

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA DE DISEÑO



PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE DISEÑADORA INDUSTRIAL

MODELO PARA DISEÑAR UN HABITÁCULO CONFORTABLE DE VELOMÓVIL

AUTORA: JAVIERA SANHUEZA RAMONET
PROFESOR GUÍA: RODRIGO DÍAZ GRONOW
SANTIAGO DE CHILE, ENERO 2014

AGRADECIMIENTOS

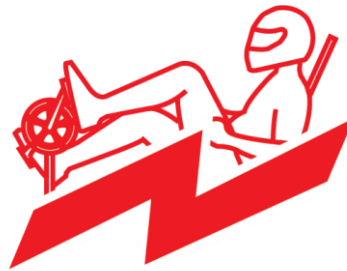
A mi familia y amigos por su apoyo incondicional durante esta travesía universitaria.

Al equipo Protean 2 y a los profesionales de Kinesiología por la experiencia y el apoyo en el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	6		
1.1. <i>PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....</i>	<i>7</i>		
1.2. <i>EQUIPO DE TRABAJO.....</i>	<i>7</i>		
1.3. <i>CONTEXTO.....</i>	<i>7</i>		
1.4. <i>RESUMEN EJECUTIVO.....</i>	<i>7</i>		
1.5. <i>JUSTIFICACIÓN.....</i>	<i>8</i>		
1.6. <i>OBJETIVO GENERAL.....</i>	<i>8</i>		
1.7. <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</i>	<i>8</i>		
1.8. <i>PLAN DE TRABAJO.....</i>	<i>8</i>		
1.8.1. <i>Alcances.....</i>	<i>9</i>		
1.8.2. <i>Finalidad.....</i>	<i>9</i>		
1.8.3. <i>Limitaciones.....</i>	<i>9</i>		
ANTECEDENTES.....	10		
2.1. <i>DESAFÍO CERO.....</i>	<i>11</i>		
2.2. <i>EL VELOMÓVIL.....</i>	<i>12</i>		
2.3. <i>PROTEAN 1: EXPERIENCIA DE OTRO VEHÍCULO</i>			
<i>DESARROLLADO EN LA FACULTAD.....</i>	<i>13</i>		
2.4. <i>PROTEAN 2.....</i>	<i>14</i>		
2.4.1. <i>El habitáculo.....</i>	<i>14</i>		
2.4.1.2. <i>El asiento.....</i>	<i>15</i>		
2.4.1.3. <i>El piloto.....</i>	<i>16</i>		
2.4.1.4. <i>Motor de pedaleo.....</i>	<i>16</i>		
2.4.1.5. <i>Sistema de dirección.....</i>	<i>17</i>		
MARCO TEÓRICO.....	18		
3.1. <i>EL CONFORT DEL USUARIO.....</i>	<i>19</i>		
3.1.1. <i>Los ángulos de confort.....</i>	<i>19</i>		
3.2. <i>EL CONFORT DEL CONDUCTOR.....</i>	<i>21</i>		
3.2.1. <i>La Antropometría en el estudio del piloto.....</i>	<i>21</i>		
3.2.2. <i>Actividad en el sistema musculo-esquelético del</i>			
<i>conductor de automóvil.....</i>	<i>22</i>		
3.2.3. <i>Regulación del asiento del conductor de vehículo</i>			
<i>23</i>	<i>23</i>		
3.2.4. <i>Actividad en el sistema musculo-esquelético del</i>			
<i>ciclista.....</i>	<i>24</i>		
3.2.5. <i>Regulaciones en la bicicleta del ciclista.....</i>	<i>26</i>		
3.3. <i>LA VESTIMENTA DEL CONDUCTOR.....</i>	<i>27</i>		
3.4. <i>LA IMPORTANCIA DEL ASIENTO EN EL CONFORT DEL</i>			
<i>PILOTO.....</i>	<i>28</i>		
PRUEBAS. DISEÑO Y ANÁLISIS.....	29		
4.1. <i>MÉTODOS PARA EL ESTUDIO Y LA MEDICIÓN DEL</i>			
<i>CONFORT EN EL PILOTO DEL PROTEAN 2.....</i>	<i>30</i>		
4.2. <i>DATOS INICIALES: MODELO DIGITAL PROTEAN 2.....</i>	<i>32</i>		
4.3. <i>INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL DISEÑO: JIG DE PRUEBAS</i>			
<i>.....</i>	<i>32</i>		
4.3.1. <i>Diseño JIG de pruebas 1.....</i>	<i>32</i>		
4.3.1.1. <i>Descripción y análisis de cada modelo digital.....</i>	<i>33</i>		
4.3.1.2. <i>Construcción JIG de pruebas 1.....</i>	<i>34</i>		
4.3.2. <i>Pruebas en el JIG 1.....</i>	<i>36</i>		
4.3.2.1. <i>Análisis prueba 1 en JIG 1.....</i>	<i>38</i>		
4.3.2.2. <i>Análisis prueba 2 en JIG 1.....</i>	<i>39</i>		
4.3.2.3. <i>Análisis prueba 3 en JIG 1.....</i>	<i>40</i>		
4.3.3. <i>Diseño y construcción de JIG 2.....</i>	<i>41</i>		
4.3.3.1. <i>Pruebas en el JIG 2.....</i>	<i>43</i>		
4.3.3.2. <i>Medición de consumo de oxígeno.....</i>	<i>43</i>		
4.3.3.3. <i>Análisis de movimiento.....</i>	<i>43</i>		
4.4. <i>INVESTIGACIÓN EVALUATIVA: DESAFÍO CERO.....</i>	<i>45</i>		

4.4.1. Aplicación de parámetros desarrollados tras pruebas en JIG al diseño del habitáculo del Protean 2	45	4.9.2. Propuesta motor de pedaleo	65
4.4.2. Parámetros y tolerancias aplicados al asiento del Protean 2	46	4.9.3. Propuesta controles de dirección	65
4.4.3. Diseño del asiento para el piloto del Protean 2 ...	46	4.9.4. Propuesta estructura base.....	66
4.4.4. Construcción del asiento del piloto Protean 2	47	4.10. OPORTUNIDADES DE MEJORA AL PROTEAN 2 EN BASE A PROPUESTA DE HABITÁCULO DESARROLLADA	66
4.4.5. Evaluación y crítica constructiva del desempeño del habitáculo y el asiento durante Desafío Cero.....	49	4.10.1. Puntos de conflicto que se pueden mejorar en el Protean 2.....	68
4.5. CONSTRUCCIÓN JIG 3: VALIDACIÓN DE NUEVAS TOLERANCIAS	50	4.10.1.1. Ajuste a respaldo y suelo habitáculo	68
4.5.1. Diseño JIG 3.....	51	4.10.1.2. Soporte culata y culata de acero	68
4.5.2. Construcción JIG 3	53	4.10.1.3. Carenado	69
4.5.3. Validación de nuevas tolerancias en JIG 3	55	CONCLUSIONES.....	70
4.6. REGULACIONES PERCENTILES PARA ACTIVIDAD DE ESTUDIO EN JIG 3	55	BIBLIOGRAFÍA.....	73
4.7. MEDICIÓN DE RECORRIDO DE CONTROLES DE DIRECCIÓN EN JIG 3.....	56	ANEXOS	76
4.8. PARÁMETROS Y TOLERANCIAS DESARROLLADAS A PARTIR DE ESTE PROYECTO.....	59	PLANIMETRÍA JIG 3	77
4.8.1. Parámetros para el asiento del piloto.....	59	PLANIMETRÍA PROPUESTA DISEÑO HABITÁCULO.....	78
4.8.1.1. Base asiento	59	TABLA ANTROPOMÉTRICA DE APUD Y GUTIERREZ (1997)	79
4.8.1.2. Respaldo asiento.....	60	ÁNGULOS DE CONFORT GRANDJEAN.....	80
4.8.1.3. Reposo-cabezas	60	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PRUEBA 0° EN LABORATORIO DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE	81
4.8.1.4. Inclinación.....	61	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PRUEBA 20° EN LABORATORIO DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE	82
4.8.1.5. Regulación	61	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PRUEBA 27° EN LABORATORIO DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE	83
4.8.2. Parámetros para el motor de pedaleo.....	62		
4.8.3. Parámetros para los controles de dirección.....	62		
4.9. APLICACIÓN DE PARÁMETROS Y TOLERANCIAS: DISEÑO HABITÁCULO PARA VELOMÓVIL	63		
4.9.1. Propuesta asiento	65		



INTRODUCCIÓN

El proyecto se enmarca en la participación en el equipo Protean 2, de la facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, para la competencia de vehículos eléctricos Desafío Cero que se realizó en Octubre de 2013.

Protean 2 corresponde es el desarrollo experimental de un vehículo a tracción humana asistido por baterías eléctricas, que busca ser una plataforma desde donde proponer y evaluar diversos proyectos realizados por los propios estudiantes de diseño.

La experiencia adquirida por otros equipos en el desarrollo de vehículos de esta categoría ha demostrado que el confort en el habitáculo es relevante en el desempeño del piloto durante la competencia. En ocasiones anteriores, el piloto ha presentado dolores focalizados en su cuerpo que dicen relación con condiciones poco ergonómicas de este espacio.

Por este motivo el proyecto se centra en el estudio de la confortabilidad del piloto durante la conducción del vehículo, con el fin de proponer un modelo para diseñar un habitáculo confortable.

Considerando la escasez de estudios realizados con respecto a la conducción de este tipo de vehículo, es que el proyecto desarrollado presenta una oportunidad para generar una base de conocimientos que contribuirán al desarrollo de los próximos vehículos fabricados en la facultad.

El enfoque de este proyecto recae en el “cómo se diseña” en vez del “qué se diseña” ya que de esta manera se puede contribuir

en conocimientos hacia un área relativamente nueva y poco estudiada.

La investigación a desarrollar integra los conocimientos propios de un diseñador industrial, además la participación de expertos en ergonomía y antropometría, con el fin de presentar información fidedigna y evaluada por profesionales.

1.1. Presentación del proyecto

Modelo para el diseño un habitáculo confortable de velomóvil.

1.2. Equipo de trabajo

Autora del proyecto: Javiera Sanhueza Ramonet

Contacto: jsanh89@gmail.com

Profesor guía: Rodrigo Díaz Gronow

Colaboradores: Patricia Campos, Rodrigo Díaz, Domingo Esteban Fernández, Edgardo Opazo, Eduardo Torrealba.

1.3. Contexto

Informe de proyecto de título para optar al título profesional de Diseño, mención Diseño Industrial de la Universidad de Chile.

1.4. Resumen ejecutivo

Este proyecto aborda el desarrollo de un modelo para diseñar un habitáculo confortable de velomóvil, considerando la interacción del piloto con cada componente de maniobrabilidad. Este tipo de vehículo está actualmente en una etapa incipiente de desarrollo. Por esto, el proyecto se basa en una metodología que da valor al proceso de diseño como medio para abordar una investigación, de acuerdo al modelo Constructive Design Research planteado por Koskinen, I. Zimmeman, J. Binder, T. Redström y J. Wensvee, S. (2011) en su libro “Design Research

through practice”. Para ello, se construyen diversos JIG experimentales que permiten la medición y el análisis de la postura del piloto de velomóvil con el fin de establecer parámetros críticos de confortabilidad. La participación del Protean 2 en la competencia Desafío Cero permitió evaluar parámetros ergonómicos bajo condiciones reales. El conjunto de conocimientos desarrollados por medio de JIG experimentales más la información bibliográfica recopilada sobre el confort permitieron establecer parámetros y tolerancias aplicables al diseño de un habitáculo confortable.

