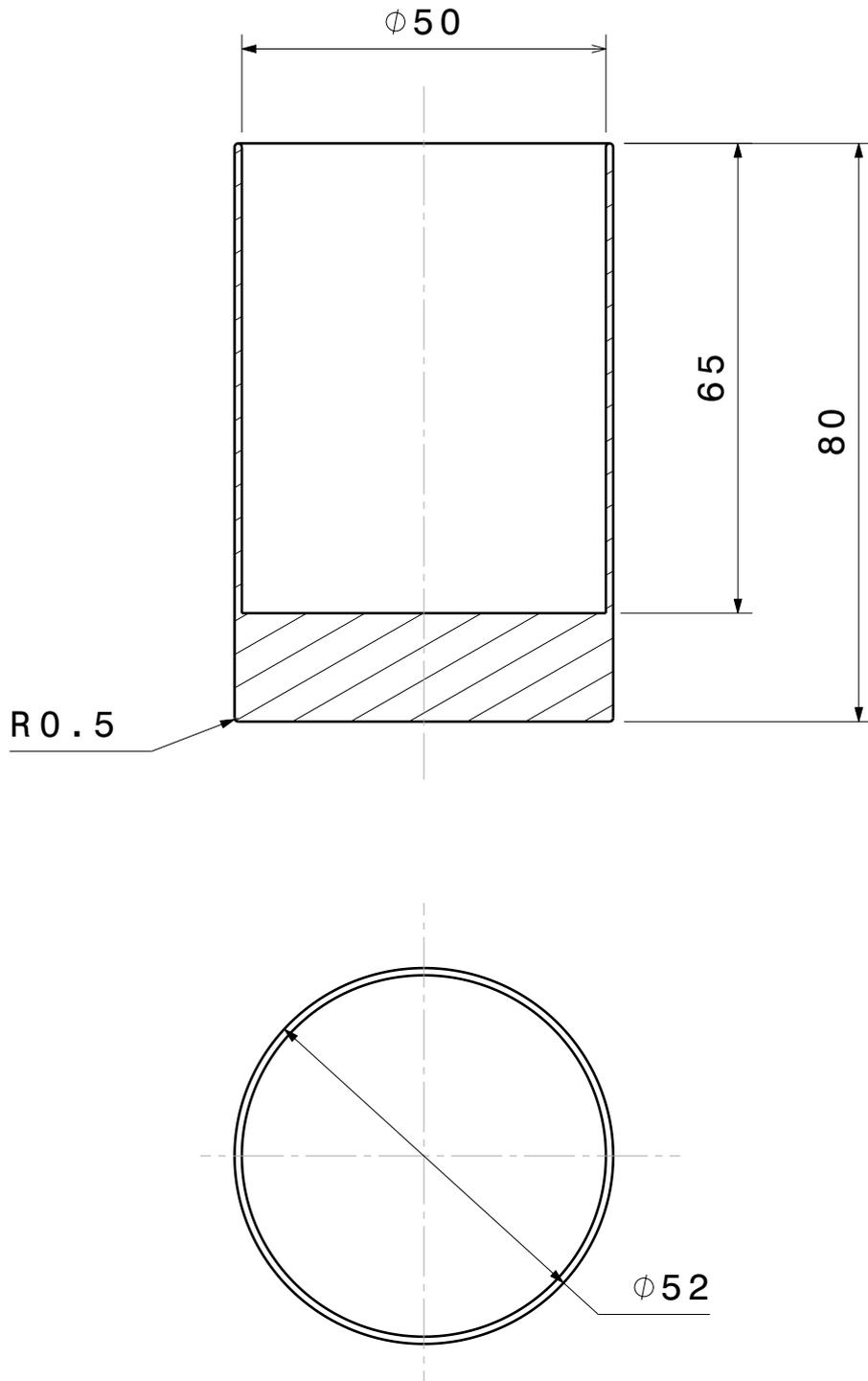
Plano Cojín asiento		Título Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas Lara Delgado Lafuente		Fecha 07/2016	Nº plano 05
		Escala 1:5	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Calidad superficial 	Material espuma poliuretano	Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f	



Marca	Denominación	nº piezas	plano
10	Apoyo base	4	08
9	Cilindro base	1	07

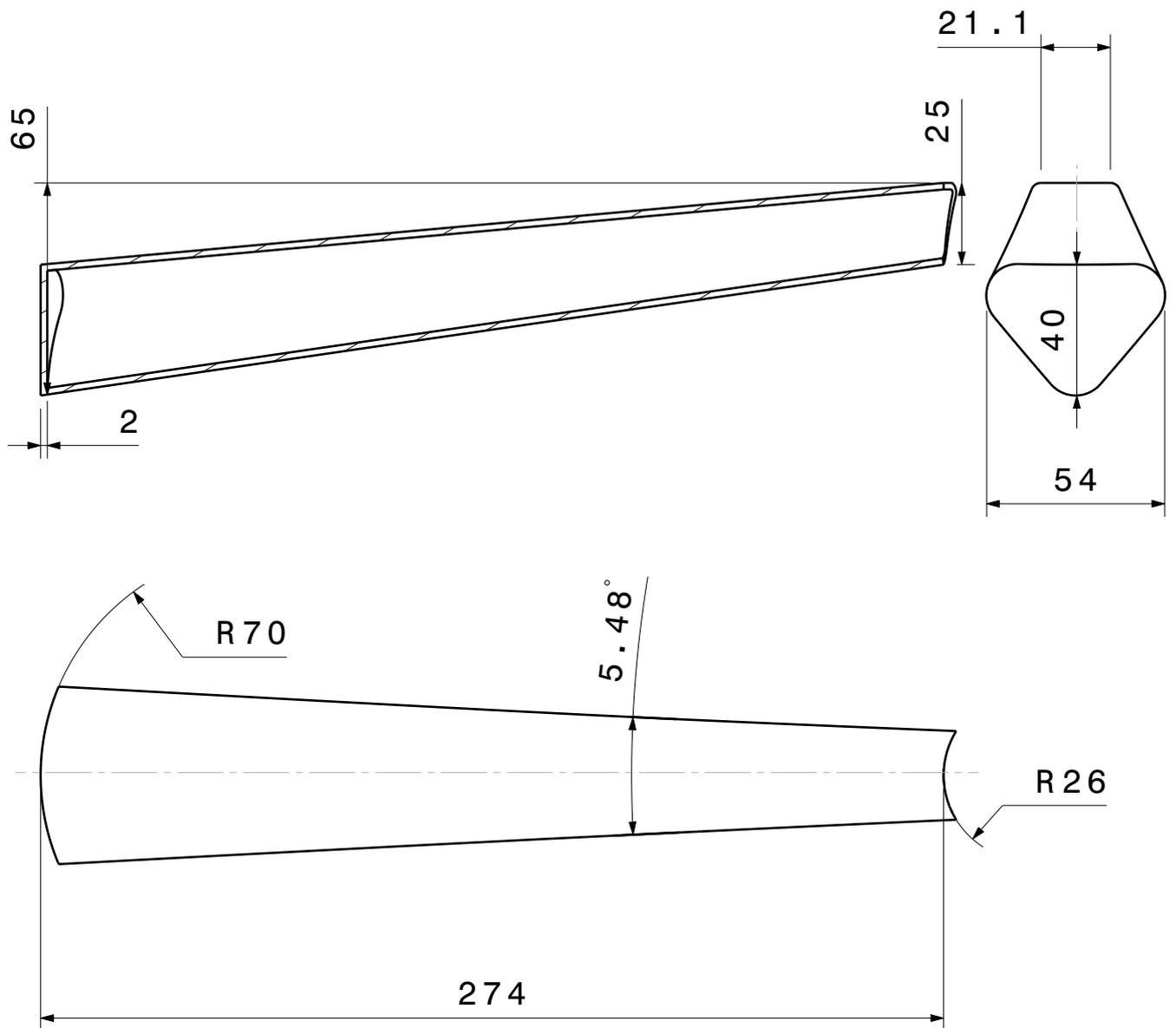
Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

Plano Conjunto base cuatro apoyos	Título Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica
Firmas Lara Delgado Lafuente	Fecha 07/2016
Calidad superficial ✓	Nº plano 06
Material acero suave	Escala 1:5
	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
	Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f



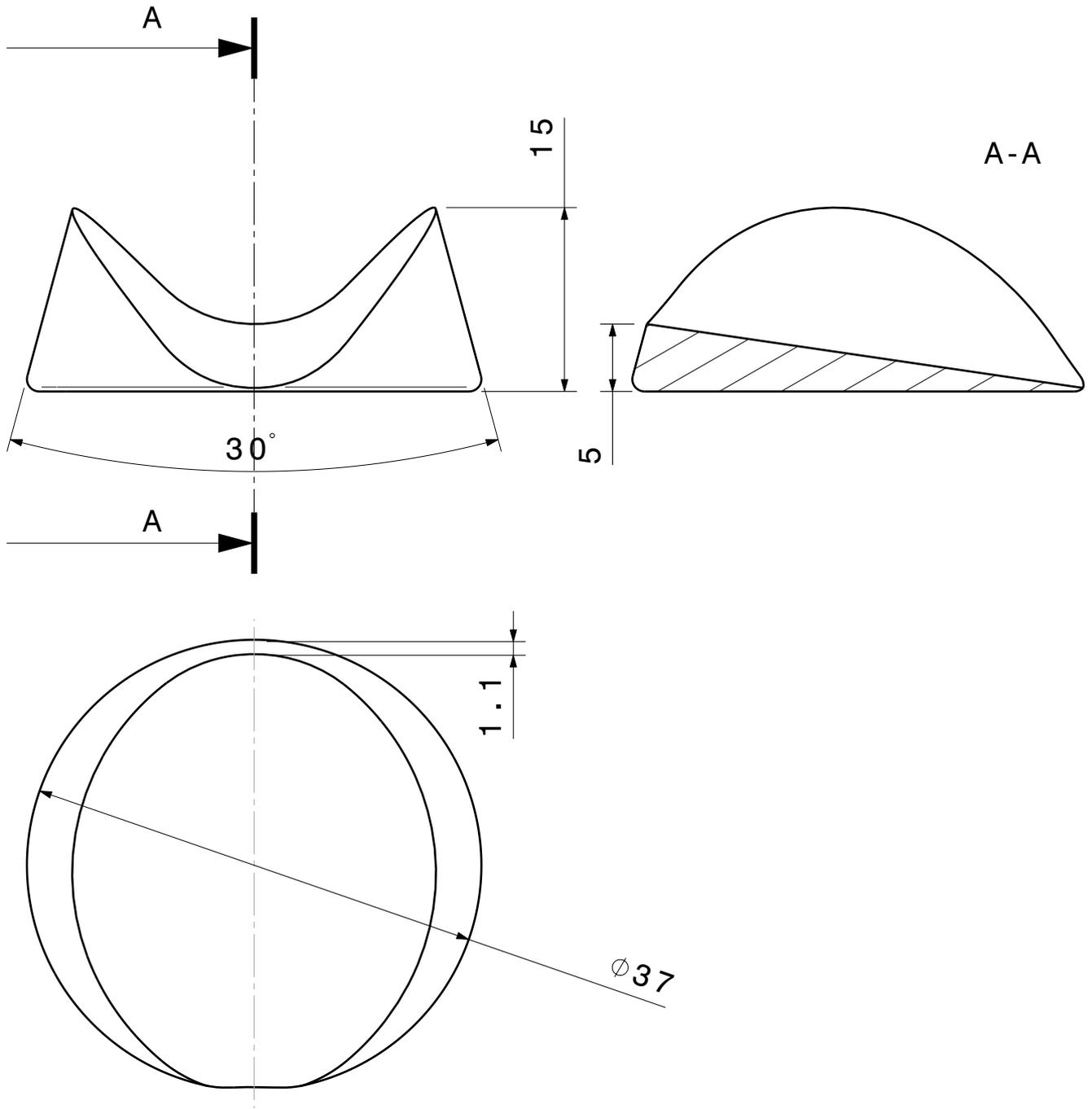
Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

Plano Cilindro base		Título Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas Lara Delgado Lafuente		Fecha 07/2016	Nº plano 07
		Escala 1:1	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Calidad superficial ✓	Material acero suave	Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f	