1.5. Justificación

Esta área de estudio presenta una oportunidad para generar una base de datos multidisciplinar, debido a la escasez de información sobre el estudio ergonómico para el habitáculo del velomóvil. Esto abre una opción para el diseño a un sinnúmero de propuestas que cumplan con los parámetros desarrollados durante esta investigación. Además es una oportunidad para desarrollar esta área de estudio a nivel local, aportando a la innovación tecnológica del país. El aportar conocimientos a esta tipología de vehículos posibilita el desarrollo de soluciones innovadoras que contemplen la problemática mundial por el ahorro de energía y el cuidado del medio ambiente.

1.6. Objetivo general

Elaborar un modelo para diseñar un habitáculo confortable de acuerdo a parámetros ergonómicos.

1.7. Objetivos específicos

-Identificar factores que condicionan el confort en el habitáculo de los vehículos.

-Establecer parámetros y tolerancias para el confort del piloto al interior del habitáculo de velomóvil.

-Aplicar los parámetros y tolerancias establecidas en el proyecto en un prototipo digital de habitáculo.

1.8. Plan de trabajo

Contempla el desarrollo de tres etapas. La primera etapa consiste en la recopilación de datos bibliográficos sobre el confort, su importancia al momento de desarrollar un buen desempeño al realizar actividades y su relevancia en el bienestar del piloto de vehículos de competencia. Además se analiza la experiencia en vehículos anteriores desarrollados en la facultad.

La segunda etapa consiste en el desarrollo de una metodología para corroborar la aproximación bibliográfica por medio de la construcción de JIG de pruebas, que cuentan con las características generales del Protean 2, simulan las condiciones del habitáculo del piloto y los componentes con los que interactúa al momento de conducir.

La tercera etapa consiste en el desarrollo y análisis de las pruebas en JIG experimentales. La competencia Desafío Cero permite validar los primeros parámetros estudiados y obtener un feedback para la investigación.

La cuarta etapa consiste en analizar y establecer mejoras sobre la experiencia en Desafío Cero, estableciendo nuevos parámetros y tolerancias refinadas para ser aplicadas en una propuesta de habitáculo.

1.8.1. Alcances

El alcance de este proyecto contempla el desarrollo de parámetros y tolerancias sobre el confort del piloto, considerando su antropometría por medio de un percentil mínimo y máximo, medido en el laboratorio de Kinesiología de la Universidad de Chile y validado en la competencia Desafío Cero, que luego se aplican en una propuesta de habitáculo para velomóvil.

1.8.2. Finalidad

La finalidad de este proyecto es contribuir al confort del piloto al interior del habitáculo y a través de ello mejorar su desempeño en la conducción del velomóvil. A su vez aportar una base de

conocimientos para el desarrollo de próximos vehículos en la facultad.

1.8.3. Limitaciones

Al ser un proyecto que contempla un período de tiempo acotado, las limitaciones pueden relacionarse al número de estudios realizados al piloto. Por este se seleccionan valores de carácter biomecánico más relevantes en la actividad de la conducción del velomóvil, ya que estos son los que pueden influir mayormente a nivel espacial en el diseño del habitáculo. No obstante, se deja la opción de continuar esta investigación con otro tipo de estudios relevantes, por ejemplo, la visibilidad del piloto.

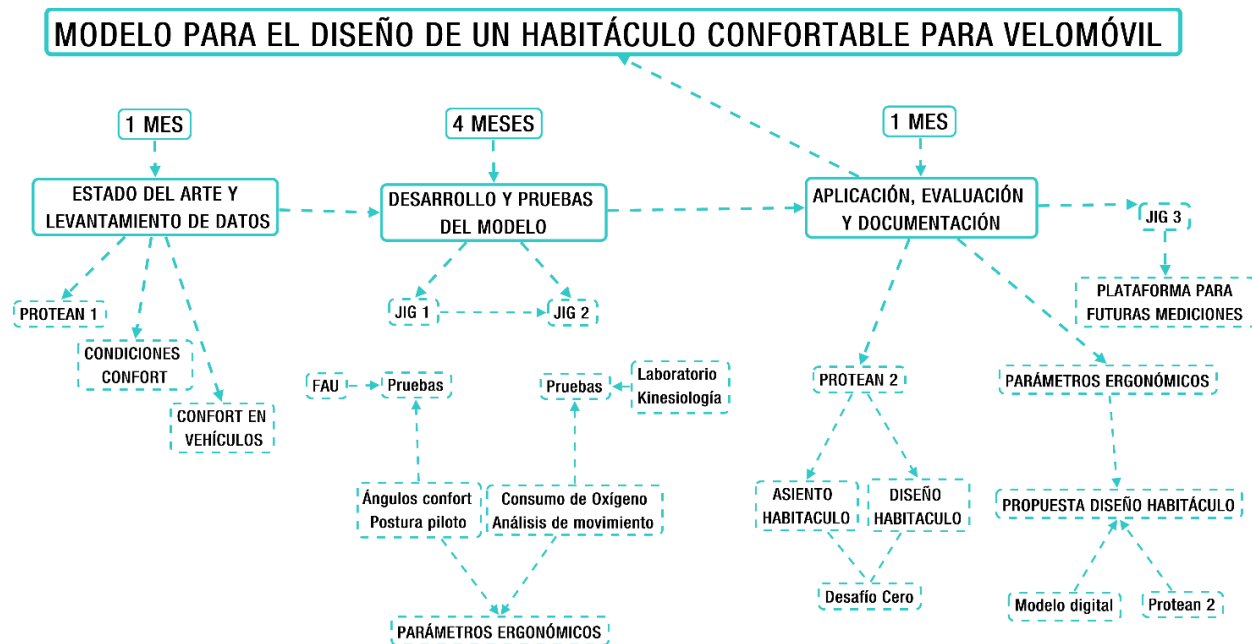
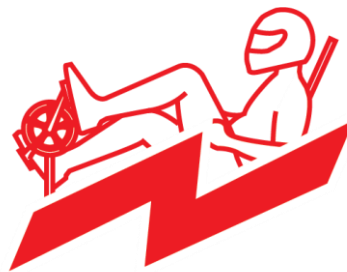


Imagen: Resumen Plan de trabajo. Elaboración propia



ANTECEDENTES

2.1. DESAFÍO CERO

Corresponde a una competencia de vehículos eléctricos que se realizó entre el 4 y el 6 de Octubre de 2013, y que consistía de tres pruebas. La primera prueba “Desafío Cero Andes”, se realizó en el Colorado, para probar la potencia del vehículo. La segunda prueba “Desafío Cero Pacífico”, se realizó en Valparaíso para probar la velocidad de los vehículos. Y la tercera prueba “Desafío Cero Urbano”, se realizó en Santiago, donde se probó la eficiencia del vehículo eléctrico en una ruta alrededor del cerro Santa Lucía.

Esta competencia busca entregar una oportunidad para las personas interesadas en el tema de la sustentabilidad y las energías limpias, para que puedan llevar a cabo sus ideas por medio de un prototipo y competir en un evento de nivel internacional, con la finalidad de promover una mentalidad innovadora y el desarrollo de vehículos que cuiden el medio ambiente.

El vehículo Protean 2, que representó a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, participó dentro de la categoría R3, que constituye a los vehículos de tracción humana y baterías que cuentan con solo 3 ruedas, obteniendo el 2° lugar. El equipo estuvo compuesto por académicos, estudiantes de 2°, 3° y 4° año, titulados, egresados y colaboradores externos a la facultad.

Desafío CERO significó una oportunidad para validar proyectos de estudiantes de diseño incorporándolos en la ejecución del vehículo, siendo una plataforma para el desarrollo de una práctica profesional y dos proyectos de título, donde se incluye este. Para mayor información sobre la competencia, visite el sitio web oficial de Desafío Cero. <http://www.desafiocero.com/>



Imágenes Desafío Cero. Elaboración propia

2.2. EL VELOMÓVIL

Se le denomina velomóvil a los vehículos de tracción humana, diseñados para la velocidad y compuestos de una estructura exterior que brinda protección al conductor, y a la vez, actúa como cobertura aerodinámica. La velocidad máxima alcanzada en este tipo de vehículos es de 130 km/h.

Las principales características del velomóvil vienen del modelo de bicicleta reclinada conocida como recumbent, que se basa en la obtención de una posición de pedaleo más cómoda y aerodinámica que la bicicleta convencional. Además el velomóvil es un vehículo de alta eficiencia energética y funcional, que al agregarle un pequeño motor eléctrico y baterías ligeras, lo acerca a las prestaciones de un vehículo eléctrico.

Empresas como Beys fabrican este tipo de vehículos. Su diseño estrella es el Go-One 3, el vehículo de tracción humana más eficiente del mundo; es estable y de fácil manejo, puede llevar equipaje en la parte posterior y no emite CO₂.

Los velomóviles suelen incorporar dos tipos básicos de carrocería que deben ser de material resistente y liviano (fibra de vidrio, fibra de carbono): parcialmente cerrada, en el que las piernas y pedales no están a la vista pero sí la cabeza del conductor, o carrocería íntegra, que protege al piloto contra el mal tiempo.



Imagen: *Velomóvil Go-One3*. Fuente: <http://www.metaefficient.com/wp-content/uploads/2007/11/go-onevelo-yellow.jpg>



Imagen: *The Hase Klimax*". Fuente: <http://krisdedecker.typepad.com/.a/6a00e0099229e88833013487c5a9b3970c-pi>

2.3. PROTEAN 1: EXPERIENCIA DE OTRO VEHÍCULO DESARROLLADO EN LA FACULTAD

La experiencia de integrantes de vehículos anteriores desarrollados en la facultad demuestra un déficit en el cuidado del confort del piloto al interior del vehículo. Un caso es el del velomóvil solar Protean 2012 que se detalla a continuación.

Durante el desarrollo del velomóvil solar Protean 2012, se fabricó un vehículo apto para competir, pero los integrantes del equipo reconocen que por motivos de tiempo, dejaron de lado ciertos aspectos del vehículo que podían influir negativamente en el bienestar del piloto. Un ejemplo de esto fue el asiento, que si bien conocían los requerimientos para construirlo, no tuvieron tiempo para hacerlo y tuvieron que improvisar a último momento durante la competencia. Los resultados de esta improvisación demostraron adormecimientos en el cuerpo del piloto y dolores localizados, debido a la postura que debía adoptar en el asiento y las condiciones en que se encontraba este.

El asiento, al igual que el resto de componentes que se encuentran en contacto directo con el piloto, son factores que pueden afectar el confort. El piloto al conducir debe realizar acciones que hacen que su postura de reposo varíe en diversas posturas, obligándolo a generar fuerzas y presiones en zonas de su cuerpo que pueden provocar molestias o daños mayores si es que no se cuidan con un diseño adecuado.



Imágenes habitáculo Protean 1. Elaboración propia.

2.4. **PROTEAN 2**

Protean 2 es un auto diseñado para participar en la competencia “Desafío Cero”, organizada por la ONG “La Ruta Solar”.

Para el diseño y construcción del Protean 2.0 se debió seguir el reglamento que impartía la competencia, el cual se puede revisar en el siguiente enlace:

http://www.desafiocero.com/wp-content/uploads/2013/07/Bases_Generales_Desaf%C3%ADo_Cero_v4.pdf

El equipo que participó en el diseño y construcción del vehículo estaba compuesto de 13 estudiantes y 5 académicos de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.

El proyecto Protean 2 se enfocó en la validación de proyectos generados por los estudiantes, experimentando con materiales y procesos en su diseño. Es así como el carenado del vehículo está construido de un material compuesto de resina epóxica, fibra de Yute y madera de balsa.

La mayoría de los componentes mecánicos corresponden a partes de bicicletas (como cadena, ruedas, neumáticos, frenos); además posee un motor de 1.500W, con 6 velocidades y 3 pares de baterías de Litio de 24V/5Ah.

Cuenta con cinturón de seguridad, frenos de disco, luces altas, bajas e intermitentes, barras de dirección donde el piloto controla el vehículo y un asiento diseñado para un buen

desempeño del piloto. El parabrisas es de un material llamado PTG el cual es resistente a impactos.