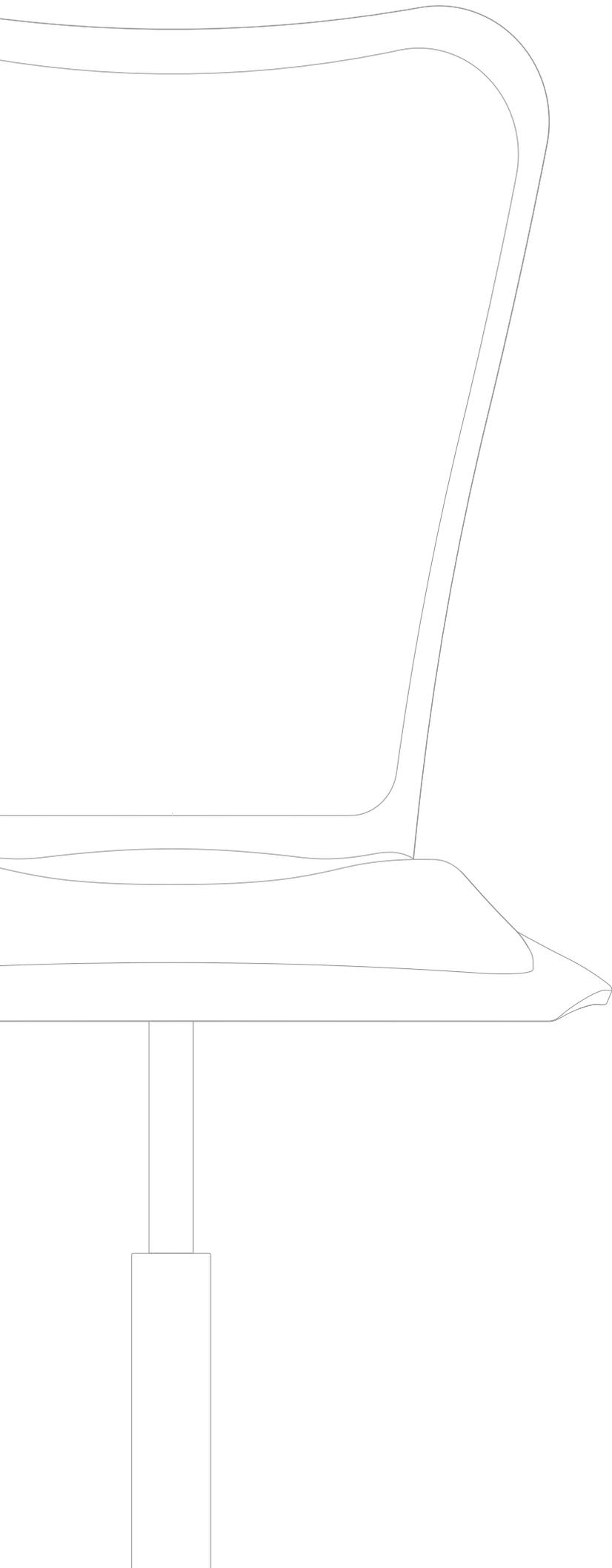
Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

Plano Apoyo base		Título Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas Lara Delgado Lafuente		Fecha 07/2016	Nº plano 08
		Escala 1:2	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Calidad superficial 	Material acero suave	Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f	



Universidad de Valladolid
Escuela de Ingenierías Industriales

Plano Soporte goma		Título Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica	
Firmas Lara Delgado Lafuente		Fecha 07/2016	Nº plano 09
		Escala 2:1	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Calidad superficial ✓	Material Caucho SBR	Tolerancias generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo ISO 2769-f	



pliego de condiciones_

1. INTRODUCCIÓN

Este documento pretende establecer los requisitos que se deben considerar durante la ejecución, la dirección del proyecto y la aceptación del producto.

Se deben incluir las circunstancias y condiciones bajo las que se debe ejecutar el proyecto, en todas sus fases de ejecución. De esta forma, se describirá el trabajo, las características de los materiales y los equipos, etc. Abarca desde la contratación del proyecto hasta su entrega.

Se trata de la parte más importante a nivel legal y contractual, ya que su cometido es regular y garantizar que todo el trabajo se realice conforme a unas condiciones determinadas. Por tanto, establece las obligaciones, derechos y responsabilidades entre la Propiedad y la Contrata.

2. CONDICIONES GENERALES

2.1 Descripción general del producto

Se trata de una silla enfocada a músicos de orquesta, caracterizada por garantizar una correcta colocación corporal que disminuya el riesgo de lesión, y por estar estéticamente en consonancia con los auditorios modernos. El asiento se logra mediante una pieza continua de madera contrachapada de abedul, a la que se adhieren los cojines ergonómicos. Incorpora un sistema de elevación neumático para permitir la adaptación en altura, y una base de cuatro apoyos que otorga estabilidad al conjunto.

El proyecto debe cumplir los objetivos expuestos en la memoria descriptiva, dando especial importancia a los aspectos ergonómicos del producto. Otro aspecto sumamente importante es el acabado final del producto, elegante y de calidad.

2.2 Objetivos y cláusulas generales

Como ya hemos mencionado, el pliego de condiciones contiene todas las pautas a seguir para la realización del proyecto. Para verificar la autenticidad del mismo bastará con una exposición escrita de los planos y del pliego de condiciones. Si se diera el caso

de que existiera alguna contradicción entre lo expuesto en los planos y lo redactado en el pliego de condiciones prevalecerá lo expuesto en los planos.

El proyecto se realizará según las normas, formatos y materiales indicados en los planos y en la memoria. Si fuese necesario algún tipo de modificación se hará siguiendo las exigencias del proyectista, procurando realizar los mínimos cambios posibles.

El contratista está obligado a la revisión de toda la documentación al completo, informando a la dirección del proyecto en caso de errores. De no ser así todo lo ocurrido en adelante derivado de dicho error será responsabilidad del contratista.

3. CONDICIONES FACULTATIVAS O LEGALES

3.1 Contrato

Se entiende como documentos contractuales a todos aquellos que definan la secuencia de acciones a ejecutar. Son de obligado cumplimiento.

El contrato debe incluir:

- La memoria, los planos y el presupuesto.
- Las normas técnicas aprobadas por los Organismos Competentes que sean válidas en el momento de la firma del contrato.
- Las condiciones Particulares Facultativas, Económicas y Legales que modifica el Pliego General de Condiciones.
- Los cálculos
- Los planos de detalle
- Todas las modificaciones que se efectúen en estos documentos antes de la ejecución de las unidades tratadas.
- La oferta del Contratista efectuada sobre la relación de las unidades de obra a ejecutar que figuren en el Presupuesto o Pliego de Condiciones.
- Todas las normas de contratación que regulen los Contratos de construcción en el momento de la firma del Contrato.
- Cualquier comunicación por escrito, si se entrega personalmente al destinatario o a un miembro de la Empresa, o si ha sido entregada o remitida por correo certificado.
- Todos los plazos de tiempo que se indican en los Documentos del Contrato que se consideren que forman parte esencial del mismo.

Este contrato será firmado por parte del contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder aprobar este extremo con la correspondiente acreditación.

3.2 Subcontratista

El contratista podrá subcontratar cualquier parte de la obra, previa autorización del Ingeniero, para lo cual deberá informar a éste del alcance y las condiciones técnico-económicas del subcontrato.

3.3 Régimen de intervención

Cuando el contratista sea a las órdenes del Ingeniero, éste requerirá cumplir los requisitos en un plazo determinado que, salvo en condiciones de urgencia, no será nunca menos de diez días desde la modificación del requerimiento.

3.4 Propiedad Industrial

Al suscribir el contrato, el contratista garantiza al Ingeniero contra toda clase de reivindicaciones que se refieran a suministro y materiales, procedimiento y medios utilizados para la ejecución del sistema de almacenaje y que procedan de titulares de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.

En caso de acciones dirigidas contra el Ingeniero por terceros, titulares de licencias, autorizaciones, planos, modelos, marcas de fábrica o de comercio utilizadas por el contratista para la ejecución de los trabajos, el contratista responderá ante el Ingeniero del resultado de dichas acciones, estando obligado además a prestarle su ayuda en el ejercicio de las excepciones que competan al Ingeniero.

4. CONDICIONES ECONÓMICAS

4.1 Compromiso del promotor

La empresa promotora se compromete a la fabricación del producto con un número mínimo de 2000 unidades, cifra para la que están calculados los datos. Si este acuerdo se incumpliera, el promotor estará obligado a pagar una indemnización, por lo que deberá realizar un seguro que permita el pago de dicha indemnización.

4.2 Condiciones para la empresa auxiliar

La empresa auxiliar deberá cumplir una serie de requisitos mínimos y necesarios que aseguren la correcta ejecución del producto y de cada uno de sus aspectos:

Deberá estar dotada de la normativa y certificación propicia, dentro de cual se encuentra la certificación de calidad ISO 9001:2008, además de cumplir la adaptación al Modelo Europeo de Gestión de Calidad (EFQM) en el plazo de un año si no funciona actualmente en dicho marco. Es recomendable que también esté certificada en la Prevención de Riesgos Laborales (OSHAS 18001:1999), Medio Ambiente (ISO 14001:2000), Responsabilidad Social (SA 8000:2004) y Responsabilidad ética (SG 21).

La empresa ha de constar de experiencia laboral demostrable en la realización de proyectos pertenecientes al campo del mobiliario, teniendo amplios conocimientos en relación a la ergonomía de este tipo de productos; además deberá manejar perfectamente la tecnología necesaria para su ejecución y producción.

Deberá cumplir la normativa vigente respecto a fabricación industrial, además del desarrollo y cumplimiento de la normativa de Seguridad y Salud y Prevención de Riesgos Laborales, según la legislación española y europea. En el caso de poder producirse riesgos ambientales, se realizará un estudio de impacto ambiental para conseguir que estos efectos fueran mínimos.

La productividad de la empresa asegurará que se cumplan todos los plazos previstos para la ejecución del producto. Esto se logrará mediante una distribución eficiente de los puestos de trabajo, la maquinaria y la mano de obra. De esta manera se reducirán los desplazamientos a recorrer entre los puestos de trabajo, agilizando la producción y reduciendo los costes.

En sus instalaciones existirá un laboratorio de pruebas y ensayos, en los que examinar que la producción cumpla de forma correcta el servicio al que está destinado. En caso de carecer de estas instalaciones, se encargarán los ensayos a otra empresa o laboratorio de tal forma que se asegure la detección de posibles defectos en la fabricación de la manera más rápida y fiable posible.

La empresa ha de contar con la necesaria maquinaria para el desempeño de la producción. En caso de necesitar nueva maquinaria, utillajes y otro tipo de recursos, esto no influirá en el presupuesto, si no que será la empresa la encargada de hacer frente a los gastos propios de nuevas adquisiciones.

La homologación de las piezas proyectadas deberá ser obtenida por la empresa en un plazo no superior a un año.

Respecto al personal

La empresa tendrá dentro de su plantilla personal técnico cualificado capaz de traducir correctamente toda la documentación referida al proyecto para que pueda ejecutarlo según las indicaciones prescritas y las condiciones definidas.

Todo el personal en plantilla y que participe en la ejecución del proyecto, tendrá asignadas tareas específicas, en las que deberá estar previamente formado e informado, así como en materia de prevención de riesgos laborales.

Ha de disponer de personal técnico de producción, oficiales de primera, segunda y tercera, así como de personal administrativo, de mantenimiento y comodines.

Todo el personal se encontrará dado de alta en la Seguridad Social y cobrará el mínimo salario establecido por el Gobierno. Además, toda la plantilla pertenecerá a una Mutua de Accidentes, elegida por la directiva de la empresa.

Todo el personal de la empresa tiene la obligación de cumplir en todo momento con las normas relativas de Seguridad e Higiene.

4.3 Condiciones para la empresa suministradora

La empresa productora adquirirá los elementos que considere necesarios para el desarrollo del proyecto a proveedores externos. Por lo tanto, para asegurar el desarrollo eficaz de la producción, los proveedores deberán cumplir unos determinados aspectos:

La empresa contratará proveedores con experiencia demostrable en el abastecimiento industrial. Además deben ofrecer garantías en el cumplimiento de los plazos de entrega previstos.

Deberán cumplir la legislación empresarial de carácter legal, así como la homologación o calidad de los productos suministrados, siendo la empresa productora la encargada de comprobarlos.

Los suministros han de presentarse debidamente empaquetados y cerrados, con su correcta identificación. El sistema de entrega se establecerá por parte de los proveedores, escogiendo el que se considere más adecuado de acuerdo a sus necesidades. Se acordarán las penalizaciones correspondientes por retrasos o defectos de suministro.

Dichas empresas deberán disponer de personal técnico cualificado, capaz de interpretar correctamente las especificaciones del producto requerido.

4.4 Condiciones para la empresa de montaje

En este proyecto es la encargada de ensamblar las piezas que requieren una unión en fábrica. Dentro de estos montajes se encuentran las uniones fijas mediante adhesivo entre cojines y asiento de madera, y la unión mediante remachado entre el asiento y el plato.

Una vez haya recibido todos los componentes necesarios para el ensamblaje, debe comenzar el trabajo teniendo presentes unas condiciones mínimas y necesarias para asegurar la correcta ejecución:

Al igual que en los casos anteriores, debe poseer las certificaciones convenientes referidas a Calidad ISO 9001:2008, Prevención de Riesgos Laborales OSHAS 18001:1991, Medio Ambiente ISO 14001:2000 y Responsabilidad Social y Ética SA 8000:2004 y SG21. De esta forma la empresa será capaz de garantizar la calidad y el desempeño de las tareas de una manera responsable.

Como empresa de montaje que es, debe tener experiencia reconocida en la ejecución y producción en el campo de aplicación de este proyecto y en el uso de la tecnología que éste requiera.