Considerando la composición del vehículo, Protean 2 tiene un peso estimado de 117kg.

Este proyecto de título nace por un interés en contribuir al confort del habitáculo del Protean 2, por lo que la participación en su construcción fue fundamental para el desarrollo y validación de parámetros que se establecen más adelante.

El confort de un sujeto puede contemplar múltiples factores, pero este proyecto se enfoca en su relación espacial e interacción con los componentes al interior del habitáculo y cómo esto influye en su desempeño en la conducción. A continuación se presentan los factores que se estudian y miden en este proyecto.

2.4.1. **El habitáculo**

El habitáculo, según el sitio web WordReference, se define como “el espacio destinado para los ocupantes de un vehículo”, que en este caso sería el espacio destinado para ser ocupado por el piloto de velomóvil.

El diseño del Protean 2 surge a partir de un modelo de planeador, cuyo molde permitió construir el carenado del vehículo. Por motivo de esto, el diseño del vehículo debió acogerse a la forma del carenado para integrar cada uno de los componentes del habitáculo.

El habitáculo está compuesto de un portaequipaje en la parte posterior del vehículo, un asiento para el piloto, dos barras que

controlan la dirección y un motor de pedaleo que genera la energía de tracción para el movimiento del vehículo. Hacia el frontis del vehículo se encuentra un compartimiento para organizar las baterías de litio. Esta zona es reforzada con anillos de fibra de carbono para proteger las baterías y generar una mayor resistencia.

El ingreso al vehículo es por medio de una puerta que se abre desde un costado del carenado, dejando expuesto todo el habitáculo para que el piloto pueda acomodarse rápidamente.

El habitáculo, producto de la forma del carenado, se considera angosto y bajo comparado al habitáculo de un automóvil, dificultando la posibilidad de regular cada componente que se requiere para el confort del piloto. Además, es considerablemente menor al ancho máximo permitido en el reglamento de la competencia, 1.8 metros.

El habitáculo posee las siguientes dimensiones:

- Ancho máximo: 60 centímetros
- Altura máxima: 80 centímetros
- Longitud máxima de habitáculo - longitud suelo del habitáculo: 113 centímetros

Estas dimensiones solo se pudieron corroborar una vez construido el Protean, ya que la integración de componentes fue improvisada de último momento. Sin embargo, fue posible integrar y validar parámetros establecidos en el estudio de los dos primeros JIG de pruebas:

- I. Distancia motor de pedaleo - vértice entre base y respaldo de asiento: 100 centímetros
- II. Altura motor de pedaleo con respecto a suelo de habitáculo: 26 centímetros
- III. Inclinación respaldo asiento con respecto a la vertical: 27°
- IV. Inclinación base de asiento con respecto a la horizontal: 20°
- V. Distancia controles de dirección - vértice entre base y respaldo de asiento: 36 centímetros

2.4.1.2. El asiento

El diseño del asiento del Protean 2 nace como una propuesta donde aplicar algunos parámetros generados en el estudio de JIG realizado en este proyecto de título. Contempla tolerancias que probarían el confort del piloto al interior del Protean 2 durante la competencia Desafío Cero.

El asiento está compuesto de una base, un respaldo y un reposa-cabezas. Construido en una sola pieza estructural de perfil tubular redondo de acero, cubierto por 2 láminas de PTG, lo que genera una superficie curva que se adapta al cuerpo del piloto.

El respaldo del asiento tiene una inclinación de 27° con respecto a la vertical y la base del asiento tiene una inclinación de 20° con respecto a la horizontal. Los 27° de inclinación del respaldo se basan a la medición del torso de acuerdo a las normas ISO/JIS y al reglamento que impone la competencia Desafío Cero, no se recomienda sobrepasar ese ángulo de inclinación ya que puede producir fatiga, dificultar la visión y evitar que el cinturón de seguridad funcione correctamente.

2.4.1.3. *El piloto*

En Desafío Cero se solicitó la inscripción de un piloto que represente a cada sexo, ambos con licencia de conducir vigente. La masa mínima del hombre debía ser de 80 kg y de la mujer de 60 kg, incluyendo el vestuario y el casco.

Los pilotos que compitieron en el Protean 2 fueron:

1. Patricia Campos: Percentil 5. Participa en las 3 competencias de Desafío Cero.
2. Rodrigo Díaz: Percentil 95. Participa en las 2 primeras competencias de Desafío Cero.
3. Eduardo Torrealba: Percentil 5. Participa sólo en la competencia final de Desafío Cero.

Se hace una aproximación de cada uno de los pilotos hacia el percentil que pueda representar de acuerdo a la tabla antropométrica APUD (Apud y Gutierrez, 1997) que se anexa al final de este documento. Esta tabla recopila los datos antropométricos de la población chilena de 17 a 60 años de edad categorizando en percentil 5 como a los mínimos y el percentil 95 a los máximos, tanto para hombre como para mujer.

La vestimenta de los pilotos contempla el uso de:

- Casco con amarras, ventilación y que no quede suelto, siguiendo las normas de seguridad: japonesa (JIS T 8133, año 2000), o la norma estadounidense (Standard N°218, Motorcycle Helmets, establecida, Code

of Federal Regulations 49CFR572.218) o la norma europea (ECE 22.05 y sus posteriores modificaciones).

- Protección ocular que pueden ser anteojos o ser parte del mismo casco.
- Guantes que cubran las manos completamente, resistentes al roce, y calzado cerrado.

2.4.1.4. *Motor de pedaleo*

El motor de pedaleo se fija a un brazo metálico que lo mantiene firme a una altura con respecto al suelo. El brazo posee una inclinación que resiste la fuerza aplicada por los pies en los pedales, alineando las piernas correctamente al piloto. Por este motivo es un componente de estudio en el desarrollo de este proyecto, ya que se encuentra en contacto directo con los pies del piloto y requieren el impulso y movimiento de sus piernas.

Se ubica a una altura de 26 centímetros con respecto al suelo del habitáculo y a una distancia de 100 centímetros con respecto al vértice entre la base del asiento y el respaldo. Esta distancia corresponde para una persona del Percentil 95, según se detalla más adelante en este documento.

Sin embargo, según el reglamento de la competencia Desafío Cero, “todos los piñones, cadenas y otros componentes mecánicos que presenten movimiento, deberán estar cubiertos completamente durante el funcionamiento, incluyendo la parte inferior del vehículo”, aspecto que no se cubre en su totalidad en la construcción del Protean 2.

Las cadenas sólo se cubren con un tubo de pvc en las zonas donde existe un posible contacto con el piloto, y los piñones no

se cubren en ningún segmento de la cadena. El mantener la cadena a la intemperie provocó dificultades en la competencia Desafío Cero, ya que corría el riesgo de desalinearse del piñón y esto provocó que el sistema de transmisión se detuviera.

2.4.1.5. Sistema de dirección

El sistema de dirección del vehículo permite maniobrar el movimiento de este. Su composición puede variar dependiendo de la complejidad que se desee en el sistema pero por lo general cuenta con 3 secciones básicas:

1. Volante o control de dirección: el que es manipulado por el piloto y manda el movimiento del vehículo.
2. Columna de dirección o barras de dirección: transmiten el movimiento de los controles de dirección hacia el eje delantero. Por lo general recorre la longitud desde el control de dirección hasta las ruedas.
3. Eje delantero: Que une ambas ruedas de manera paralela. Recibe el movimiento de la columna de dirección y lo transmite a las ruedas, haciéndolas doblar.

El reglamento de Desafío Cero detalla que el sistema de dirección debe permitir maniobrar el vehículo de manera segura en movimiento. Debe ser maniobrado por un volante y la columna de dirección, donde se ubica el manubrio, debe ser colapsable, de tal forma de proteger al piloto en caso de colisión.

En el Protean 2 se incorpora un sistema compuesto por dos controles de dirección, cada uno maniobrado por cada mano del

piloto. Los cuales transmiten el movimiento hacia el eje de dirección por medio de dos barras que recorren la distancia entre la ubicación de los controles hasta las ruedas.

Los controles de dirección presentan la condición de ser un componente de estudio en este proyecto, debido a su contacto directo con las manos del piloto y que su maniobra requiere el movimiento de sus brazos.



MARCO TEÓRICO

3.1. EL CONFORT DEL USUARIO

El confort es aquello que produce un bienestar en el ser humano, donde el sujeto se siente bien gracias a la suma de un número de factores que contribuyen para lograr esta sensación.

La ergonomía busca adecuar las condiciones (sistemas, herramientas, procesos, etc.) a las capacidades de las personas (Físicas, mentales, culturales y sociales), en la realización de una tarea (actividades) o cumplimiento de un objetivo.

Para lograr la sensación de confort, es preciso identificar previamente las variables presentes en el sistema: el contexto, la persona, la tarea y los medios utilizados por el usuario.

Para establecer los parámetros que otorgan el confort a un diseño, se deben tomar en cuenta la variedad de condiciones que interactúan con el usuario. Estas condiciones pueden ser de tipo ambiental, arquitectónico, personal y sociocultural.

Los factores personales como la ropa (grado de aislación), tiempo de permanencia (aclimatación), salud y color de piel, historial visual y acústico, sexo, edad, peso (constitución corporal), son los más utilizados para el análisis del confort ya que es más fácil su detección y medición.

Los factores de riesgo ergonómico son la condición específica de una situación de trabajo o actividad, que aumenta la probabilidad de ocurrencia de un evento negativo asociado a la realización de una tarea.

La repetitividad es uno de los factores de riesgo ergonómico de mayor relevancia en la generación de una lesión. Se debe analizar una tarea con repetitividad cuando los ciclos de trabajo duren menos de 30 segundos (altamente repetitivos) y/o cuando en el 50% o más del ciclo haya que ejecutar a menudo el mismo tipo de acción.

Las posturas forzadas y los movimientos de alta frecuencia realizados por los distintos segmentos de las extremidades superiores durante tareas repetitivas, son los detonantes que posibilitan y facilitan un mayor riesgo de desarrollar traumas musculoesqueléticos.

La necesidad de desarrollar fuerza en las acciones puede deberse a la necesidad de mover o mantener instrumentos y objetos de trabajo, o bien, a la necesidad de mantener segmentos corporales en una determinada posición. La fuerza puede, por tanto, estar ligada a acciones (contracciones) estáticas, o bien, a acciones (contracciones) dinámicas.

En cuantos a los factores ambientales se consideran las situaciones donde puede haber estrés térmico por frío o calor. Se considera como temperatura ambiental crítica, al aire libre, aquella igual o menor de 10°C, que se agrava por la lluvia y/o corrientes de aire (Art.99 D.S.N°594).

3.1.1. Los ángulos de confort

La ubicación espacial de las articulaciones da origen, según varios estudios, a los denominados ángulos de confort o ángulos de comodidad.

A diferencia de los ángulos límites, también conocidos como amplitudes máximas, que en ergonomía presentan una utilidad limitada (ya que no son toleradas en un tiempo prolongado) se prefiere considerar el ángulo de confort que constituye sólo una fracción de los ángulos límites del movimiento articular.

En primera instancia se deben definir las posturas de trabajo que se consideren aceptables o que signifiquen menor riesgo para el sistema musculo-esquelético, es decir, que están sometidas a una mínima tensión estática. Hay que tener claro que las posturas cómodas no son únicas, varían de acuerdo a la persona al momento de realizar una actividad.

Existen variaciones individuales de los ángulos de confort con relación a la edad, sexo, constitución física del sujeto, entrenamiento y a ciertas enfermedades patológicas o traumáticas. Además es necesario considerar, en el contexto de desempeño de la actividad, factores como la aplicación de fuerzas, la frecuencia de la aplicación y el tiempo de exposición, como se exponía en puntos anteriores.