Cumplirá la normativa vigente en cuanto a fabricación industria y las normas de Seguridad y Salud según la legislación española. En el caso de poder incurrir en riesgos ambientales se encargará un estudio de impacto ambiental para conseguir los

mínimos efectos. Será la empresa productora quien se asegure de que la empresa de montaje cumple con la legislación empresarial de carácter general.

Debe poder asegurar el cumplimiento de los plazos previstos, sin retrasar la producción del producto. Esto se realizará gracias a una correcta distribución de los puestos de trabajo, maquinaria y mano de obra.

Dentro de la plantilla, constará de personal técnico cualificado que interprete correctamente la documentación de este proyecto de tal manera que sea capaz de seguir las indicaciones y procedimientos tratados.

Las instalaciones de la empresa deberán incluir un laboratorio para la realización de pruebas y ensayos, con los que examinar que el montaje se realiza de forma correcta y que cumple con las especificaciones requeridas. Si se carece de este tipo de instalaciones se encargarán dichos ensayos a otra empresa, que se hará responsable de este tipo de pruebas para garantizar la detección de posibles errores en el montaje de manera fiable y rápida.

Obtendrá la homologación del producto en el plazo de un año.

5. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Tras la firma del contrato existe un periodo de preparación en el cual deben conocerse la memoria de la organización del proyecto, el calendario de ejecución y demás detalles complementarios.

El proyecto se realizará de acuerdo con un programa de ejecución. Este programa considera desde la recepción de las piezas hasta la fabricación, montaje y embalaje. La recepción de las piezas es el periodo de espera hasta que la empresa proveedora de materiales y de productos semiacabados envía dichas unidades a la empresa. En el caso de *MI, musicians chair* supone la llegada de los elementos comerciales (pistón de gas, plato y remaches) y de los materiales encargados (láminas para madera contrachapada, espuma de poliestireno, tela ignífuga, acero suave y SBR). De esta forma la empresa podrá iniciar la producción. La fabricación supone la fundición y torneado de la base (con su correspondiente proceso de soldadura) y el moldeo de los soportes de goma, el corte y moldeo de las planchas de madera contrachapada, y el corte y tapizado de los cojines. Finalmente se procede al remachado y adhesivado de las piezas adyacentes al asiento de madera.

En caso de adelantos y/o demoras en los plazos acordados en el contrato se deberán notificar de forma escrita con un plazo mínimo de una semana de antelación a la fecha de recepción estipulada. Si se cumple con este plazo, la empresa no podrá exigir una indemnización por incumplimiento de la programación a pesar de que esto suponga una reducción de los costes directos por parte de la empresa responsable.

Sin embargo, en caso de rotura de algún elemento principal para la producción sin posibilidad de recambios, se intentaría reorganizar la producción para evitar la parada total. Esto se haría mediante la adquisición de una nueva unidad o mediante la reparación de esta. Por todo ello, se recomienda la existencia de un stock suficiente de piezas de reserva.

6. MATERIALES

6.1 Condiciones generales

Todos los materiales empleados en el proyecto deberán estar correctamente homologados para asegurar una calidad óptima.

En el caso de los elementos comerciales adquiridos a empresas externas deberán superar también los controles de calidad impuestos por la Unión europea así como en materia de seguridad.

Este punto lo realizan personalmente verificadores experimentados en el tema o con un nivel educativo medio-alto relacionado con dicho tema. Se trata de asegurar el buen estado del material suministrado y comprobar que todo está dentro de las tolerancias y especificaciones del Pliego de Condiciones. Si no es así se rechazará tomando las medidas oportunas. La verificación la realizarán personas con herramientas de medición y cualidades para hacer un buen análisis visual, dimensional y no dimensional.

Los materiales metálicos no deben presentar irregularidades superficiales, descarburaciones, óxidos, perforaciones, golpes, etc. El pistón de gas y el mecanismo de accionamiento deben funcionar correctamente y no presentar defectos superficiales.

6.2 Material suministrado por empresas externas

Todos los materiales y piezas suministradas por empresas externas que entren en el montaje se revisarán por la Dirección Facultativa y será ella quien autorice su uso.

Para los materiales o piezas que no cumplan con los requisitos implantados se seguirá un protocolo de devolución bajo convenio establecido previamente.

El producto final deberá superar las exigencias que permitan su buen estado y su correcto funcionamiento, al menos el mínimo tiempo exigido por la legislación europea en cuanto a garantías (Consultar el apartado Garantía del Pliego de Condiciones).

7. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El equipo de diseño acompañado de los encargados de la fabricación del producto elaborarán un plan concreto para la realización del proyecto considerando a los proveedores, encargados de montaje y distribución, así como la mano de obra cualificada y el acabado final.

7.1 Control de Calidad

Será efectuado por la empresa, comprendiendo tres niveles:

- Control de calidad de materiales y elementos recibidos
- Control de calidad del montaje de dichos materiales
- Control de calidad y pruebas de funcionamiento con arreglo a las especificaciones recogidas en los distintos documentos del proyecto

De esta manera, en las piezas fabricadas se exige una calidad mínima determinada; todos los productos que no alcancen dicha calidad serán excluidos.

7.2 Suministro de materiales

Deberá efectuarse en el momento oportuno para que la ejecución de los trabajos no sufra interrupciones. Por ello, la empresa suministradora deberá cumplir con los plazos previstos para que se cumplan los pedidos. Deberán llevar a cabo un correcto cumplimiento de las disposiciones legales para las actividades de carácter empresarial e industrial. La elección de los proveedores se ha hecho buscando profesionales experimentados que se encuentren geográficamente próximos para que esto no suponga un aumento en los costes, fruto del transporte de una empresa a otra. Además deberá poseer las certificaciones adecuadas referidas a los Sistemas de Gestión de la calidad, implantadas de acuerdo a la normativa vigente ISO 9001:2008.

7.3 Conservación, manipulación y almacenamiento

Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo o de una manera tal que pudieran haber sufrido deterioro, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurar que siguen cumpliendo las normativas.

El material deberá almacenarse en base a las condiciones que imponga el fabricante, y no deberá emplearse si se ha superado la vida en almacén impuesta por el mismo.

7.4 Montaje, embalaje y distribución

La empresa gozará de una adecuada distribución de las operaciones de la cadena, de manera que la línea productiva funcione adecuadamente. Se buscará alcanzar la producción estimada por unidad de tiempo. Una vez finalizado el montaje, el trabajador dejará completamente limpios todos los equipos y materiales así como los lugares de trabajo que haya ocupado.

Terminado el producto será sometido a todas las pruebas que sean necesarias para comprobar su puesta a punto. En caso de que estas pruebas no resulten satisfactorias se realizarán las modificaciones, reparaciones y sustituciones pertinentes hasta alcanzar los resultados especificados en el proyecto.

Posteriormente se procederá al embalado y paletización del producto para su distribución. Ésta será realizada por una empresa distribuidora capaz de proporcionar el mejor servicio en relación calidad-precio, definidos en el pliego.

7.5 Cualificación de la mano de obra

La plantilla de la empresa se encuentra constituida por mano de obra cualificada, como oficiales de primera y segunda, así como administrativos y personal de mantenimiento. Cada trabajador tiene la obligación de ejecutar su labor de forma eficiente según han sido formados, y necesitarán la especialización que la empresa considere necesaria para el correcto desempeño de las tareas exigidas por el puesto. Dentro de sus obligaciones se encuentra cumplir con la legislación vigente en relación a la prevención de los riesgos laborales y el resto de la normativa vinculante al puesto. En caso de que fuese necesaria la intervención de algún otro operario en un determinado puesto de trabajo, sea por la causa que sea, se le formará previamente o en su defecto se encargará un comodín que ha sido previamente formado para la tarea.

8. CERTIFICACIONES

Cada operario deberá realizar las operaciones asociadas al puesto de trabajo, así como la inspección de su trabajo para asegurar la calidad y evitar operaciones posteriores de revisión que pueda alargar indebidamente el tiempo de producción. En estas inspecciones se rechazarán todos los elementos que presenten fallos o desviaciones en las especificaciones de funcionamiento, forma, posición, acabado o de otro tipo.

Serán analizados todos los subconjuntos en la cadena de montaje para garantizar su correcto funcionamiento. También adquirirá importancia la calidad superficial para que se responda a las indicaciones de los planos, sin incluir ningún defecto durante el procesado. Se deben considerar las tolerancias generales y específicas referidas en los planos, de forma que cualquier tipo de desviación de los valores indicados será concebido como defecto y deberá repararse o desecharse.

Como se ha explicado anteriormente, se deben realizar ensayos sobre el conjunto completo para asegurar su correcto funcionamiento. Con estos ensayos se debe garantizar el correcto montaje de las partes principales, el funcionamiento del pistón, y la correcta resistencia del conjunto. También se debe comprobar la correcta función de los soportes de goma.

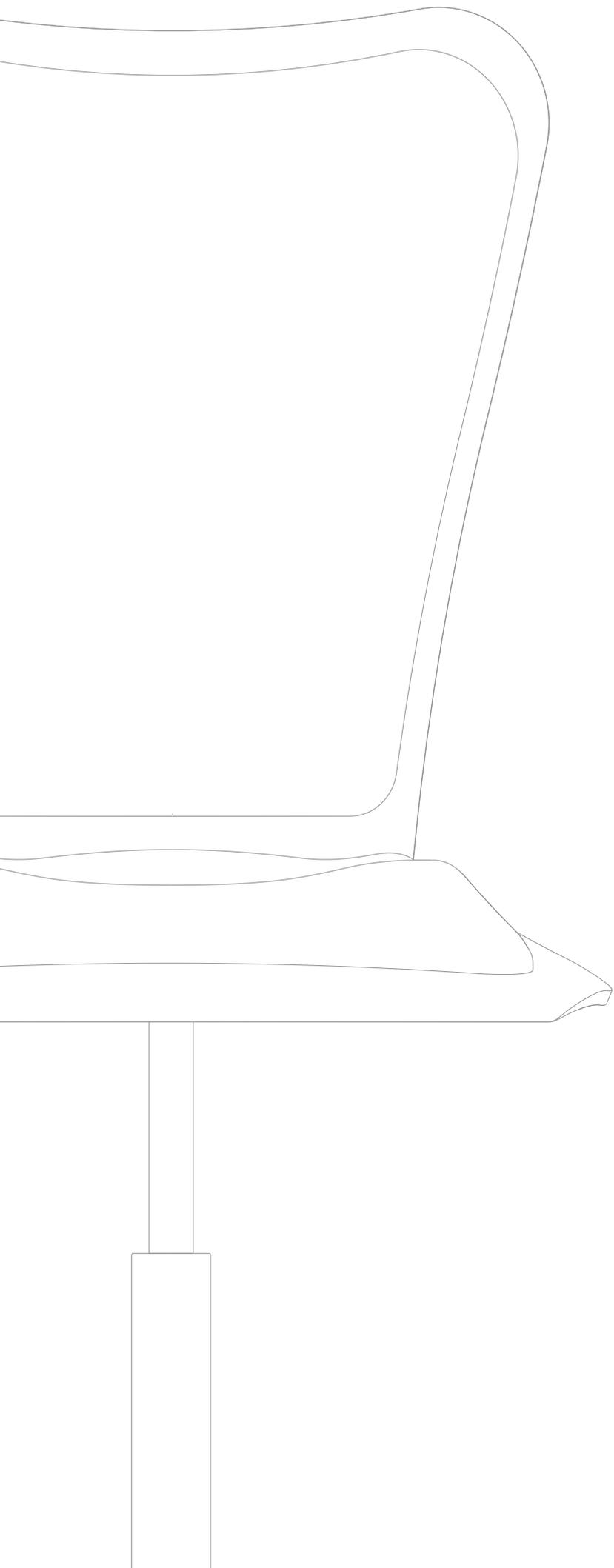
Gracias al software actual se pueden utilizar sistemas CAD, CAM, CAE y CIM entre otros, que facilitan la realización de pruebas y ensayos previamente a la fabricación del producto físico. Mediante esta técnica se abaratan costes y se ahorra tiempo. Además, se pueden detectar fallos para realizar rediseños de tipo funcional, estético, geométrico

o tecnológico, si fuesen necesarios. También se pueden emplear técnicas de prototipado rápido para optimizar el diseño y la fabricación.

9. GARANTÍA

Los plazos de garantía que la ley reconoce serán de dos años para los bienes nuevos. Este plazo comienza a contar desde el momento en que el bien se entrega al consumidor, y será el que aparezca en la factura, ticket de compra o albarán de entrega.

Como se mencionó antes, el producto deberá proporcionar un óptimo funcionamiento y mantener las exigencias definidas en el proyecto durante el periodo mínimo de garantía. De esta forma, la empresa se compromete a reponer las piezas o subconjuntos en caso de fallo. Dentro de la clasificación de fallo no se incluye cualquier desviación respecto a las especificaciones de funcionamiento, ya que esto encarece de forma necesaria el concepto de fiabilidad (se entiende por fiabilidad la probabilidad de que un objeto funcione correctamente durante un tiempo determinado y en las condiciones de utilización precisadas). Por ello se considerará fallo a las desviaciones en los servicios que ofrece el producto, siempre y cuando esté derivado de un uso en condiciones normales. La garantía se hará cargo de las averías de tipo infantil producidas como consecuencia de que las piezas no cumplen las especificaciones técnicas exigibles y aparecen dentro del correspondiente período de garantía definido en la legislación española. También entrarán en garantía las averías accidentales siempre y cuando se haya llevado a cabo un uso correcto y estén en plazo de garantía.



1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta sección es llevar a cabo la verificación de que el proyecto puede ser realizado y por cuánto, es decir, comprobar su viabilidad económica. Para ello, es necesario establecer algunas hipótesis previas de las cuales dependerán todos los resultados.

Es importante recordar que en todo momento se intenta dar el máximo realismo al estudio, pero siendo conscientes de que al tratarse de un trabajo académico existe una gran dificultad para valorar ciertas variables que afectan al proceso, y que por tanto en el caso de la ejecución del proyecto serían de variabilidad susceptible.

Se desglosará a continuación el presupuesto del conjunto aquí proyectado, con el fin de obtener el precio de venta en fábrica que tendrá la silla, y el precio al que podría ser lanzado al mercado.

Debemos mencionar que, este presupuesto se ha calculado tomando como base la fabricación de una primera serie de 2000 unidades, y que los datos de los precios de materiales se han obtenido del software CES Selector 2011. Se pretende que la maquinaria y moldes adquiridos se amorticen con los dos primeros lotes, es decir, con la venta de las primeras 4000 unidades.

2. COSTE TOTAL DE FÁBRICA (Ct)

Representa el gasto monetario total mínimo necesario para obtener cada nivel de producción, y por tanto varía según el lote fabricado. En este caso, como ya mencionamos, se calculará para una primera serie de 2000 unidades.

El coste total en fábrica se obtiene de sumar el coste de fabricación (Cf), la mano de obra indirecta (m.o.i), las cargas sociales (CS) y los gastos generales (GG).

$$Ct = Cf + m.o.i. + CS + GG$$

2.1 Coste de fabricación (Cf)

El costo de fabricación representa el gasto directo de elaboración del producto, obtenido a partir de los tres componentes directos de la producción: el material, la mano de obra directa (m.o.d.) y el puesto de trabajo (p.t.)

$$C. \text{ fab} = \text{material} + \text{m.o.d.} + \text{p.t.}$$

Este factor es la raíz a partir de la cual se deducen los demás conceptos, aplicando los porcentajes establecidos.

2.1.1 COSTES DE MATERIAL

Dentro de este apartado se engloban todos los bienes de producción o construcción que se encuentran disponibles para comprar en establecimientos, centros de distribución, etc.

A continuación se presenta una tabla que engloba todos los materiales y componentes necesarios para la fabricación del producto (Tabla 10). En el caso de materiales aparecen las cantidades en kg de cada material necesarias para la fabricación de los elementos de diseño propio.

HOJA DE COSTO DE MATERIALES			Trabajo Fin Grado					2000 unidades (€)
			MI, silla ergonómica para músicos de orquesta sinfónica					
			Ejecutado por Lara Delgado Lafuente					
			Fecha: Julio 2016			Hoja nº 1		
Pieza/Marca	Material	Nº Piezas	Kg elemento o m ²	+Bruto (10%)	€/kg o €/elemento	Precio unitario		
1	Contrachapado abedul	1	2,787	3,066	0,60	1,840	3679,200	
2	Espuma de Poliuretano	1	0,025	0,027	6,07	0,164	327,780	
3	Espuma de poliuretano	1	0,023	0,025	6,07	0,152	303,500	
2	Tela ignífuga	1	0,500	-	0,90	0,450	900,000	
3	Tela ignífuga	1	0,360	-	0,90	0,324	648,000	
5	Acero suave	1	2,316	-	0,41	0,950	1899,120	
6	SBR	4	0,006	-	1,64	0,039	78,720	
-	Adhesivo	-	-	-	0,20	0,200	400,000	
4	STABILUS SOM SR	1	-	-	9,35	9,350	18700,000	
7	Plato	1	-	-	2,26	2,260	4520,000	
8	Remache POP 6x12	4	-	-	0,06	0,060	118,560	
-	Embalaje	1	-	-	0,08	0,08	160	
TOTAL						15,868	31734,880	

Tabla 10: Hoja de Costo de Materiales

Por tanto, los costes totales en materia prima y elementos serían de 31.574,88 € para 2000 unidades.

2.1.2 MANO DE OBRA DIRECTA (m.o.d.)

La mano de obra directa engloba al conjunto de operarios que realizan físicamente las operaciones que transforman la materia; es decir, su relación con la producción es directa, y tienen la responsabilidad del cumplimiento de las funciones establecidas para su puesto de trabajo.

En este caso, al realizarse un presupuesto para un lote de 2000 productos, no puede considerarse el salario anual de los trabajadores. Sin embargo, es necesario obtener estos datos para calcular el salario/hora:

$$\text{Salario/día (Sd)} = \text{Salario base/día (Sbd)} + \text{Plus/día (Pd)}$$

$$\text{Remuneración anual (Ra)} = \text{Sd} \times (365 + 60 \text{ días por pagas extra})$$

$$\text{Salario/hora (S)} = \text{Ra} / \text{Horas de trabajo efectivas al año (He)}$$

Horas de trabajo efectivas al año (He): se establecen anualmente para cada sector industrial o empresa con convenio colectivo propio. Suele considerarse en 1800h.

El salario de los trabajadores varía según la categoría profesional. En la Tabla 11 se muestran los datos recopilados y los cálculos realizados.

	Of.1	Of.2	Of.3	Especialista	Peón	Aprendiz	Pinche
Salario base/día (Sbd)	19,38	18,08	16,96	15,84	15,10	11,18	10,25
Plus/día (Pd)	24,67	23,00	21,58	20,16	19,21	14,23	13,04
Salario/día (Sd)	44,05	41,08	38,54	36,00	34,31	25,41	23,29
Remuneración anual (Ra)	18720	17460	16380	15300	14580	10800	9900
Salario/hora (S)	10,40	9,70	9,10	8,50	8,10	6,00	5,50

Tabla 11: Salario para las distintas categorías profesionales

Teniendo en cuenta la metodología de los procesos industriales de fabricación, se ha creado la siguiente tabla con los costes de cada elemento y los procesos que lo componen (Tabla 12). Se ha optado por pagar a los operarios la hora completa aunque no lleguen a completarla:

HOJA DE COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA		Trabajo Fin Grado					
		MI, silla ergonómica para músicos de orquesta sinfónica					
		Ejecutado por Lara Delgado Lafuente					
		Fecha: Julio 2016					Hoja nº 2
Elementos fabricados y montajes	Cantidad	Operación	Operario	Tiempo		Salario (€/h)	Coste (€)
				Unidades (U/h)	Tiempo (h)		
Asiento madera	2000	Corte láser	Especialista	30	67	8,50	569,50
		Prensado	Oficial 3ª	25	80	9,10	728,00
Cojín respaldo	2000	Cortado	Especialista	60	34	8,50	289,00
		Tapizado	Especialista	60	34	8,50	289,00
Cojín asiento	2000	Cortado	Especialista	30	67	8,50	569,50
		Tapizado	Especialista	60	34	8,50	289,00
Base cuatro apoyos	2000	Torneado	Especialista	40	50	8,50	425,00
		Moldeo (x4)	Oficial 3ª	60	134	9,10	1219,40
		Soldadura (x4)	Oficial 1ª	150	54	10,40	561,60
Soporte goma	8000	Vulcanizado	Oficial 3ª	250	32	9,10	291,20
Montaje cojines	4000	Adhesivado	Especialista	40	100	8,50	850,00
Montaje plato	8000	Remachado	Oficial 3ª	400	20	9,10	182,00
TOTAL							6263,20

Tabla 12: Hoja de costo de mano de obra directa

Para dar mayor realismo al presupuesto se ha decidido incluir también el control de calidad y el empaquetado, que se muestran en la Tabla 13.

En el caso del control de calidad, se revisará el 10% de las piezas, y el 10% de los productos terminados.

HOJA DE COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA		Trabajo Fin Grado					
		MI, silla ergonómica para músicos de orquesta sinfónica					
		Ejecutado por Lara Delgado Lafuente					
		Fecha: Julio 2016				Hoja nº 3	
Elementos	Cantidad	Operación	Operario	Tiempo		Salario (€/h)	Coste (€)
				Unidades (U/h)	Tiempo (h)		
Asiento madera	200	Calidad	Oficial 1ª	50	4	10,40	41,60
Cojín respaldo	200	Calidad	Oficial 1ª	50	4	10,40	41,60
Cojín asiento	200	Calidad	Oficial 1ª	50	4	10,40	41,60
Conjunto base	200	Calidad	Oficial 1ª	40	5	10,40	52,00
Producto final	200	Calidad	Oficial 1ª	30	7	10,40	72,80
Embalaje	2000	Empaquetado	Especialista	100	20	8,50	170,00
TOTAL							419,60

Tabla 13: Hoja de costo de la mano de obra directa para los operarios de control de calidad y embalaje

Sumando los resultados de las dos tablas anteriores obtendremos los resultados finales del coste de la mano de obra directa:

$$\text{Coste m.o.d.} = \text{m.o.d. en la fabricación} + \text{m.o.d. en calidad y empaquetado} =$$

$$6263,20 \text{ €} + 419,60\text{€} = \underline{6682,80\text{€}}$$

2.1.3 PUESTO DE TRABAJO (p.t.)

Para la fabricación de cualquier producto se requiere maquinaria, herramientas e instalaciones que originan un costo durante su funcionamiento, y que además requieren de mantenimiento. La Tabla 14 representa los costes de maquinaria y mantenimiento, teniendo en cuenta que el coste energético es de aproximadamente 0,076€/kWh.

HOJA DE COSTO DE PUESTO DE TRABAJO		Trabajo Fin Grado					
		MI, silla ergonómica para músicos de orquesta sinfónica					
		Ejecutado por Lara Delgado Lafuente					
		Fecha: Julio 2016					Hoja nº 4
Maquinaria	Nº	Coste (€)	kW/h	Horas de lote	Consumo	Coste Consumo	Coste total
Láser CNC	1	40.000	50,00	67	3350,00	254,60	40.254,60
Prensa	1	20.000	10,00	80	800,00	60,80	20.057,57
Corte por hilo	1	2.000	7,50	101	757,50	57,57	2.757,50
Banco de tapizado	1	100	0,00	68	0,00	0,00	100,00
Torno	1	50.000	1,82	50	91,00	6,91	50.006,91
Banco moldeo	1	12.000	0,30	134	40,20	3,06	12.003,06
Soldadura	1	2.000	16	54	864,00	65,66	2.864,00
Banco vulcanizado	1	7.000	0,28	32	8,96	0,68	7.000,68
Banco adhesivado	1	150	0,00	100	0,00	0,00	150,00
Banco remachado	1	120	0,00	20	0,00	0,00	120,00
Banco de calidad	1	100	0,32	24	7,68	0,58	100,58
Banco de empaquetado	1	170	0,00	20	0,00	0,00	170,00
TOTAL		133.640				449,86	134089,86

Tabla 14: Hoja de costo del puesto de trabajo

El coste del puesto de trabajo es necesario amortizarlo (133.640€); esta amortización pretende realizarse con la venta de los dos primeros lotes, como se mencionó anteriormente, de forma que los siguientes lotes ya no se vean afectados por el coste de la maquinaria. De esta forma, la amortización será de 66.820€ para el primer y segundo lote. Esto nos permitirá bien bajar el precio de venta al producto en los siguientes lotes, u obtener más margen de beneficio.

Una vez obtenidos los datos de coste de material, mano de obra directa y puesto de trabajo, podemos calcular el Coste de Fabricación (Cf):

Coste de material:	31734,88€
Coste de m.o.d.:	6682,80€
Coste de mantenimiento del puesto de trabajo.:	449,86€
<hr/>	
Coste de fabricación:	38867,54€
Coste de amortización (dos primeros lotes):	66820,00€

2.2 Gastos Generales (G.G.)

Es el costo total necesario para el funcionamiento de la empresa, excluyendo los costos anteriormente analizados. Corresponde a la nómina de los empleados, pluses, incentivos, elementos de seguridad, licencias fiscales, el consumo general de energía, amortización de las instalaciones, publicidad...

La empresa determina anualmente el porcentaje dedicado a este tipo de gastos, y el rango de valores está estipulado por el Real Decreto 982/1987, debiendo encontrarse este porcentaje entre el 13% y el 17% del coste correspondiente a la mano de obra directa. En este caso, lo calcularemos para un 15%:

$$\text{Gastos Generales} = 15\% \text{ m.o.d.} = 6682,80\text{€} \times 0,15 = \underline{1002,42\text{€}}$$

2.3 Mano de obra indirecta (m.o.i.)

Está formada por el conjunto de operarios relacionados directamente con la producción, pero sin responsabilidad sobre el puesto de trabajo: conserjes, supervisores de planta, etc.