Por último, no hay que olvidar que es necesario considerar los rangos de movimiento de las extremidades debido a la vestimenta o accesorios que lleve incorporados la persona al momento de realizar la actividad.

En cuanto al aspecto de variación de ángulos de confort según sexo y somatipos de las personas, es posible conocer la explicación de este fenómeno en lo que se indica a continuación:

- Hombres: ángulos más restringidos, más masa muscular, segmentos óseos más gruesos, ligamentos y tendones más voluminosos.
- Mujeres: ángulos más flexibles, menos masa muscular, segmentos óseos más finos, ligamentos y tendones más finos.
- Sujetos pequeños: más masa muscular, menos brazo de palanca.
- Sujetos grandes: menos masa muscular, más brazo de palanca.

Somatipos:

- Mesomorfo (atlético): rangos articulares normales
- Ectomorfo (delgado): más rango articular.
- Endomorfo (gordo): menos rango articular.
-

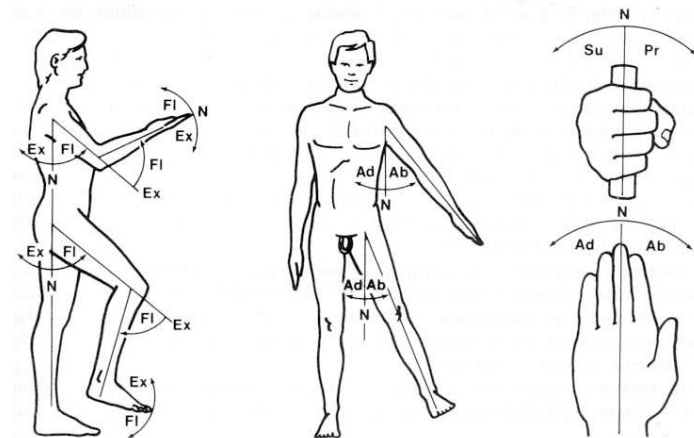


Imagen: Movimientos articulares. Fuente: Pheasant, S. (1996)

3.2. EL CONFORT DEL CONDUCTOR

Desde el punto de vista de los fabricantes de automóviles de hoy en día, los sistemas que más influyen en el confort durante la conducción son los siguientes:

- Amplitud del habitáculo: se prioriza el espacio al interior del vehículo con el fin de hacerlo más habitable y cómodo.
- Confort acústico.
- Climatización apta: por medio de sistemas de climatización automática que permite un confort térmico al interior.
- Visibilidad de cuadro de instrumentos.

Sin embargo, hay que tener cuidado en proporcionar un exceso de confort en el conductor debido a que al aislarlo demasiado de su entorno, lo haría perder su atención en la ruta.

3.2.1. La Antropometría en el estudio del piloto

La Antropometría es la ciencia que se ocupa de medir las dimensiones del cuerpo. En la actualidad, esta ciencia cumple una función relevante en el Diseño Industrial, Ergonomía, Biomecánica y Arquitectura. De igual manera, esta ciencia en conjunto con la ergonomía, busca las condiciones para adaptar los productos a las características del usuario, lo que aportaría en una sensación de confort.

La antropometría de un cuerpo puede ser dinámica (o funcional) o estática (o estructural). Un trabajo dinámico es aquel con movimiento, donde las partes del músculo contraídas

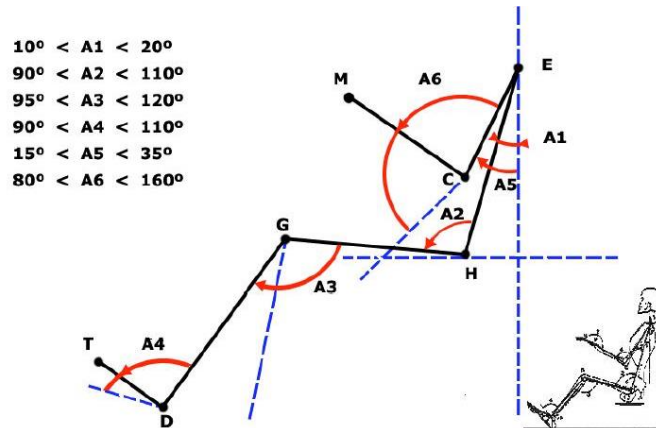
se relajan y las relajadas se contraen. Tiene mejor flujo sanguíneo, oxigenación, nutrientes y eliminación de desechos.

Un trabajo estático es aquel sin movimiento o con frecuencias inferiores a 6 repeticiones por minuto. Para sostener la misma postura o realizar movimientos no repetitivos, los músculos mantienen las partes contraídas o relajadas. Disminuye el flujo sanguíneo en el músculo por lo que hay menor oxigenación, nutrientes y evacuación de desechos.

Para conocer la antropometría del conductor, sin tener claro el sujeto específico que va a montar el velomóvil, se toman datos que pueden aproximarse a las medidas del posible piloto por medio de la tabla desarrollada por Apud y Gutierrez (1997). Este estudio trabaja con los percentiles 5 y 95, para hombres y mujeres de Chile.

De acuerdo a este estudio, en una posición sedente es necesario conocer la estatura sentada, la altura de los ojos con respecto al asiento, la altura del asiento a los hombros, la altura del muslo al asiento, la altura poplítea y la distancia glúteo-poplítea. (Ver Anexos)

Wisner y Rebiffé (1963), por su parte, realizaron estudios sobre el puesto de conducción de automóviles donde se presentan los valores angulares al realizar esta actividad, proponiendo así los ángulos de confort que se indica en la siguiente imagen.



- $10^\circ < A1 < 20^\circ$
- $90^\circ < A2 < 110^\circ$
- $95^\circ < A3 < 120^\circ$
- $90^\circ < A4 < 110^\circ$
- $15^\circ < A5 < 35^\circ$
- $80^\circ < A6 < 160^\circ$

Imagen: Ángulos de confort en la conducción. Fuente: Wisner, A. y Rebiffe, R. (1963)

Considerando la actividad del piloto al conducir el velomóvil, esta resulta semejante a la del ciclista (al generar potencia con sus piernas sobre los pedales) y a la del conductor de automóvil (ya que maniobra un mando de control, que en este caso son controles de dirección).

El reconocer las secciones musculo-esqueléticas activas en el cuerpo de ambos conductores permitirá identificar puntos de estudio a medir en las pruebas que se desarrollen en cada JIG. Estos puntos permitirán visualizar las variaciones espaciales que presenten y el trabajo que desempeñen al momento de realizar la actividad.

A continuación se describe la actividad que realiza el sistema musculo-esquelético en cada caso y las medidas de regulación que se deben adoptar para un mejor desempeño en cada tipo de conducción.

3.2.2. Actividad en el sistema musculo-esquelético del conductor de automóvil

Sufrir algún tipo de molestia o dolor al momento de realizar una actividad es signo de una falta de confort y es una señal de alerta ante una lesión de mayor gravedad en caso de que no se corrija a tiempo.

Los ciclos inadecuados de trabajo/descanso son un factor de riesgo potencial de trastornos musculo-esqueléticos si no se permiten suficientes períodos de recuperación antes del siguiente período de trabajo.

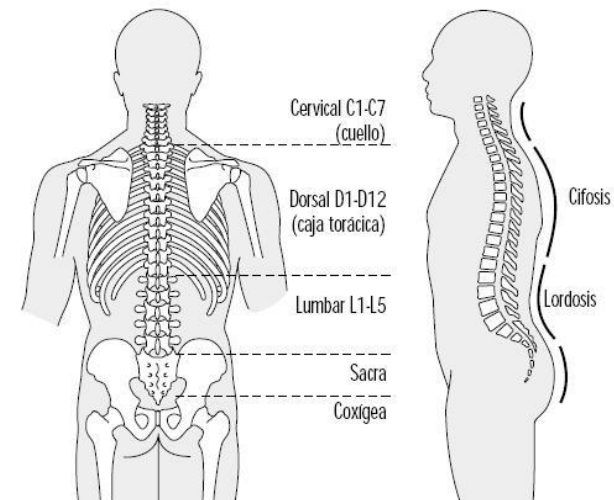


Imagen: La columna, sus vértebras y curvaturas. Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.

El dolor lumbar se relaciona con el levantamiento, el transporte, el empuje o la tracción de cargas frecuentes o pesadas. La

conducción prolongada de vehículos de motor aumenta el riesgo de padecer dolor lumbar y ciática o hernia discal. También puede contribuir al riesgo los impulsos súbitos de carreteras en mal estado, la tensión postural y la manipulación de materiales por parte de los conductores profesionales.

Los movimientos repetitivos de las manos aumentan las demandas para la estabilización de la región del cuello y hombros, aumentando así el riesgo de problemas cervicales.

El hecho de sostener una herramienta vibratoria puede producir contracciones musculares en los músculos proximales del cuello-hombros para estabilizar la mano y la herramienta, lo que puede ejercer un efecto fatigoso sobre el cuello.

La posición sentada que cada conductor adopta en su asiento puede variar, de acuerdo a las características físicas corporales de la persona, al espacio libre dentro del habitáculo y a las tendencias posturales propias.

Se pueden recoger las siguientes posturas “vectoriales” en el conductor de acuerdo a lo que propone Gomar (2002):

1. La posición sentada con inclinación anterior del tronco y sin respaldo o soporte posterior.
2. La posición sentada con apoyo lumbar.
3. La posición sentada con el tronco reclinado sobre un respaldo inclinado que soporta las regiones torácica y lumbar.

El reposa-cabezas y el asiento implican una misma función de estabilidad en el conductor del vehículo al momento de su

conducción. Ambos deben permitir un fácil acceso a los mandos y absorber parte de la energía en caso de colisión.

3.2.3. Regulación del asiento del conductor de vehículo

Es necesario que antes de iniciar la conducción del vehículo el conductor siga los siguientes pasos para regular su asiento:

1. Regulación del asiento: Se debe tener las caderas situadas en el ángulo formado por el asiento y el respaldo para luego mover el asiento en cuanto a la altura y distancia con el volante. Los pies deben quedar ligeramente flexionados, incluso al pisar los pedales, para disponer de fuerza suficiente para frenar.
2. Regulación del respaldo: El respaldo se debe situar en una inclinación que no supere los 27° a partir de los 90° iniciales. Para comprobar la distancia ideal del respaldo con respecto al volante, se debe sentar en el ángulo formado entre el respaldo y el asiento y extender el brazo izquierdo, comprobando que la muñeca quede apoyada sobre la parte superior del volante.
3. Regulación del reposa-cabezas: se debe situar lo más cerca posible a la parte posterior de la cabeza (4 cm es la distancia adecuada). El borde del reposa-cabezas debe quedar situado entre el límite superior de la cabeza y la altura de los ojos.

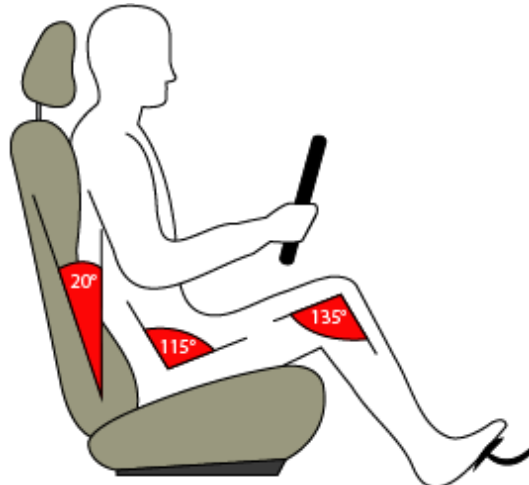


Imagen: Ejemplo de regulación para conducir. Elaboración propia.

3.2.4. Actividad en el sistema musculo-esquelético del ciclista

Al pedalear, el ciclista mantiene su cuerpo en una postura que puede variar dependiendo el modelo de bicicleta.

La actividad de pedalear pone en funcionamiento músculos en todo el cuerpo, generando mayor tensión en la espalda y las piernas, ya que estas son las propulsoras de fuerza para el pedaleo.

Dentro de la musculatura que participa en el acto de pedaleo, está la musculatura lumbar que es la que mantiene una tensión constante durante el paseo.

La musculatura abdominal, que tiene la acción contraria a la lumbar, apenas interviene en el pedaleo.

El músculo psoas iliaco, que trabaja constantemente en el comienzo de cada pedaleada. Este músculo gira la pelvis hacia delante.

Los cuádriceps, que es el músculo más desarrollado en los ciclistas, también rota la pelvis hacia delante.

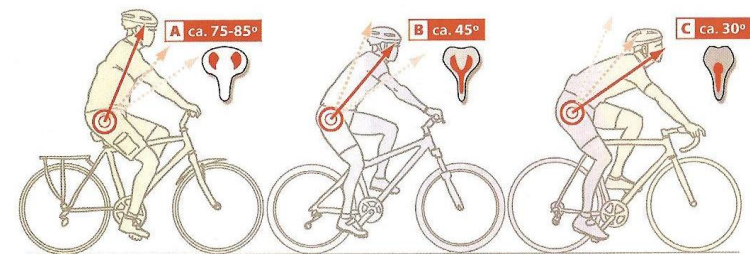


Imagen: Esquema de los apoyos posturales sobre el sillín. Fuente: <http://clinovapodologia.files.wordpress.com/2012/06/posiciones-y-apoyos.jpeg>

Los isquiotibiales, tiran de la pelvis rotándola hacia atrás, aunque tienden a estar menos tonificados que los cuádriceps por el pedaleo.

La rodilla es la articulación que desarrolla el mayor trabajo durante la pedaleada. La eficacia muscular máxima se obtiene cuando el ángulo entre muslo y pierna es de 60° a 90° y el pie está sobre la perpendicular de la biela. El parámetro de posición que determina el trabajo correcto de la rodilla es la altura del sillín, que debe permitir una extensión máxima de 150° a 155°, mientras el ángulo mínimo, que pueda variar de 70° a 80°, depende de la longitud de la biela escogida por el ciclista.

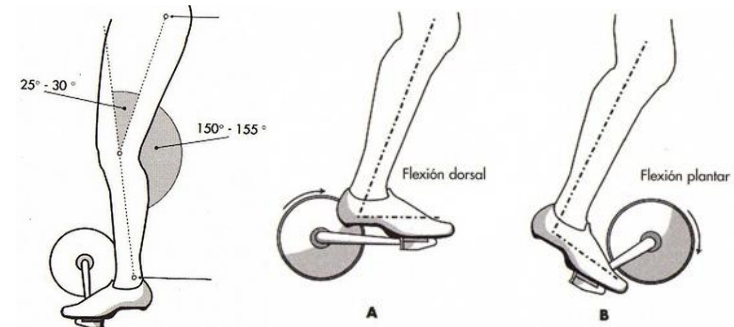
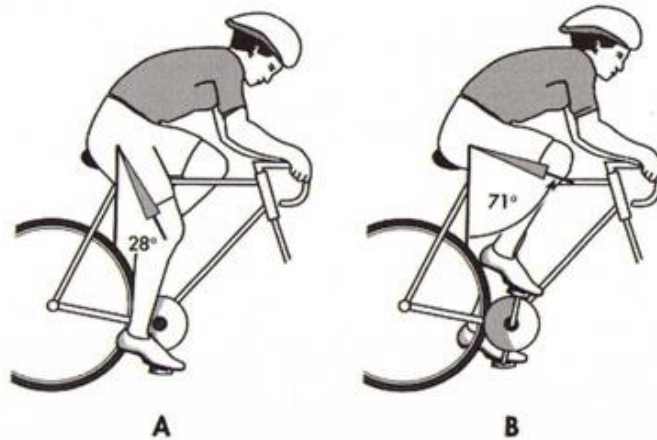


Imagen: Rangos angulares de extensión y flexión de rodilla. Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/-tTONDYKXug/To8BPZx77PI/AAAAAAAAAmQ/LN428C1-1hE/s400/2.2.jpg>

Imagen: Flexión del tobillo en el ciclista. Fuente: http://3.bp.blogspot.com/-5GasAKLQY6E/To8BFQ-Uvol/AAAAAAAAAmI/AEXVd_gWIF8/s400/2.3.jpg

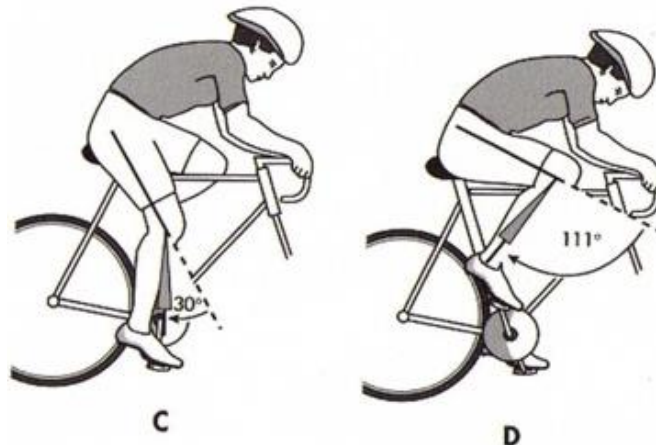


Imagen: Extensión y flexión del muslo en el ciclista. Fuente: http://3.bp.blogspot.com/-DcW_YzmCv44/To8BXezkqxl/AAAAAAAAAmY/IG0tp-7LRFQ/s400/2.1.jpg

La zona cervical tiende a molestar en distancias largas por la contracción constante a la que se somete la musculatura que extiende el cuello.

El gemelo es la masa muscular que más tiempo trabaja durante la pedalada. Por tales motivos es uno de los primeros músculos en acusar la fatiga y el acumulo de ácido láctico, que se manifiesta con calambres locales.

La mayor parte de los músculos que intervienen en el pedaleo tienden a girar la pelvis hacia delante, es decir, generan una curvatura lumbar exagerada. Esto crea tensiones en la columna vertebral ya que la obliga a adoptar una curva más forzada a la altura de la región lumbar, generando lumbalgias o dolores fuertes en toda esta área.

3.2.5. Regulaciones en la bicicleta del ciclista.

Para regular correctamente una bicicleta es imprescindible que la talla del cuadro sea la apropiada. Para determinar la medida exacta del cuadro se debe medir la distancia de entrepierna. La cifra se multiplica por el coeficiente 0,66 y así se sabe la talla del cuadro.

Cuando las medidas antropométricas están descompensadas hay que intentar utilizar la talla "genérica" correspondiente a la estatura.

Estatura (cm)	Talla aproximada
160 – 165	50
165 – 170	52
170 – 175	54
175 – 180	56
180 – 185	58
185 – 190	60

La primera regulación que se debe realizar correctamente es la de las calas en las zapatillas. El eje del pedal debería quedar alineado con la articulación del hueso metatarsiano del pie para así aprovechar toda la potencia extensora de la pierna y no sobrecargar ningún grupo propulsor.

La altura del sillín se calcula midiendo la entrepierna con el calzado que se va a utilizar sobre la bicicleta y multiplicando la cifra por el coeficiente 0,885. La tendencia actual busca una mayor extensión de la rodilla en el pedaleo, superando los 160°, hasta 10° más



Imagen: Diagrama de posición del pie en el pedal. Fuente: <http://clinovapodologia.files.wordpress.com/2012/06/diagrama-pie-ciclismo.jpeg>

La altura del manillar es una de las cotas de comodidad más importantes. Por defecto se tiende a llevar el manillar demasiado bajo, emulando a los corredores profesionales, y esto provoca dolores de cuello y espalda y el adormecimiento de las manos.

Altura de sillín (cm)	Diferencia de altura con el manillar (cm)
65 – 68	5 – 6
69 – 72	6 – 7
73 – 76	7 – 8
77 – 79	8 – 9
80 – 82	9 – 10

La distancia entre el sillín y el manillar está determinada por la longitud de la potencia. La medida se toma desde la punta del

sillín hasta el eje del manillar y sólo se puede variar cambiando la potencia por otra más corta o larga.

Conocer las regulaciones que se recomiendan en la bicicleta permite entender las condiciones que se deben generar en el pedaleo del piloto del velomóvil, para que su desempeño sea óptimo sin afectar su confort.

3.3. LA VESTIMENTA DEL CONDUCTOR

La utilización de una vestimenta adecuada que proteja al conductor es primordial al momento de evitar lesiones producto de un accidente.

En las motocicletas, el casco es obligatorio en Chile para el conductor y su acompañante, y debe ser certificado. Existen diversos tipos de cascos: abiertos, modulares, e integrales (que brindan mayor protección). Este debe ir bien ajustado y abrochado. Debe incorporar mica o visera que proteja los ojos, una buena ventilación y ser de un tamaño adecuado para quien lo use.

En la fórmula 1, la vestimenta del piloto busca ser un elemento de seguridad que lo proteja de un posible riesgo de fuego. Por reglamento, los monos o trajes de los pilotos de F1 deben aguantar hasta 11 segundos bajo las llamas, a una temperatura superior a 800°C sin sufrir un solo rasguño y sin superar los 41°C de temperatura a su interior.

Estos trajes también tienen hombreras que cumplen una función de seguridad exigida en las normas para competir. Están diseñadas para que el piloto pueda ser extraído del vehículo junto al asiento en caso de algún accidente.

Además del traje o “mono” que utiliza el piloto de F1, también debe llevar guantes ignífugos que son fabricados lo más finos posibles para que el piloto sienta al máximo el volante. Lo mismo sucede con las suelas de las botas, que son mucho más delgadas que los zapatos convencionales para tener un contacto máximo con los pedales.



Imagen: Vestimenta conductor. Elaboración propia.

3.4. LA IMPORTANCIA DEL ASIENTO EN EL CONFORT DEL PILOTO

En la actualidad, más del 75% de las situaciones de trabajo se diseñan para realizarse en posición sedente. No obstante, esta posición puede ser antinatural si es que el cuerpo no recibe el apoyo adecuado a su antropometría y a la actividad que se realiza.

El asiento es un elemento que está, durante todo el tiempo, en contacto con el conductor. Proporciona estabilidad al momento de realizar la conducción de manera cómoda y segura. Aquí también juega un papel importante el cinturón de seguridad.

Además es relevante el aspecto de la regulación de cada uno de los elementos de apoyo del asiento, ya que esto permite que se pueda adaptar mejor al cuerpo del usuario y éste sienta una mayor sensación de confort.

En los vehículos de F1, el conductor adopta una postura tumbada sobre el apoyo que acoge gran parte de su cuerpo. Por lo general, este tipo de asiento se fabrica a la medida del piloto en una sola pieza que va desde los hombros hasta casi las rodillas. Un asiento moldeado con la figura del usuario facilita la distribución pareja del peso corporal.

Al buscar el confort en un asiento de motocicleta, se debe tener en cuenta que un asiento estrecho es más accesible y fácil de usar. En cambio el más ancho suele disminuir el alcance de las piernas hasta el suelo.

En cambio en las bicicletas, los sillines para mujeres son más anchos que los del hombre, ya que los huesos de la cadera

(isquiones), están más separados en la mujer. Por ende, los asientos para la anatomía masculina son más delgados. Por eso, muchos modelos de sillín incluyen un canal o hueco longitudinal, diseñado especialmente para reducir la presión en la zona genital.

Esto demuestra que algunas características confortables de los asiento pueden variar entre uno y otro dependiendo el contexto donde se incorpore y la actividad que desempeñará el piloto sobre él. En la bicicleta el sillín ancho puede ser muy confortable para las mujeres, en cambio en las motocicletas, un asiento ancho disminuye el alcance de las piernas al suelo lo que le quita el confort.