La empresa determina cada año el porcentaje que representa la mano de obra indirecta respecto de la directa, considerando el conjunto de operarios de ambas plantillas. En este caso aplicaremos el 20% sobre la mano de obra directa:

$$m.o.i. = 20\%m.o.d. = 6682,80\text{€} \times 0,20 = \underline{1336,56\text{€}}$$

2.4 Cargas Sociales (C.S.)

Las cargas sociales representan el conjunto de aportaciones de la empresa a diversos departamentos y organismos oficiales para cubrir las prestaciones del personal en materia de Seguridad Social y accidentes de trabajo y otras previsiones como la Formación Profesional, el Seguro de Desempleo, el Fondo de Garantía Salarial, etc.

En este caso aplicaremos un porcentaje del 25% sobre el conjunto de la mano de obra (directa e indirecta):

$$CS = (6682,80 + 1336,56) \text{€} \times 0,25 = 2004,84\text{€}$$

Una vez obtenidos todos estos datos ya podemos proceder al cálculo del Costo Total de Fabricación (Ct):

$$Ct = Cf + m.o.i. + CS + GG$$

La amortización solo se aplica al primer lote, que es cuando se quiere recuperar la inversión en maquinaria. Por ello, una vez amortizado, el costo total de fábrica se reducirá. Por ello, se presentan los costos con amortización y sin amortización.

$$\begin{aligned} \underline{\text{Costo total de fábrica con amortización}} &= Cf + m.o.i. + GG + \text{Amortización} + CS \\ &= 38867,54\text{€} + 1336,56\text{€} + 1002,42\text{€} + 66820,00\text{€} + 2004,84\text{€} = 110051,36\text{€} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{\text{Costo total de fábrica sin amortización}} &= Cf + m.o.i. + GG + CS \\ &= 38867,54\text{€} + 1336,56\text{€} + 1002,42\text{€} + 2004,84\text{€} = 43211,36\text{€} \end{aligned}$$

3. BENEFICIO INDUSTRIAL (B.I)

El porcentaje del beneficio industrial es establecido por la empresa, y depende de ciertas condiciones como la necesidad de consecución del pedido, la competencia, las cargas de trabajo, etc.

Se expresa en porcentaje sobre el costo total de fábrica, y en este caso se ha determinado una ganancia del 35% para los dos primeros lotes:

$$110051,36 \times 0,35 = \underline{38517,98\text{€}}$$

4. PRECIO DE VENTA DE FÁBRICA (pV)

Está representado por la suma del costo total de fábrica y el beneficio industrial:

$$Pv = Ct + BI$$

Para los dos primeros lotes:

$$Pv = 110051,36\text{€} + 38517,98\text{€} = 148569,34\text{€}$$

Por tanto, el precio de fábrica unitario sería de 74,29€. Podemos estimar el precio de mercado añadiendo a esta cantidad el I.V.A. (21%), obteniendo un precio final de aproximadamente 90€.

La principal estrategia comercial era ofrecer un producto de calidad igual o superior a lo existente actualmente en el mercado, y a un precio sensiblemente más reducido. Puesto que se ha conseguido que el precio del primer lote no supere los 90€, estando todas las sillas para músicos del mercado por encima de los 100€, se considera que se ha logrado este objetivo.

Por ello, se ha decidido que tras el segundo lote, este precio se mantenga. A continuación realizaremos los cálculos inversos para estimar el beneficio industrial que se obtendrá a partir del tercer lote:

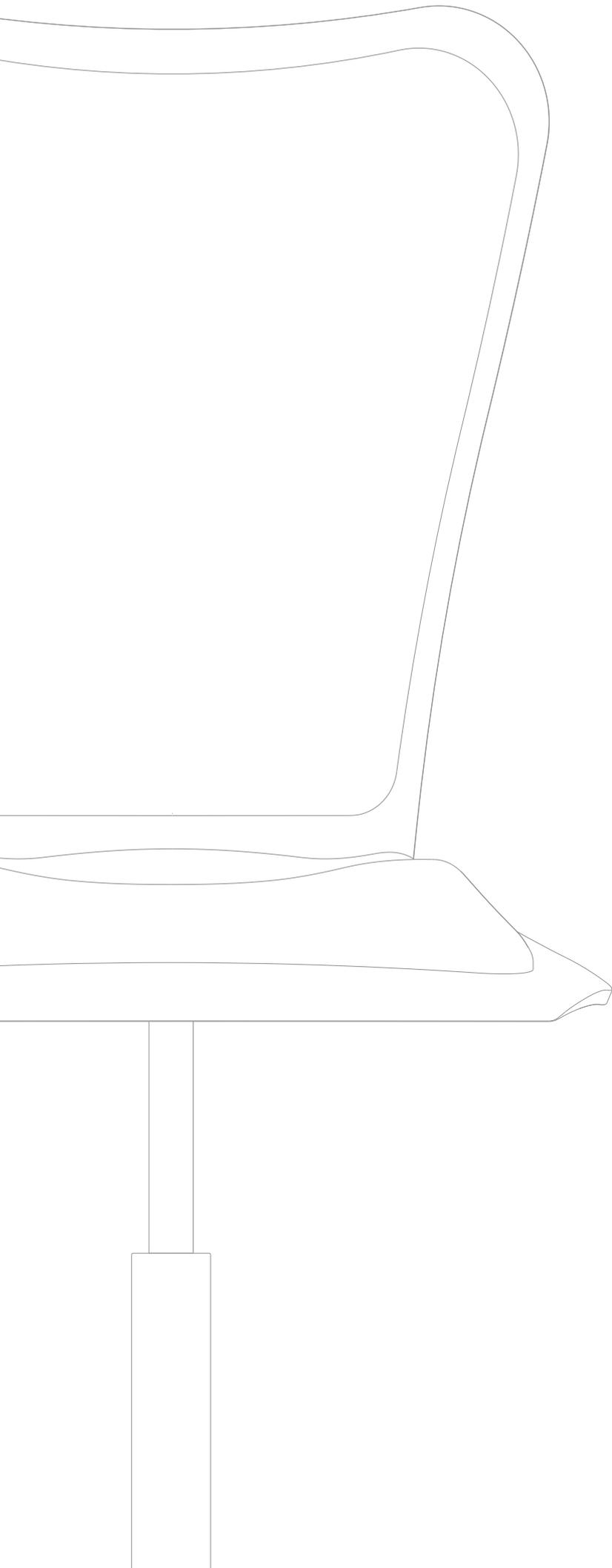
$$\begin{aligned}P_v &= 43211,36€ + BI \\148569,34 &= 43211,36 + BI \\BI &= 105357,98€\end{aligned}$$

5. CONCLUSIONES

Se ha logrado reducir al máximo los costes, a pesar de la gran inversión inicial a realizar a causa de la necesidad de varias máquinas distintas. El resultado es más que satisfactorio, puesto que al ser el coste de fabricación muy reducido tenemos varias opciones a la hora de fijar una estrategia con el precio. Como se ha mencionado a lo largo de todo el proyecto, era objetivo principal la obtención de un precio reducido, sensiblemente menor que el de las sillas para músicos existentes, sin reducir la calidad y prestaciones del mueble. De esta manera, el producto sería atractivo y asequible tanto para particulares que buscan una silla para las horas de ensayo en casa, como para Conservatorios y Auditorios que, en su gran mayoría se financian con dinero de la Administración Pública.

Por tanto, no supondría un gran incremento del gasto en mobiliario para la Administración la adquisición de este tipo de sillas especializadas en lugar de sillas acolchadas convencionales, pero sí una gran mejora de las condiciones de trabajo de los músicos.

Como comentábamos, el precio de salida está previsto en los 90€. Sin embargo, la posibilidad de estrategias de precio son amplias, pudiendo plantear una amortización en tres lotes en lugar de en dos, obteniendo así un precio de salida menor (Aproximadamente 72€); también cabe la posibilidad de, tras la amortización del puesto de trabajo, reducir ligeramente el precio final (puesto que todavía existiría un beneficio industrial muy elevado) para aumentar las ventas.



conclusiones_

1. CONCLUSIONES

La realización de este proyecto ha dado como resultado un producto innovador, diseñado con el fin de evitar uno de los mayores problemas actuales sufridos por los músicos de orquesta: los daños posturales debidos a un mobiliario inadaptado, que ocasionan numerosas lesiones y patologías.

Aunque no se han logrado todos los requisitos deseados en la fase inicial, en parte también porque muchos de ellos son incompatibles, el resultado final es más que satisfactorio. La geometría de toda la parte del asiento, incluidos los cojines, responde a un riguroso estudio ergonómico, y pretende lograr una mejora de la postura sedente del usuario al tocar, que evite la aparición de posibles lesiones y que garantice la comodidad durante largas horas de ensayo o concierto. Además, se ha conseguido incluir también la prevención de las patologías del pudendo, ofreciendo esto una gran ventaja para las músicas embarazadas, las cuales sufren numerosos problemas durante este periodo, y también en el postparto, al apoyarse sobre la zona perineal.

El mecanismo de elevación se basa en una serie de cálculos antropométricos que pretenden adaptar el producto a la estatura tanto de jóvenes estudiantes de música como a profesionales, y que pretende que el ajuste se haga de la manera más cómoda y rápida posible, únicamente con el accionamiento de una palanca.

A todo esto añadimos una gran libertad de movimientos, ligereza sensiblemente inferior a las habituales sillas de oficina, y una estética muy cuidada y elegante, pensada especialmente para los auditorios y espacios de conciertos actuales.

Es cierto que algunos aspectos no han podido llevarse a cabo: por ejemplo, habría sido deseable un respaldo móvil con mayor posibilidad de adaptación, y la existencia de algún método de transporte o plegado que facilitase el almacenaje. Sin embargo, se ha dado prioridad a los requisitos económicos, puesto que es uno de los factores más importantes de cara a la diferenciación del producto en el mercado; además, debemos tener en cuenta que nuestros principales clientes serán Auditorios, Conservatorios y centros educativos, que por lo general dependen de Administraciones Públicas, por lo que los presupuestos son ajustados; dada la situación económica en nuestro país, es un hecho que últimamente se ha visto reducido el dinero público destinado a la educación y la cultura, por lo que estos presupuestos son cada vez más reducidos; de esta manera, resultaría muy difícil encontrar mercado para nuestro producto si los precios no son asequibles, de ahí la gran importancia de este requisito.

Me gustaría recalcar, que este proyecto no ha sido realizado con la única intención de ofrecer un producto que pudiese tener unos altos índices de compra. La simultaneidad de mis estudios como violista en el Conservatorio de Valladolid, y mi formación universitaria en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto me han llevado a tratar de encontrar el campo en el que ambas confluyen. Por una parte, como diseñadora de producto, la intención siempre de innovar y buscar solución a problemas cotidianos mediante la creación de nuevos productos; por otra, como música, las necesidades de este colectivo en el que me incluyo, y las carencias que la profesión presenta en la actualidad.

En mi opinión, el diseño de producto es una especialidad que roza prácticamente todos los campos, incluso el de la música. Aprovechando mis conocimientos sobre este mundo, y habiendo sufrido problemas posturales con el instrumento en primera persona, resulta gratificante diseñar un producto para solventar un problema bien conocido, y con el que muchos a mi alrededor se identifican. Un producto, en primer lugar tiene que resultar útil a la sociedad, y este es el principio fundamental que ha conducido el proyecto; realizar un producto que tenga en cuenta las necesidades de los músicos, evitando así posibles lesiones y haciendo más llevaderas las largas jornadas de estudios y conciertos.

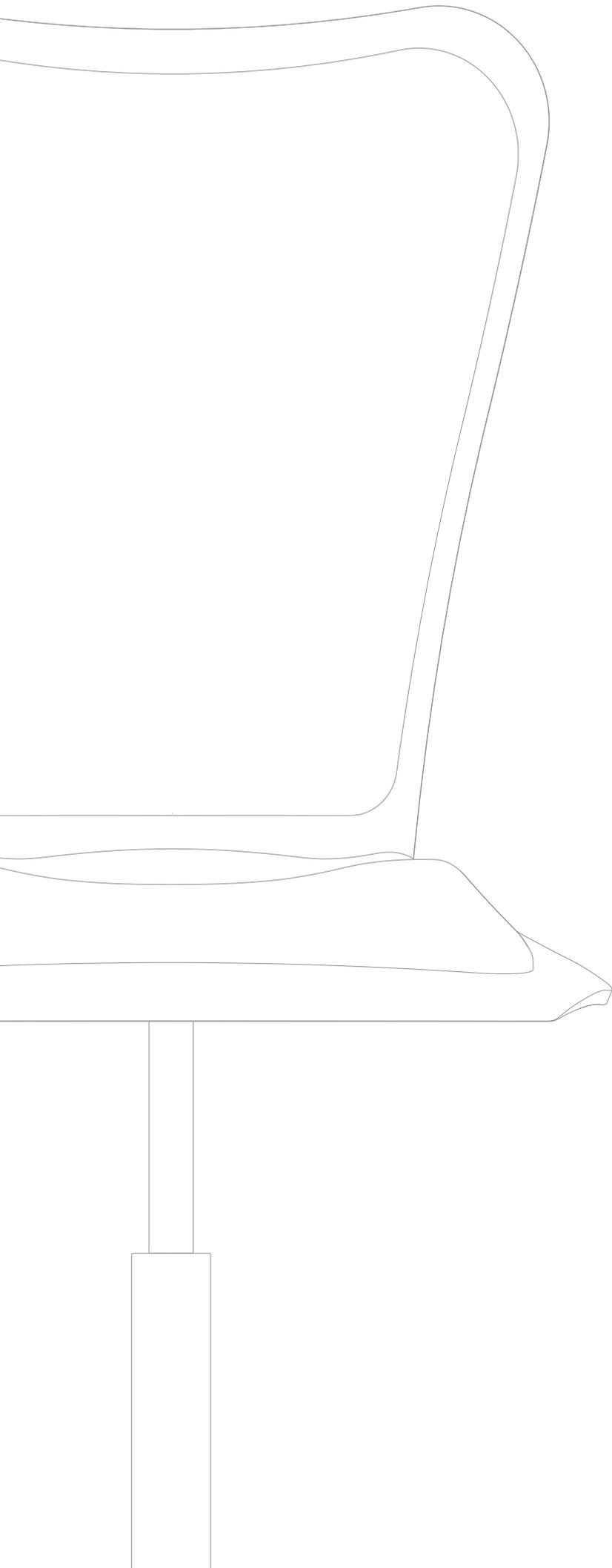
Por tanto, a nivel personal puedo concluir que me siento orgullosa del trabajo realizado, y agradecida a todas aquellas personas que me han brindado su apoyo y que se han entusiasmado con el proyecto tanto o más que yo.

2. LÍNEAS FUTURAS

Añadir que, a raíz de este diseño quedan multitud de opciones abiertas, que podrían ser desarrolladas en otros proyectos.

Por ejemplo, sería deseable que se ampliase la gama de mobiliario para orquesta siguiendo la línea de esta primera silla. Sin ir más lejos, se ha mencionado en el apartado de estudio de mercado que algunos instrumentistas necesitan unos requerimientos especiales a la hora de sentarse; por ello, y para lograr una mayor uniformidad sobre el escenario, sería deseable que se creasen también asientos adaptados a contrabajistas, baterías, directores de orquesta... siguiendo la misma estética de este primer proyecto, ofreciendo así soluciones para toda la orquesta.

Por otra parte, sería interesante también dar solución a otro problema planteado a lo largo del proyecto: la falta de un espacio destinado a la sujeción del instrumento cuando necesitamos liberar las dos manos. En este caso, sería conveniente realizar diversos accesorios que permitan ser colocados y retirados de la silla, según conveniencia, y que permitan la sujeción y el apoyo de los distintos instrumentos.



bibliografía_

Introducción

Conferencias y seminarios

MARTÍN LÓPEZ, TOMÁS. Músicos y lesiones; Centro Cultural Miguel Delibes (Valladolid, 23/04/2016)

Páginas web

FISIO EGUZKI: <http://fisioeguzki.com/fisioterapia-de-los-musicos/>
[Última consulta: 10/05/2016]

INDUSTRIALDESIGNEVOLUTION:
<http://industrialdesignevolution.blogspot.com.es/2008/11/diseo-ergonomico.html>
[Última consulta: 27/05/2016]

PREVENMUSA: <http://www.prevenmusa.com/2015/02/enfermedades-profesionales-musicos-en-clara-desventaja-respecto-a/>
[Última consulta: 10/05/2016]

PROMOCIÓN MUSICAL: <http://promocionmusical.es/salud-del-musico-profesion-de-riesgo/> [Última consulta: 10/05/2016]
<http://promocionmusical.es/salud-musico-enfermedad-profesional/>
[Última consulta: 10/05/2016]

Estudio de campo

Artículos y entrevistas

Entrevista Tomás Martín en el programa *Para Todos La 2*, 8 de mayo de 2015. Disponible en <http://www.rtve.es/alacarta/videos/para-todos-la-2/para-todos-2-entrevista-tomas-martin-lopez/3120665/>
[Última consulta: 22/05/2016]

Periódico La Gaceta. 20 de abril de 2015. Tocar sin dolor ya es posible, Tomás Martín López. Disponible en <http://www.musicosylesiones.com/#!entrevistas-y-articulos-en-prensa/cwhh>
[Última consulta: 22/05/2016]

Conferencias y seminarios

QUOIDBACH, JOSEPH. Posturología del músico; Centro Cultural Miguel Delibes (Valladolid, 24/04/2016)

MARTÍN LÓPEZ, TOMÁS. Músicos y lesiones; Centro Cultural Miguel Delibes (Valladolid, 23/04/2016)
[Última consulta: 10/06/2016]

Periódico La Nueva España 5 de octubre de 2015. La profesión del músico es una de las que más riesgo tiene de lesiones, Tomás Martín López. Disponible en <http://www.musicosylesiones.com/#!entrevistas-y-articulos-en-prensa/cwhh>
[Última consulta: 10/06/2016]

Libros

BUSTAMANTE, Antonio. Mobiliario escolar sano. Madrid: Fundación Mapfre, 2004

KAPANDJI, I.A. Cuadernos de fisiología articular. III, Tronco y raquis (versión española de E.Martínez). Barcelona: Toray-Masson, 1990. 2ª ed.

MARTÍN LÓPEZ, Tomás. Cómo tocar sin dolor, tu cuerpo tu primer instrumento. Valencia: Piles, 2015

ACMI: <http://www.acmi.org.co/pacientes/recomendaciones/higiene-postural>
[Última consulta: 20/06/2016]

CARM:

[https://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=34%20FI%20Violonchelo%2000912%20Copy.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=87199&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c897\\$m34327,8862,3920,30400,35004,33741,39345,39348](https://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=34%20FI%20Violonchelo%2000912%20Copy.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=87199&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c897$m34327,8862,3920,30400,35004,33741,39345,39348)
[Última consulta: 27/05/2016]

DOCTORALAVARA: <http://www.doctoralavara.es/sindrome-atrapamiento-nervio-pudendo/>
[Última consulta: 24/05/2016]

EL NORTE DE CASTILLA: <http://www.elnortedecastilla.es/v/20100925/cultura/prevenir-desde-conservatorio-20100925.html>
[Última consulta: 15/05/2016]

ESMAS: <http://www2.esmas.com/emprededor/herramientas-y-articulos/marketing/184455/competencia-competencia-directa-competencia-indirecta/>
[Última consulta: 11/07/2016]

FISIOTERAPIA ONLINE: <https://www.fisioterapia-online.com/articulos/que-es-la-neuralgia-del-pudendo-o-sindrome-de-atrapamiento-del-pudendo>
[Última consulta: 21/05/2016]

FOROATLETISMO: <http://www.foroatletismo.com/lesiones/sindromes-por-abuso/>
[Última consulta: 19/05/2016]

GRAN PAUSA: <http://granpauza.com/2014/12/15/distonia-focal-en-musicos-que-es-que-hacer-como-prevenir/>
[Última consulta: 20/05/2016]

INTRAMED: <http://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoID=23635>
[Última consulta: 21/05/2016]

INSHT:

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_efp_28.pdf

[Última consulta: 19/05/2016]

MADRID.ORG:

http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&blobkey=id&blobheadervalue1=filename%3Dmusc_castellano.pdf&blobwhere=1119140475679&blobheadername1=Content-

[Disposition&ssbinary=true&blobheader=application%2Fpdf](http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&blobkey=id&blobheadervalue1=filename%3Dmusc_castellano.pdf&blobwhere=1119140475679&blobheadername1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application%2Fpdf)

[Última consulta: 19/05/2016]

MEDIA.WIX:

http://media.wix.com/ugd/2a00d3_c1c4d79aa556464192f36a09d928941b.pdf

[Última consulta: 21/05/2016]

MSSSI: <http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/movimientos.pdf>

[Última consulta: 19/05/2016]

OSHA.EUROPA: <https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>

[Última consulta: 19/05/2016]

PERITAJE MÉDICO-FORENSE: <http://www.peritajemedicoforense.com/BUSTAMANTE4.htm>

[Última consulta: 22/05/2016]

PROMOCIÓN MUSICAL:

<http://promocionmusical.es/salud-del-musico-profesion-de-riesgo/>

[Última consulta: 10/05/2016]

<http://promocionmusical.es/la-fisioterapia-en-la-musica/>

[Última consulta: 21/05/2016]

<http://promocionmusical.es/dolor-de-musico-5-es-saludable-el-trabajo-que-realiza-ara-malikian/>

[Última consulta: 22/05/2016]

<http://promocionmusical.es/los-10-errores-mas-comunes-frente-al-instrumento/>

[Última consulta: 22/05/2016]

<http://promocionmusical.es/dolor-musico-arpista-profesion-de-riesgo/>

[Última consulta: 22/05/2016]

<http://promocionmusical.es/dolor-de-musico-como-empezar-tratamiento-interprete/>

[Última consulta: 23/05/2016]

REHABILITACIÓN PREMIUM: <http://rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/tania-sanchez/atrapamiento-del-nervio-pudendo-anatom%C3%AD-y-s%C3%ADntomatolog%C3%AD>
[Última consulta: 21/05/2016]

SCIELO:

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2013000100009
[Última consulta: 15/05/2016]

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062010000600003
[Última consulta: 21/05/2016]

SOCIAL MUSIK: <http://socialmusik.es/como-prevenir-lesiones-en-los-musicos/>
[Última consulta: 21/05/2016]

WILL POWER TRAINING: <http://www.willpowertraining.com/index.php/articulos/salud-y-nutricion/34-diferenciando-musculos-tonicos-y-fasicos>
[Última consulta: 22/05/2016]

Normativa vigente

UNE-EN 16139:2013. Mobiliario. Resistencia, durabilidad y seguridad. Requisitos para asientos de uso no doméstico.

UNE-EN 1729-1:2007. Mobiliario, sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 1, dimensiones funcionales.

UNE-EN 1729-2:2007. Mobiliario, sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 2, requisitos de seguridad y métodos de ensayo.

Libros

BUSTAMANTE, Antonio. Mobiliario escolar sano. Madrid: Fundación Mapfre, 2004

FIELL, Charlotte & Peter. 1000 chairs. Köln: Benedikt Taschen, 1977

TANNER, John. Mejore su espalda. Tursen S.A.: H. Blume, 2003

Páginas web

ADJUSTITRE:

<https://www.liviolinshop.com/products/vivo-usa-adjustrite-folding-musician-s-chair>

[Última consulta: 08/06/2016]

<http://allshop14.com/?p=33520>

[Última consulta: 08/06/2016]

AKURA-MEDICAL: http://akura-medical.com/portfolio_category/sillas-ergonomicas/

[Última consulta: 27/05/2016]

AYUDAS DINÁMICAS: <http://www.ayudasdinamicas.com/cojin-ergonomico-viscoflex-plus/>

[Última consulta: 27/05/2016]

<http://www.ayudasdinamicas.com/cojin-coxis/>

[Última consulta: 27/05/2016]

BUSTAMANTE: <http://www.cpaenet.es/banquetas>

[Última consulta: 09/06/2016]

<http://dedt.elisava.net/?cat=7>

[Última consulta: 09/06/2016]

COROFOT: <http://www.coroflot.com/xiaoli/furniture-design>

[Última consulta: 09/06/2016]

ENCORE: <https://www.blackcatmusic.co.uk/encore-chair-1.html>

[Última consulta: 09/06/2016]

ERGOAUSTRAL: <http://ergoaustral.cl/ergonomia/cojin-lumbar.html>
[Última consulta: 27/05/2016]

ERGOTRADING: http://ergotrading.net/neutral_posture/industrial/abchair.htm
[Última consulta: 27/05/2016]

EQUATILT: <http://www.corkpops.ie/pages/chair.html>
[Última consulta: 09/06/2016]
<http://equatilt.charlesfurniture.ie/about.html>
[Última consulta: 09/06/2016]

GLIDER: <http://www.spinalglide.com/products/musicians-glider/>
[Última consulta: 09/06/2016]

GUIL STORE: http://www.guilstore.es/category.php?id_category=29
[Última consulta: 28/05/2016]

IBANEZ: <http://www.ibanez.com/eu/products/accessories/throne.html>
[Última consulta: 09/06/2016]

INFOAUTÓNOMOS: <http://infoautonomos.eleconomista.es/estudio-de-mercado/analisis-de-la-competencia-en-tu-estudio-de-mercado/>
[Última consulta: 23/05/2016]

LA FÁBRICA DE INVENTOS: <http://lafabricadeinventos.com/servicios/estudio-de-la-competencia/>
[Última consulta: 23/05/2016]

MEY-MUSIC: <https://www.firstlightoptics.com/misc/mey-observing-chair.html>
[Última consulta: 08/06/2016]
http://mey-music.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=597&category_id=450&vmcchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=51
[Última consulta: 08/06/2016]
<http://www.mey-music.com/index.php/de/ergonomie>
[Última consulta: 08/06/2016]