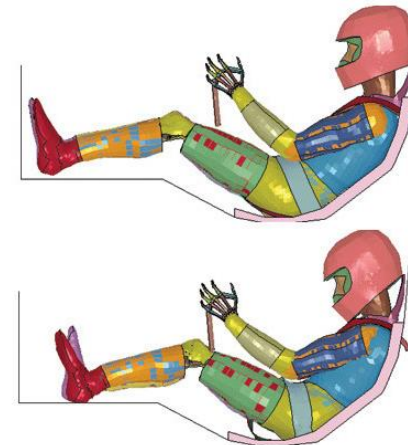
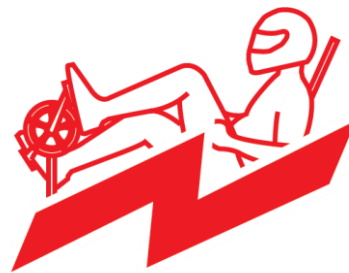


Imagen: Posturas del piloto de F1 en su asiento. Fuente: http://2.bp.blogspot.com/-FUla07YBXHI/TvdBHWXfeel/AAAAAAAAAKtY/U0rA33XxSvE/s1600/f1_indycar_nuevo_asiento_fia_institute_y_toyota.jpg



PRUEBAS DISEÑO Y ANÁLISIS

4.1. MÉTODOS PARA EL ESTUDIO Y LA MEDICIÓN DEL CONFORT EN EL PILOTO DEL PROTEAN 2.

El desarrollo de este proyecto de título se basa en un tipo de investigación en diseño contemporáneo, denominado como Constructive Design Research. Modelo fue planteado por Koskinen, I. Zimmeman, J. Binder, T. Redström y J. Wensvee, S. (2011) en su libro “Design Research through practice”.

Esta metodología busca demostrar el valor de “hacer las cosas”, donde el diseño sea un medio para investigar. No desvaloriza la metodología de investigación tradicional, si no que plantea una comunión con esta, complementándose con investigación de campo o laboratorio. Koskinen, I et al (2011) explican que “cuando los investigadores construyen realmente algo, encuentran problemas y descubren cosas que de otra manera pasarían desapercibidas. Estas observaciones desatan la sabiduría, la lucha contra la tendencia académica tradicional de valorar el pensamiento y el discurso sobre el hacer”.

Los métodos de diseño, que vienen en desarrollo desde los años 90’, han logrado sobrepasar los límites de la disciplina, siendo también ocupados en la ingeniería o en la industria de la computación. Son herramientas que pueden permitir: planear, explorar, generar conceptos o evaluar un diseño; producto o servicio. Por este motivo, siguiendo el Constructive Design Research, este proyecto de título se enfoca en el “cómo se hace” para cubrir la carencia de información con respecto al velomóvil y el confort en su piloto en fuentes bibliográficas. De esta manera, el proyecto a presentar genera información inédita y plantea establecer parámetros y tolerancias utilizables en la construcción del habitáculo en relación al confort de su piloto.

Al momento de diseñar para el confort de un usuario es necesario identificar las variables presentes: el usuario, el contexto, la actividad y los medios necesarios para realizar tal actividad o tarea. El estudio del confort en este proyecto se centra en el piloto del velomóvil Protean 2, vehículo que se conduce por medio de tracción humana y energía proveniente de baterías de litio.

En primera instancia, se reconoce el perfil del usuario. Para esto se selecciona una muestra de estudio, que represente al piloto que va a conducir el velomóvil, tomando como referencia la tabla antropométrica de Apud y Gutiérrez (1997) del percentil 5 y 95 de la población chilena para estudiar el confort, considerando medidas antropométricas mínimas (percentil 5) y máximas (percentil 95).

Para el estudio de la postura del piloto, se toma como referencia los ángulos de confort para la postura de conducir de Wisner, A. y Rebiffe, R. (1963), los ángulos de flexión y extensión de las piernas en el ciclismo y los ángulos de confort de Grandjean. Con estos datos se recrea la postura que se podría considerar confortable para el piloto.

Al recrear las posturas tanto para el percentil 5 como para el percentil 95, se pueden determinar las regulaciones necesarias para cada componente del JIG de pruebas: distancia entre asiento y eje de pedaleo, altura eje pedaleo, distancia de controles de dirección al piloto y la inclinación del respaldo y base del asiento.

Antes de realizar las mediciones y las pruebas, se reconocen los puntos musculo-esqueléticos del piloto que se encuentran activos al realizar la conducción del velomóvil. Estos puntos se relacionan con el acto de pedaleo de las piernas en la bicicleta y

el movimiento de brazos al conducir un vehículo. Al determinar estos puntos, es posible estudiarlos, medirlos y analizarlos, y así comprobar el desempeño de la postura que adopte el piloto y su grado de confort. Estos puntos de análisis son:

- Tobillo: Maléolo externo
- Rodilla: Costado Rótula
- Cadera: Hueso Ilíaco
- Hombro: Acromio

Al analizar estos puntos, se comprobará que los ángulos generados entre estos se encuentren dentro del rango considerado para el confort de acuerdo cada caso. Esto generará una primera validación. Una segunda validación se realiza con las regulaciones seleccionadas como confortables para medir su real desempeño en el laboratorio de Kinesiología de la Universidad de Chile.

La “investigación a través del diseño” es un método que reconoce el proceso de diseño como una actividad de investigación legítima, uniendo la teoría y la creación de conocimientos para mejorar las prácticas.

Por medio de la construcción de un JIG es posible medir valores que no se encuentran estudiados en fuentes secundarias de información, lo que permitiría crear nuevos conocimientos en la materia.

En este proyecto se construyeron tres JIG para realizar las pruebas, cada uno con la capacidad de medir variables específicas que contribuyen a la elaboración de parámetros y tolerancias para establecer el confort del piloto. Cada JIG contiene componentes con los que interactúa el piloto del velomóvil al momento de conducir, dando la posibilidad de

regular cada componente según se detalló en párrafos anteriores.

Se realiza la cantidad de pruebas que se estime necesarias. Cada prueba se registra en videos y fotografías desde distintas perspectivas para así realizar un análisis completo de los puntos corporales de estudio e identificar alguna eventualidad que no se visualice durante las pruebas y que afecte al confort del piloto.

Algunos de los primeros parámetros que se establecen por medio del análisis de las pruebas son aplicados en el Protean 2 para la competencia Desafío Cero, instancia que permite validar el estudio. Estos parámetros se aplican en el diseño y construcción de un asiento para el piloto, su ubicación al interior del habitáculo, y a la vez la ubicación del resto de los componentes involucrados en la conducción que interactúan con el piloto, vale decir: motor de pedaleo y controles de dirección.

Finalmente por medio del método de triangulación de información se compara los resultados de cada metodología aplicada en el desarrollo de este proyecto, para concluir con las tolerancias y parámetros finales en esta investigación. Se entiende que es posible seguir estudiando estos parámetros con el fin de lograr una mayor precisión, o bien obtener otro tipo de información, por lo que el término “finales” se refiere para culminar este proyecto y aplicar esta información en la propuesta de un habitáculo, pero no se cierra la puerta a posteriores estudios en la materia.

A continuación se detalla el proceso y estudio para establecer los parámetros y tolerancias en el confort del piloto al interior del habitáculo del velomóvil.

4.2. DATOS INICIALES: MODELO DIGITAL PROTEAN 2

El primer acercamiento a lo que significó el diseño del Protean 2 fue un modelo digital 3D, que durante la construcción del vehículo se fue actualizando a medida que se requirió visualizar un cambio o propuesta de diseño antes de incorporarlo al vehículo real.

El primer modelo digital del Protean 2 permitió identificar una aproximación del espacio que se podía destinar al habitáculo y los componentes que interactúan con el piloto, que competen a este proyecto de investigación. De esta manera, se puede desarrollar planos con las dimensiones del vehículo y así empezar el proceso de diseño de los JIG de pruebas.

4.3. INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL DISEÑO: JIG DE PRUEBAS

La actividad del conductor del velomóvil se puede asemejar a dos situaciones: al pedaleo del ciclista en su bicicleta y a la conducción de un automóvil. En ambos casos existe un movimiento de las extremidades del conductor y la adopción de una postura específica a la actividad que realiza. Por otro lado, la actividad del conductor de velomóvil también podría parecerse a la del conductor de las bicicletas recumbent, ya que adopta una postura similar en su asiento y a la vez sus piernas se mueven en los pedales. Sin embargo se estima que para contribuir a los conocimientos en la materia del velomóvil y ofrecer parámetros y tolerancias para el confort, es coherente recrear la actividad de conducción de este piloto en específico, ya que el velomóvil exige una mayor concentración y precisión que en el caso de las bicicletas recumbent. Por este motivo, se

desarrolla un JIG que presente las condiciones del habitáculo del Protean 2, referente a los componentes que se encuentran a su interior y sus dimensiones espaciales.

La intención de construir un JIG de pruebas es medir y analizar valores que se generen en el estudio de la actividad de conducción del piloto de velomóvil, para asegurar su confort físico por medio de regulaciones a componentes del habitáculo. Siguiendo lo que plantea la ergonomía, el habitáculo y sus componentes se pueden regular para el confort del usuario.

4.3.1. Diseño JIG de pruebas 1

El diseño del primer JIG de pruebas toma como referencia las condiciones espaciales del modelo digital del Protean 2. La intención del JIG es presentar las dimensiones generales del vehículo y dar especial énfasis en el habitáculo y sus componentes. Cada propuesta se desarrolla a escala 1:5 en el software de modelado 3ds Max, para su posterior construcción en maquetas que permiten identificar aspectos que no se consideraron en el modelo digital. Las maquetas se cortan por medio de corte láser en MDF de 3 mm.

Cada propuesta está compuesta de una estructura base que consiste en:

- Un plano principal con el dibujo del perfil del Protean 2 que se sostiene por medio de dos planos perpendiculares al principal que funcionan como escuadras y que cada uno contiene elipses que simulan el volumen del vehículo.
- Espacio para habitáculo en el plano principal.
- El habitáculo, a su vez, se compone de:

- Plataforma inclinada que representa el suelo del habitáculo del Protean 2.
- Soporte con forma de escuadras que sostienen el asiento y permite regular el respaldo y la base del asiento.
- Asiento
- Riel que permite el traslado del soporte que contiene el asiento.
- Motor de pedaleo que se puede regular en altura.

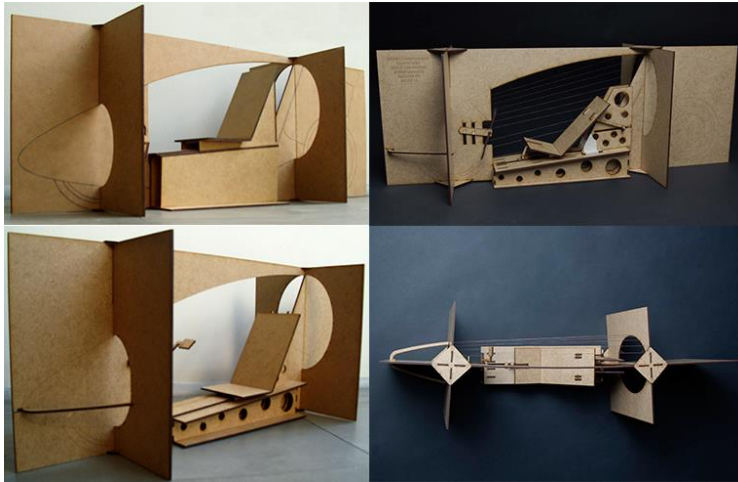


Imagen: Maquetas diseño JIG 1. Elaboración propia.

4.3.1.1. Descripción y análisis de cada modelo digital

El modelo digital 1 presenta un asiento que se encuentra muy cercano a la altura máxima del habitáculo lo que podría

dificultar la postura del piloto con su casco, o bien, es posible que un piloto del percentil 95 no pueda ingresar al vehículo.

El modelo digital 2 disminuye la inclinación de la plataforma a 5° con respecto a la horizontal que se genera por los ejes de las ruedas con el fin de proporcionar mayor altura al habitáculo. Además se extiende la longitud de la plataforma para que el respaldo del asiento pueda deslizarse hasta el límite posterior del habitáculo. Por último, para la construcción de la maqueta se incorpora la unión por medio de ensamblajes en cada pieza, así se agiliza el proceso de armado y las piezas mantienen una unión exacta al modelo digital.

El modelo digital 3 disminuye la altura de la plataforma hasta el borde inferior del vehículo manteniendo la inclinación del modelo anterior. Aquí se genera el máximo de altura que el habitáculo podría presentar. También se modifica el sistema de regulación de altura de motor de pedaleo para que la fuerza generada por el pedaleo del piloto no altere la regulación que se esté midiendo. Por último se incorpora una costilla al frontis del vehículo que simula el volumen desde una vista de planta. La maqueta incorpora agujeros en la plataforma y las escuadras que sostienen el asiento para disminuir el peso de estas estructuras y facilitar su manipulación y traslado del JIG.

El modelo digital 4 propone un sistema de regulación para la base y el respaldo del asiento que consiste en un carro que se desliza por un riel ubicado en la plataforma. Este carro posee una articulación que se une a un brazo que enlaza al carro con la base del asiento. Este mecanismo se repite para la regulación del respaldo. En la maqueta se incorporan hilos que unen ambos planos perpendiculares simulando una proyección del

volumen del habitáculo. Este último modelo es el que se decide realizar a escala 1:1 para la construcción del JIG 1.

4.3.1.2. Construcción JIG de pruebas 1

Se desarrollan planos a escala real de cada una de las piezas del diseño digital del JIG para cortarlas en la Router CNC. En total, las piezas se pueden acomodar en 4 planchas de Terciado de 2440x1220 mm de 15 mm de espesor.

Con las piezas cortadas se procede a armar el JIG 1.

A continuación se presenta el proceso de construcción:

1. Se adhiere cinta adhesiva negra al dibujo ranurado por la CNC en el plano principal. De esta manera se puede apreciar mejor el dibujo del perfil del Protean 2.
2. Se juntan los planos: principal y perpendiculares, generando la estructura base del JIG.
3. Se arman los componentes del habitáculo. Para garantizar la fijación de las piezas, se encola cada ensamble antes de unirse.

Durante la construcción del JIG se decide cambiar el sistema de regulación del motor de pedaleo por uno que le permitirá trasladarse a lo largo de la plataforma. Es decir, el motor de pedaleo tendría la capacidad de acercarse o alejarse del asiento, además de su regulación de altura. Por lo tanto el asiento se mantiene en una ubicación fija, y es el motor de pedaleo el que se mueve.

4. El motor de pedaleo se une a un perfil, el cual se desliza dentro de un perfil de mayor tamaño. El perfil exterior

contiene un patín regulador a un costado que permite apretar el perfil interior y así fijar una altura del motor, o bien soltar y así acomodar la altura que se requiera. Para que este sistema se deslice por la plataforma, esta se debe cortar, abreviando así el recorrido de deslizamiento del asiento.

5. Se arma el asiento: se une la base y el respaldo del asiento por medio de bisagras. Además se incorporan los brazos reguladores a las escuadras que sostienen el asiento. De esta manera se arma su sistema de regulación.
6. Se monta el asiento en la plataforma, al igual que el resto de los componentes del habitáculo.
7. Se incorporan hilos que unen ambos planos perpendiculares al principal, generando una aproximación al volumen en el habitáculo del Protean 2.

Sin embargo, tras incorporar los hilos, se considera que la proyección del volumen no se asemeja a la del modelo digital y perjudica la realización de las pruebas ya que disminuye el espacio de habitáculo.

8. Se incorporan dos nuevos planos perpendiculares al principal ubicado equidistante con los otros dos planos perpendiculares ya fijos, con el fin de generar una proyección del volumen del vehículo más cercana a la original.
9. Por último, se adhieren cintas métricas que permiten regular los componentes móviles del habitáculo y se agrega un transportador al vértice entre el respaldo y la base del asiento para medir el ángulo de inclinación que vaya adoptando durante las pruebas.

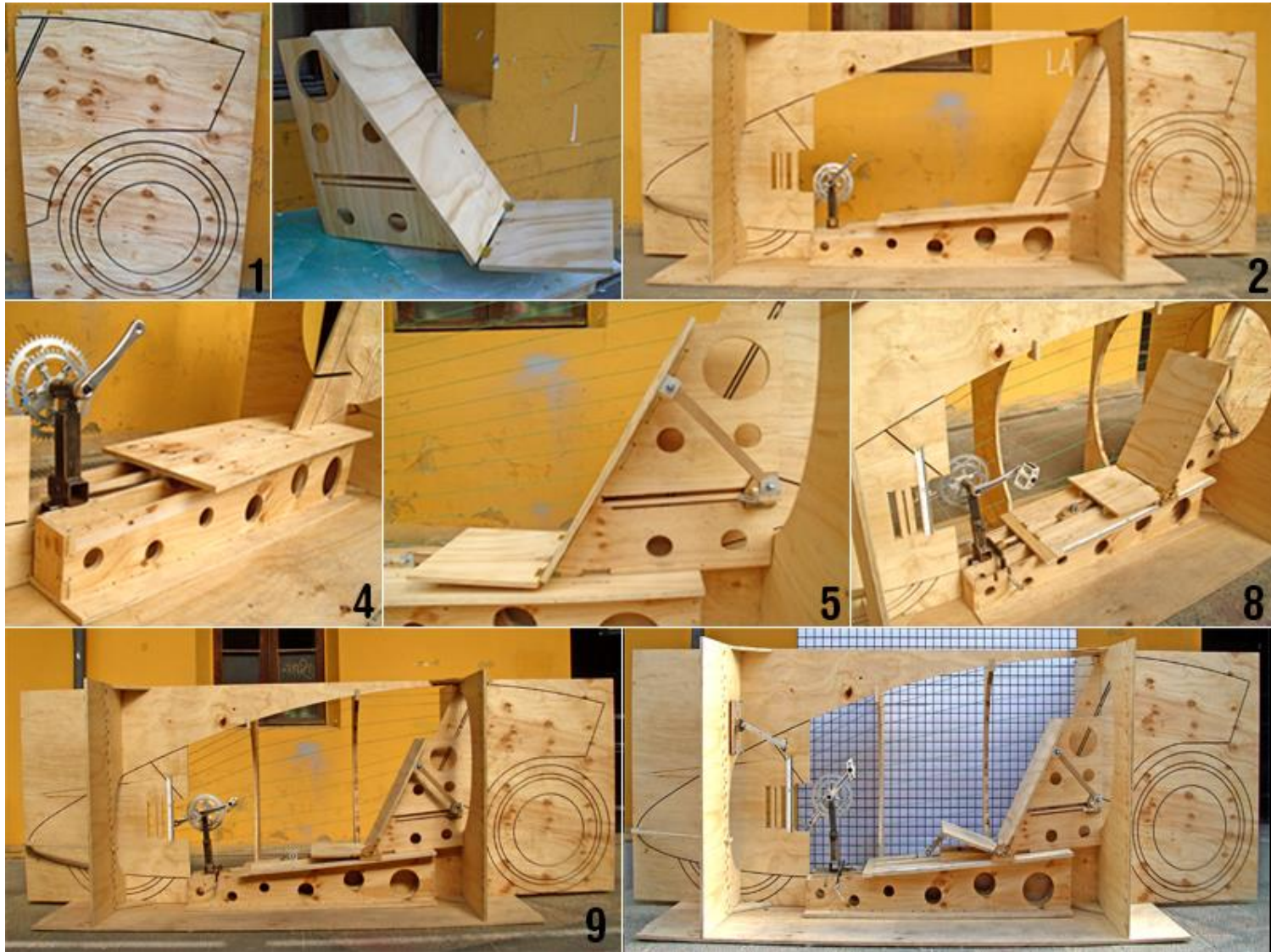


Imagen: Construcción JIG 1. Elaboración propia.

4.3.2. Pruebas en el JIG 1

Para el desarrollo de las pruebas se instaló un panel con cuadrícula de fondo que abarca la zona del habitáculo para la medición y el análisis del piloto.

El registro de las pruebas fue por medio de 5 cámaras de video que enfocan distintos puntos del habitáculo de estudio:

Cámara 1: Captaba el vértice que se forma entre la base del asiento y el respaldo.

Cámara 2: Captaba el movimiento de las piernas sobre los pedales.

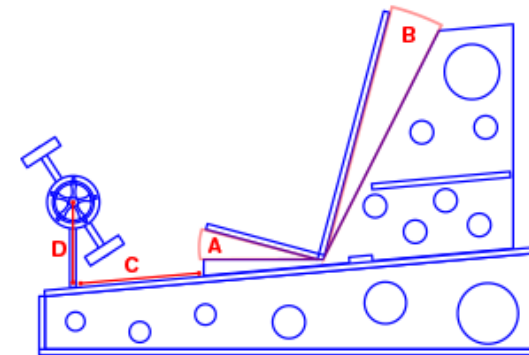
Cámara 3: Captaba el cuerpo completo del piloto desde un ángulo frontal-perfil-superior.

Cámara 4: Captaba una vista general del perfil del piloto y el habitáculo completo.

Cámara 5: GoPro instalada frente al piloto a la altura de los hombros. Captaba el cuerpo completo del piloto desde una vista frontal a él.

Al piloto se le adhieren marcas en distintos puntos de su cuerpo, que permitirán medir los cambios angulares generados durante las pruebas. Estas marcas se ubican en:

- Tobillo: Maléolo externo
- Rodilla: Costado Rótula
- Cadera: Hueso Ilíaco
- Hombro: Acromio



PARÁMETROS DE ESTUDIO EN JIG 1

- A: GRADO DE INCLINACIÓN DE ASIENTO
- B: GRADO DE INCLINACIÓN DE RESPALDO
- C: DISTANCIA DE ASIENTO CON RESPECTO AL EJE DE PEDALEO
- D: ALTURA EJE PEDALEO CON RESPECTO AL SUELO

PUNTOS DONDE SE UBICAN LAS MARCAS DE ESTUDIO EN JIG 1

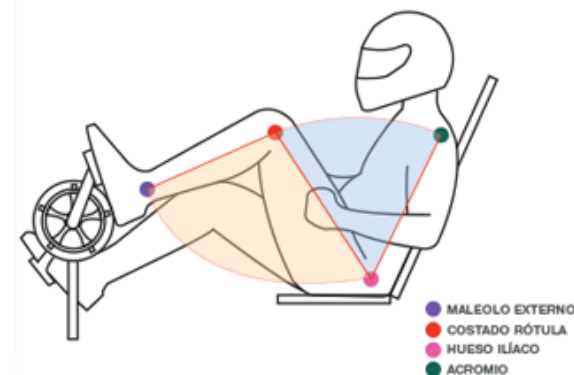


Imagen: parámetros y puntos de estudio en JIG 1. Elaboración propia.

Por lo que se generará un análisis a dos ángulos:

- Ángulo Peroné-Fémur
- Ángulo Fémur-Acromio
- Imagen Sistema Óseo

Luego se instala al piloto en el JIG de pruebas para regular las distancias de los componentes de acuerdo a su antropometría. El piloto que realiza estas pruebas mide: 1.70 m por lo que representa el promedio del hombre en la población chilena de acuerdo a Apud y Gutiérrez (1997).