MUEBLESLLUESMA:
<http://www.muebleslluesma.com/sillas-oficina/1178-silla-hag-capisco-8106.html>
[Última consulta: 27/05/2016]

MÚSICOS Y LESIONES: <http://www.musicosylesiones.com/#!/blank/c3s8>
[Última consulta: 08/06/2016]

NJIT: <http://www.njit.edu/features/sceneandheard/orchestra-seats.php>
[Última consulta: 09/06/2016]
<http://www.ofigrupsa.com/blog-sillas-par-musicos-la-perspectiva-del-diseno-ergonomico/>
[Última consulta: 09/06/2016]

OEPM: <http://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/detalle?referencia=P8803921>
[Última consulta: 27/05/2016]
<http://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/detalle?referencia=U201000377>
[Última consulta: 27/05/2016]
<http://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/detalle?referencia=U201100343>
[Última consulta: 27/05/2016]
<http://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/detalle?referencia=U200900241>
[Última consulta: 30/05/2016]
<http://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/detalle?referencia=U201101164>
[Última consulta: 30/05/2016]

OPSVIK: <http://www.opsvik.no/>
[Última consulta: 27/05/2016]
<http://www.opsvik.no/works/industrial-design/variable-balans#2627>
[Última consulta: 27/05/2016]

SALUD VERTICAL: <http://www.saludvertical.com/cojines-lumbares/299-cojin-cuna-harley-designer.html>
[Última consulta: 27/05/2016]

TEMPO: <http://www.tecno.com.au/tempo/>
[Última consulta: 09/06/2016]

WEGNER: <https://www.wengercorp.com/chairs/index.php>
[Última consulta: 08/06/2016]
<http://es.slideshare.net/WengerCorporation/01-wenger-introduccionysillas20132014>
[Última consulta: 08/06/2016]
http://modulabo.com/es/musica_sillera.html
[Última consulta: 08/06/2016]

Requisitos fundamentales

Libros

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA. Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico. Valencia; IBV, 1992

WILHIDE, Elizabeth. Como diseñar una silla. Barcelona: Gustavo Gili, 2012

Desarrollo y descripción del producto

Libros

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA. Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico. Valencia; IBV, 1992

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA. Guía de recomendaciones para el diseño y selección de mobiliario docente universitario. Valencia; IBV, 1995

Páginas web

FARNELL: <http://www.farnell.com/datasheets/1694931.pdf>
[Última consulta: 03/07/2016]

INSHT:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf
[Última consulta: 13/06/2016]

PLATO SILLA:

<http://spanish.alibaba.com/product-gs/hot-sell-office-chair-mechanism-powder-coating-chassis-for-office-chair-seat-plate-chair-components-for-grade-clerk-chair-60019428974.html>

[Última consulta: 07/07/2016]

STABILUS:

<http://www.stabilus.com/>

[Última consulta: 07/01/2016]

http://www.stabilus.com/fileadmin/download/SOM_SR_02.pdf

[Última consulta: 07/07/2016]

Materiales

Páginas web

ADHESIVOSKEFREN:

<http://www.adhesivoskefren.com/aplicaciones/tapiceria-y-colchones/mueble-tapizado/>

[Última consulta: 06/07/2016]

CONSTRUMATICA:

http://www.construmatica.com/construpedia/Tableros_Contrachapados

[Última consulta: 03/07/2016]

http://www.construmatica.com/construpedia/Espuma_de_Poliuretano

[Última consulta: 05/07/2016]

CORTINASYCORTINAS:

<http://www.cortinasycortinas.es/categor%C3%ADa-producto/telas-ignifugas/>

[Última consulta: 06/07/2016]

CSCAE:

http://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/actividades/act_paginas/libro/11%20Tableros%20contrachapados.pdf

[Última consulta: 03/07/2016]

EIS.UVA: <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>
[Última consulta: 15/07/2016]

ERICA: <http://www.eric.es/web/sbr-butadieno-estireno/>
[Última consulta: 08/07/2016]

ESPACIOHOGAR: <http://espaciohogar.com/como-conseguir-espuma-para-tapizar/>
[Última consulta: 05/07/2016]

ESPUMAENCASA: <https://www.espumaencasa.es/plancha-espuma-dura>
[Última consulta: 05/07/2016]

INFOMADERA:
http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_5321_2520615.pdf
[Última consulta: 02/07/2016]

LAMANETA: <http://lamaneta.com/news/blog/2013/05/24/17535/>
[Última consulta: 09/07/2016]

MONTAJESURBANOS: <http://montajesurbanos.com/aceroalcarbon.html>
[Última consulta: 09/07/2016]

MUNDOARQUITECTURA:
<http://www.mundodearquitectura.com/el-plywood-o-madera-contrachapada.html>
[Última consulta: 03/07/2016]

PARRO: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-resina+fen%F3lica>
[Última consulta: 09/07/2016]

POWDERCOATING: <http://www.powdercoating.org/?page=WhatIsPC>
[Última consulta: 09/07/2016]

TEXTOSCIENTIFICOS: <http://www.textoscientificos.com/caucho/sbr>
[Última consulta: 08/07/2016]

WIKIARQUITECTURA: https://es.wikiarquitectura.com/index.php/Auditorio_de_Barcelona
[Última consulta: 02/07/2016]

WISAPLYWOOD:
http://www.wisaplywood.com/SiteCollectionDocuments/Brochures/handbook_ES.pdf
[Última consulta: 05/07/2016]

APRENDEMOSTECNOLOGÍA: <https://aprendemostecnologia.org/2009/03/16/metodo-de-moldeo-por-arena/>

[Última consulta: 10/07/2016]

BARBIERIGOMMA:

<http://www.barbierigomma.it/Catalogo/ProdottiStandard/Paracolpipiediniingomma/tabid/104/language/es-ES/Default.aspx>

[Última consulta: 09/07/2016]

BARNIZADOENCOLADOMUEBLE:

<http://www.barnizadoencoladomueble.com/el-curvado-de-la-madera-y-adhesivos-empleados/>

[Última consulta: 09/07/2016]

BRICONATUR: <http://blog.briconatur.com/los-remaches-para-que-sirven-y-como-se-usan/>

[Última consulta: 10/07/2016]

CLICKMICA: <http://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/grandes-descubrimientos/17-edad-contemporanea/48-la-vulcanizacion-del-caucho>

[Última consulta: 10/07/2016]

FRESADORAS: <http://www.fresadoras-cnc-mnova.com/corte-por-hilo-caliente.html>

[Última consulta: 09/07/2016]

IMH: <http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/introduccion-a-los-procesos-de-fabricacion/conformacion-por-mecanizado/mecanizado-por-arranque-de-viruta/torneado>

[Última consulta: 10/07/2016]

INDUMETAN: <http://www.indumetan.com/que-es-el-torneado-definicion/>

[Última consulta: 10/07/2016]

INGEMECANICA: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn45.html>

[Última consulta: 10/07/2016]

JORGE CARRIL: <http://jorgecarril.com/curvado-de-madera/>
[Última consulta: 09/07/2016]

MATERIAS.FCYT: <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-22.pdf>
[Última consulta: 10/07/2016]

QUIMINET:
<http://www.quiminet.com/articulos/la-fundicion-en-arena-un-proceso-de-calidad-2577704.htm>
[Última consulta: 10/07/2016]

RECURVAL: <http://recurval.com/>
[Última consulta: 09/07/2016]

TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2012/01/vulcanizacion.html>
[Última consulta: 10/07/2016]

TENDU: <http://www.tendu.com/hotwire.htm>
[Última consulta: 09/07/2016]

Presupuesto

Libros

CABALLERO BLANCO, Moisés. Apuntes para la asignatura Taller III, Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, EII UVa, Valladolid.

Páginas web

FERRETERIAS INDUSTRIALES: <http://www.ferreteriasindustriales.es/remaches/remache-aluminio-6x12-250pzs-8423552000762-9315>
[Última consulta: 13/07/2016]

PLATO SILLA:

<http://spanish.alibaba.com/product-gs/hot-sell-office-chair-mechanism-powder-coating-chassis-for-office-chair-seat-plate-chair-components-for-grade-clerk-chair-60019428974.html>

[Última consulta: 07/07/2016]

STABILUS:

http://www.stabilus.com/fileadmin/download/SOM_SR_02.pdf

[Última consulta: 07/07/2016]

Software

CES SELECTOR EDUPACK 2011 – Software de selección de materiales

Anexos

Páginas web

EVALANDGO:

<http://app.evalandgo.com/s/?id=JTk1aiU5NXEiOTglQUE%3D&a=JTIEcCU5M2glOTg%3D>

[Última consulta: 09/07/2016]

FARNELL: <http://www.farnell.com/datasheets/1694931.pdf>

[Última consulta: 03/07/2016]

MUSICIANSHEALTHCARE:

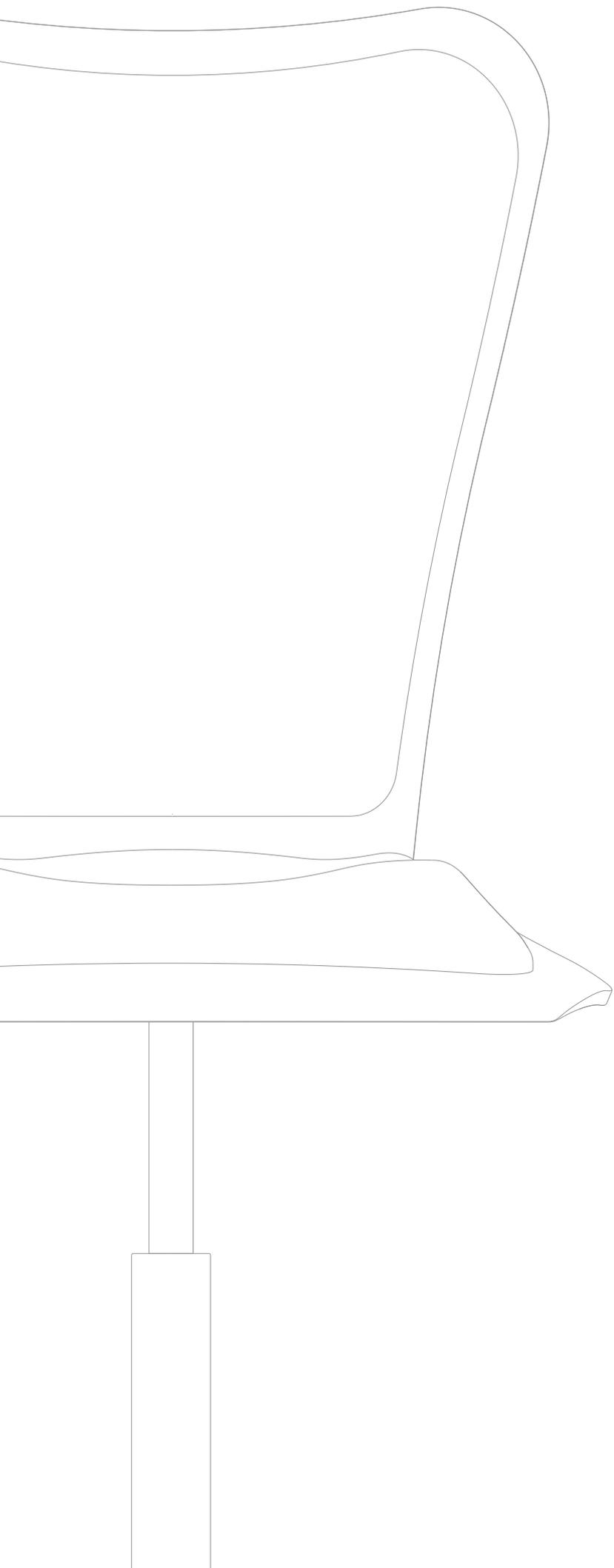
<http://www.musicianshealthcare.com/p/afecciones-mas-comunes.html>

[Última consulta: 03/07/2016]

STABILUS:

http://www.stabilus.com/fileadmin/download/SOM_SR_02.pdf

[Última consulta: 07/01/2016]



1. ANEXO 1:

ESTUDIOS SOBRE LA INCIDENCIA DE LESIONES RELACIONADAS CON LA PRÁCTICA INSTRUMENTAL

En las últimas décadas y con la aparición de un mayor número de individuos dedicados profesionalmente a la música, ha aparecido una mayor preocupación por este colectivo y por el alto riesgo de lesiones que acarrea esta práctica, ya que la población musical se encuentra en el segundo lugar, después de los operadores de ordenador, de estar en riesgo de padecer lesiones músculo-esqueléticas. Se han realizado varios estudios sobre la incidencia de este tipo de lesiones en músicos profesionales:

En el International Congress of Symphony and Opera Musicians de 1986 se presentó un estudio realizado entre 2212 instrumentistas de diversos instrumentos, pertenecientes a 48 orquestas distintas, en donde el 76% de los músicos declaraba haber tenido por lo menos un problema médico serio suficiente como para afectar a su rendimiento profesional. En ese mismo año, Martin Fishbein realizó un estudio entre 4000 músicos de orquesta en los Estados Unidos y obtuvo como resultado que el 66% de los músicos de cuerda presentaron afecciones músculo-esqueléticas relacionadas a la práctica instrumental.

En 1988, la revista médica *Medical Problems of Performing Artist (MPPA)* publicó un artículo de Ralph Manchester orientado a la incidencia de los problemas médicos más frecuentes. El estudio fue realizado a 246 estudiantes de música. Entre el 5% y 10% presentaron incomodidad relacionada a su instrumento; las mujeres se vieron hasta dos veces más afectadas que los hombres, y el rango de edad como factor de riesgo fue de entre 17 y 39 años.

Alan Lockwood en 1989 realizó revisiones sobre las afecciones de los músicos, y fueron publicadas en el *New England Journal*, atrayendo la atención de los médicos hacia la medicina enfocada a las artes interpretativas, pues mostró que casi un 50% de los músicos que referían problemas relacionados a sus instrumentos se veían amenazados de terminar sus carreras artísticas. También concluyó que los instrumentistas de cuerda se encontraban en el riesgo más alto de adquirir problemas músculo-esqueléticos. En ese mismo años, la *Association of Medical Advisors to British Orchestras (AMABO)* asegura que más del 15% de especialistas en música clásica se ausenta un mes al año debido a trastornos relacionados con su profesión.

Jaume Rosset i Llobet y cols. realizó un reciente estudio (2000) donde analiza las 1639 encuestas a músicos catalanes para determinar los factores de riesgo que los predisponen a adquirir problemáticas en su actividad. Se demostró que el 77.9% de los encuestados refieren tener o haber tenido una problemática en la práctica de su instrumento y que a un 37.3% de éstos les afectó en su capacidad para tocar, siendo el sistema músculo-esquelético el más afectado (85.7%). Se identificaron como factores de riesgo: la edad, curso (tiempo de estar tocando), dedicación, el hecho de ser profesional, cambio de rutina y el instrumento que tocan. Encontraron como zonas más afectadas las extremidades superiores y el cuello y mayor prevalencia de afecciones en instrumentos de viento metal, percusión y cuerda frotada. Sugieren que las molestias referidas por hombres son debido a sobreesfuerzos o sobreuso y en el caso de mujeres por postura o tensionales. Se enfatiza que las comunidades musicales idealmente sean estudiadas por separado y que la problemática difiere según la educación musical, condiciones sociolaborales de cada país, y peculiaridades individuales, concluyendo además, que antes de diseñar un plan de prevención, es necesario estudiar a la población en cuestión, pues pueden existir diferencias importantes en las estadísticas realizadas en otros países.

2. ANEXO 2:

ENCUESTAS REALIZADAS A ESTUDIANTES Y TRABAJADORES DE LA MÚSICA

1. ¿Qué edad tienes?

2. ¿Qué instrumento tocas? *

3. ¿En qué país resides actualmente? *

4. ¿Cuál es tu situación actual? *

Estudio grado elemental de música

Estudio grado profesional de música

Estudio en un Conservatorio Superior

He terminado mis estudios y me dedico profesionalmente a la música

Terminé mis estudios musicales pero no continué con ello

5. ¿Has sufrido alguna vez alguna lesión o molestia relacionada con la práctica musical? *

Sí

No, nunca

6. Si la respuesta anterior ha sido afirmativa, por favor indica qué tipo de lesiones o molestias

7. ¿Qué porcentaje del tiempo en el que tocas lo haces sentado? *

8. ¿Estás completamente seguro de que tu postura al tocar sentado es la más adecuada? *

Sí

No

9. Cuando tocas sentado...

*

Me siento al borde de la silla

Me apoyo sobre todo el asiento

10. ¿Consideras el respaldo un elemento importante en la silla del músico?

*

Sí, me apoyo en él constantemente

Sí, me apoyo de vez en cuando para descansar

No, no lo uso casi nunca

11. ¿Crees que la silla que utilizas habitualmente para tocar se adapta a tus necesidades como músico?

*

Sí, utilizo una silla para músicos y es justamente lo que necesito

Sí, utilizo una silla convencional pero estoy conforme con ella

No, utilizo una silla para músicos pero creo que se podría mejorar

No, utilizo una silla convencional y no se adapta a mis necesidades

12. ¿Utilizas algún tipo de elemento para adaptar la silla? *

No

Cojín en cuña

Cojín lumbar

Tacos para las patas traseras

Otro

13. ¿Te gustaría que tu Conservatorio o lugar de trabajo pusiese a tu disposición sillas especialmente diseñadas para músicos? *

Sí

No

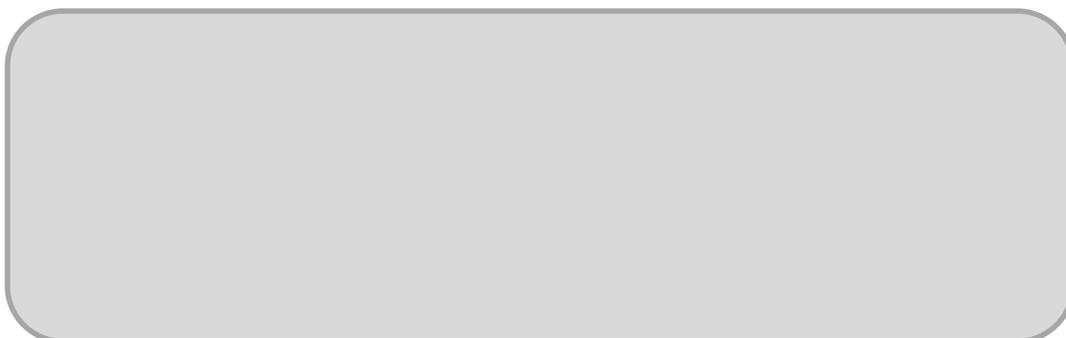
14. ¿Estarías interesado en adquirir una silla ergonómica para músicos para tus horas de estudio en casa? *

Sí, si el precio no supera los 100€

Sí, si el precio es razonable

No

15. ¿Qué característica o características te gustaría que tuviese una silla para instrumentistas como tú?



3. ANEXO 3:

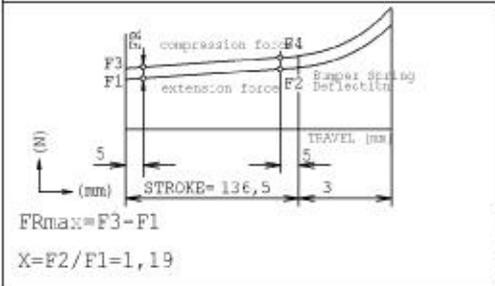
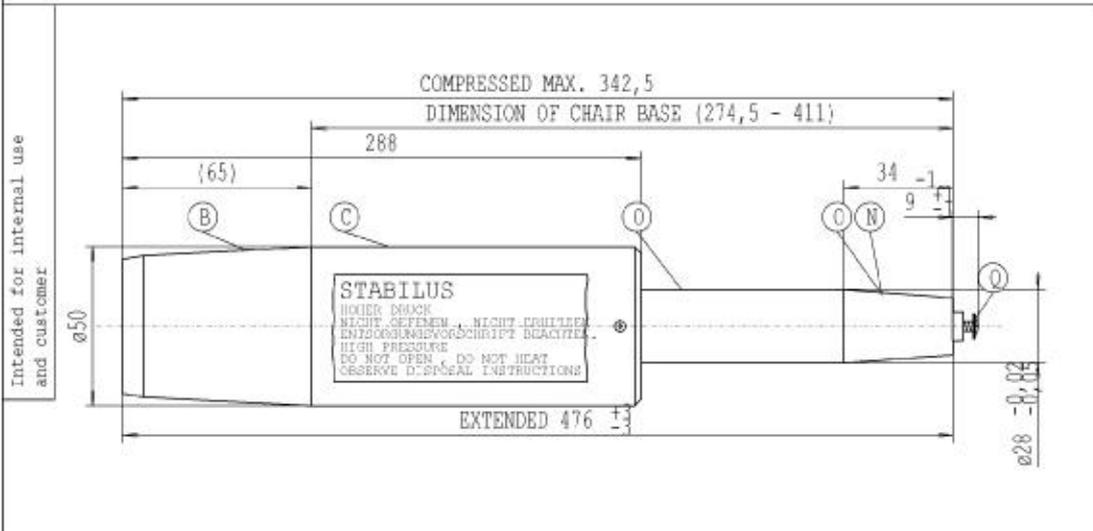
DETALLES TÉCNICOS DE ELEMENTOS COMERCIALES

Este anexo pone a disposición del lector los catálogos comerciales tanto del pistón como de los remaches utilizados, donde el fabricante especifica todas las características técnicas del elemento.

Pistón gas



SOM SR



- B | cone angle: 1:26:16
- C | black painted
- N | cone angle: 1:26:16
- O | nitride light
- Q | black passivated

NEW	SERIE
OLD	VERSUCH
CHG.NO.	604466
NAME	1.7.13 SCHAFFER
NO.	1

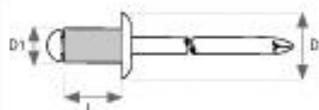
Forces (statically measured)		
F1 (N)	F4 max (N)	FR max (N)
extension force	compression force	friction
300 ±40	520	100

DIMENSIONS WITH- OUT TOLERANCE	STAB-O-MAT-COLUMN
+/-1	08 27 1023 25 136

Remaches

Aluminio/Acero

STANDARD

Cabeza: AlMg 3
Vástago: acero cincado

Diámetro remache D1	Longitud remache L	Espesor a remachar (mm)		Código del artículo	Embalaje	
		mínimo	máximo		interior	exterior
4,0 ø taladro 4,1 mm	6	1,5	3,0	6300413	500	10.000
	7	3,0	4,0	6300421	500	10.000
	8	4,0	5,0	6300448	500	10.000
	10	5,0	6,5	6300456	500	10.000
	12	6,5	8,5	6300464	500	5.000
	14	8,5	10,5	6300472	500	5.000
	16	10,5	12,5	6300480	500	5.000
	18	12,5	14,5	6300499 E	500	5.000
	20	14,5	16,5	6300502	500	5.000
4,8 ø taladro 4,9 mm	6	2,0	2,5	6300707	500	10.000
	8	2,5	4,5	6300715	500	10.000
	10	4,5	6,0	6300723	500	10.000
	12	6,0	8,0	6300731	500	10.000
	14	8,0	10,0	6300758	500	10.000
	16	10,0	12,0	6300766	500	10.000
	18	12,0	14,0	6300774	500	10.000
	20	14,0	15,0	6300782	250	2.500
	25	15,0	20,0	6300804	250	2.500
30	20,0	25,0	6300820	100	2.000	
5,0 ø taladro 5,1 mm	6	2,0	2,5	6300901	500	10.000
	8	2,5	4,5	6299245	500	10.000
	10	4,5	6,0	6306691	500	10.000
	12	6,0	8,0	6306713	500	10.000
	14	8,0	10,0	6299741	500	10.000
	16	10,0	12,0	6309232	500	10.000
	18	12,0	14,0	6300979	500	10.000
	20	14,0	15,0	6300987	250	10.000
	25	15,0	20,0	6301002	250	5.000
	30	20,0	25,0	6301029	100	2.000
	35	25,0	30,0	6301045	100	1.000
	40	30,0	35,0	6301061	100	1.000
	45	35,0	40,0	6301096	100	1.000
	50	40,0	45,0	6301126	100	1.000
	55	45,0	48,0	6301142	100	1.000
	60	48,0	52,0	6301169	100	1.000
65	52,0	57,0	6301185	100	1.000	
70	57,0	62,0	6301207	100	1.000	
80	62,0	72,0	6301223	100	1.000	
6,0 ø taladro 6,1 mm	8	2,0	3,0	6301304	250	5.000
	10	3,0	5,0	6301312	250	2.500
	12	5,0	7,0	6301320	250	2.500
	16	7,0	11,0	6301339	250	2.500
	18	11,0	13,0	6301347	250	2.500
	20	13,0	15,0	6301355	250	2.500
	25	15,0	20,0	6301371	200	2.000
	30	20,0	24,0	6301401	200	2.000
	35	24,0	29,0	6301436	100	1.000
	40	29,0	34,0	6301452	100	1.000
50	34,0	44,0	6301495	100	1.000	



“MI, musicians chair” es una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfónica, que ha sido diseñada teniendo en cuenta todos los requisitos del colectivo musical. Su principal cometido es la prevención de lesiones y patologías relacionadas con la práctica instrumental, ofreciendo una mejora postural al usuario y garantizando la comodidad durante las largas horas de ensayos y conciertos.

Otras cualidades que caracterizan el producto son la ligereza, lo que facilita el transporte, y la elegancia. Las formas y los materiales han sido cuidadosamente seleccionados para conseguir la armonía de los elementos sobre el escenario, habiendo sido diseñada pensando en los auditorios modernos, completamente revestidos de madera contrachapada, y en la elegancia y sobriedad de la vestimenta de los músicos.

SILLA, ORQUESTA, ERGONOMÍA, POSTURA, ELEGANCIA

UVa