La altura del habitáculo es reducida a pesar de todas las consideraciones que se tomaron para aumentar su altura. Por esto se decide mantener la inclinación del respaldo en 27° con respecto a la vertical, ya que de esta manera la distribución del cuerpo del piloto aprovecha mejor la escasa altura del habitáculo.

Las regulaciones para el piloto de pruebas se fijan en:

- Inclinación respaldo asiento: 27°
- Altura eje motor de pedaleo: 36 centímetros desde la plataforma
- Distancia de eje motor pedaleo - vértice asiento: 80 centímetros

En total se realizaron 3 pruebas, conservando las regulaciones para el piloto:

- Inclinación base de asiento: 27°
- Inclinación base de asiento 20°
- Inclinación base de asiento 0



Imágenes: Pruebas con piloto en JIG 1. Elaboración propia.

4.3.2.1. **Análisis prueba 1 en JIG 1**

Las pruebas realizadas en el JIG 1 se registraron en video, para luego analizar las imágenes y llegar a conclusiones al respecto.

Se utiliza el software Kinovea para medir y analizar los ángulos generados en el cuerpo del piloto al realizar cada una de las pruebas. Con este software se analiza el recorrido y lo ángulos de los puntos que se marcaron previamente en el piloto.

La prueba 1 arroja como datos para analizar en la extensión máxima de piernas:

- Peroné-Fémur: 132°
- Fémur-Acromio: 99°

Y en la flexión máxima de piernas:

- Peroné-Fémur: 78°
- Fémur-Acromio: 61°

Para el análisis de las pruebas se toman de referencia los ángulos de confort del ciclista y los que corresponden a la postura sentada en la conducción, que se resumen en la siguiente tabla comparativa:

VÉRTICE CORPORAL ANALIZADO	REFERENTES		PRUEBAS		
	Ciclismo	Conducción	P1	P2	P3
Peroné-Fémur Extensión	150°	135°	132°	144°	150°
Peroné-Fémur Flexión	69°	95°	78°	82°	75°

Fémur-Acromio Extensión	147°	115°	99°	100°	100°
Fémur-Acromio Flexión	49°	90°	61°	56°	58°

Peroné-Fémur 132°

Se encuentra dentro del rango de los ángulos de confort de la conducción y en el ciclismo. Sin embargo la extensión podría ser mayor si la inclinación de la base del asiento permitiese una mayor extensión de las piernas.

Fémur-Acromio 99

Se encuentra dentro del rango de los ángulos de confort para la postura sentada en la conducción, al igual que para el ciclismo.

Peroné-Fémur 78°

Se encuentra dentro del rango de ángulos de confort recomendados para el ciclismo, sin embargo excede el mínimo de la conducción.

Fémur-Acromio 61°

Excede el mínimo recomendado en la conducción pero está dentro del rango del mínimo para el ciclismo.

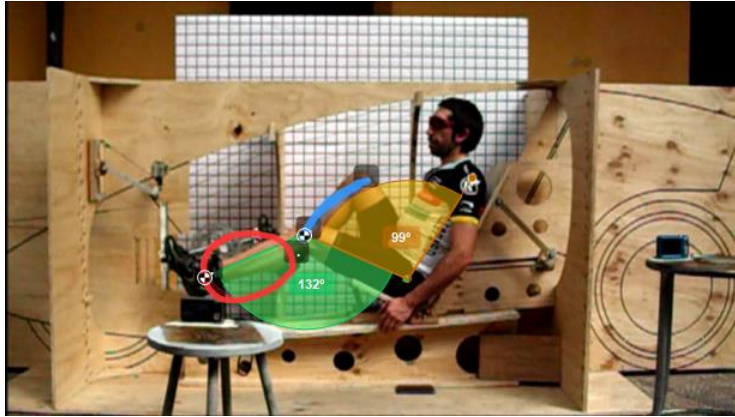


Imagen: Análisis de recorrido y extensión máxima de piernas en prueba 1.
Elaboración propia.



Imagen: Análisis recorrido y flexión mínima de piernas en prueba 1.
Elaboración propia.

4.3.2.2. Análisis prueba 2 en JIG 1

De acuerdo a la percepción del piloto durante la realización de las pruebas, la regulación más confortable para él fue la de la segunda prueba, que se presenta a continuación.

La prueba 2 arroja como datos para analizar en la extensión máxima de piernas:

- Peroné-Fémur: 144°
- Fémur-Acromio: 100°

Y en la flexión máxima de piernas:

- Peroné-Fémur: 82°
- Fémur-Acromio: 56°

Peroné-Fémur 144°

Se encuentra dentro del rango de los ángulos de confort en el ciclismo, no así en los de la conducción, sobrepasando el máximo. Se logra una mayor extensión de las piernas con respecto a la prueba 1, lo que significa mayor potencia en el pedaleo.

Fémur-Acromio 100°

Se encuentra dentro del rango de ángulos de confort para la postura sentada en la conducción, al igual que para la postura en el ciclismo.

Peroné-Fémur 82°

Se encuentra dentro del rango de ángulos de confort recomendados para el ciclismo, aunque excede el mínimo en el ángulo de confort de la conducción, se acerca más a lo recomendado en comparación a la prueba 1.

Fémur-Acromio 56°

Excede el mínimo recomendado en la conducción pero está dentro del rango del mínimo para el ciclismo.

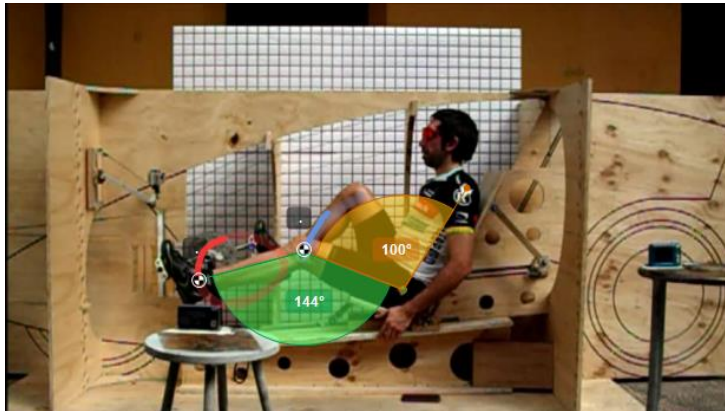


Imagen: Análisis recorrido y extensión máxima de piernas en prueba 2.
Elaboración propia.



Imagen: Análisis recorrido y flexión mínima de piernas en prueba 2.
Elaboración propia.

4.3.2.3. Análisis prueba 3 en JIG 1

La prueba 3 arroja como datos para analizar en la extensión máxima de piernas:

- Peroné-Fémur: 150°
- Fémur-Acromio: 100°

Y en la flexión máxima de piernas:

- Peroné-Fémur: 75°
- Fémur-Acromio: 58°

Peroné-Fémur 150°

Excede el máximo del rango en los ángulos de confort de la conducción, sin embargo logra el máximo de extensión recomendado en el ciclismo. En esta prueba se presenta el máximo de potencia en la extensión de la pierna en el pedaleo.

Fémur-Acromio 100°

Se encuentra dentro del rango de ángulos de confort para la postura sentada en la conducción, al igual que para la postura en el ciclismo.

Peroné-Fémur 75°

Se encuentra dentro del rango de ángulos de confort para el ciclismo pero excede el mínimo recomendado en la conducción.

Fémur-Acromio 58°

Excede el mínimo recomendado en la conducción pero está dentro del rango del mínimo para el ciclismo.

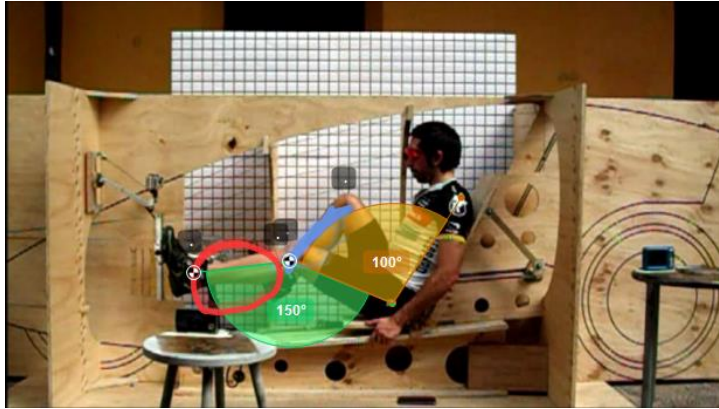


Imagen: Análisis recorrido y extensión máxima de piernas en prueba 3.
Elaboración propia.



Imagen: Análisis recorrido y flexión máxima de piernas en prueba 3.
Elaboración propia.

4.3.3. *Diseño y construcción de JIG 2*

Para un análisis verídico del desempeño del piloto al momento de realizar su actividad de conducción en el velomóvil, se decide someter este estudio a pruebas de laboratorio.

A través del kinesiólogo Edgardo Opazo se accede a realizar pruebas en el laboratorio de Kinesiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Para realizar las pruebas en el laboratorio, es necesario transportar el JIG de pruebas pero sus dimensiones no lo permiten. Por este motivo se desarrolla un segundo JIG que contiene los componentes reguladores del JIG anterior pero con el alcance de que debe ser fácil de transportar y capaz de instalar al interior del laboratorio.

Las consideraciones que se deben tomar en el diseño del JIG 2 son:

- Eliminar plataforma con inclinación de 5°. El nuevo JIG estará sobre un plano horizontal.
- Eliminar planos estructurales que simulan el volumen del velomóvil.
- Agregar una rueda que se une al motor de pedaleo por medio de una cadena de transmisión.
- Mantener las regulaciones del JIG anterior, considerando las distancias para regular y los mecanismos.

Por tanto, las características de los componentes en este nuevo JIG son:

- La altura mínima del eje del motor de pedaleo es de 26 centímetros con respecto a la plataforma de estudio.
- El eje de la rueda debe estar a una altura de 36 centímetros con respecto a la plataforma de estudio.
- El asiento y su soporte se mantienen igual al JIG anterior.

Este nuevo JIG se puede dividir en 2 partes para su traslado. Por un lado se traslada la plataforma de recorrido del asiento, y por otro la estructura que sostiene el motor de pedaleo y la rueda. Además, en este JIG, el asiento es el que se desliza por un riel hacia el motor de pedaleo.



Imagen: Construcción JIG 2. Elaboración propia

4.3.3.1. Pruebas en el JIG 2

En el laboratorio de Kinesiología de la facultad de Medicina de la Universidad de Chile se realizaron dos tipos de pruebas:

La primera prueba fue para medir la eficiencia del piloto por medio de la medición de consumo de oxígeno.

La segunda prueba fue de análisis de movimiento.

Cada prueba tuvo una duración aproximada de 4 minutos, donde se analizó cada situación del piloto en el asiento:

- Inclinación de la base del asiento en 27°
- Inclinación de la base del asiento en 20°
- Inclinación de la base del asiento en 0°

4.3.3.2. Medición de consumo de oxígeno

La medición de consumo de oxígeno ($V' O_2$) exige la realización de un ejercicio de intensidad máxima y la utilización de materiales especializados. Para el desarrollo de esta medición se instala en el JIG 2 un rodillo con resistencia para generar mayor esfuerzo al pedalear, un cronómetro para medir el tiempo de duración de la prueba y un Ergo espirómetro para medir el consumo de oxígeno del piloto durante la prueba.

Conforme la intensidad de la prueba es mayor, el organismo responde con un mayor gasto energético, hasta una intensidad de ejercicio que a pesar de aumentar la carga, el $V' O_2$ no aumenta más.

Los datos van siendo captados por el Ergo espirómetro, quien transfiere la información a un software que va registrando la prueba.

Se realizó una prueba con base del asiento inclinada en: 27°, 20° y 0° con respecto a la horizontal. Los resultados de esta medición fueron similares en cada prueba ya que no se reconoció una diferencia significativa en consumo de O_2 .

4.3.3.3. Análisis de movimiento

Las pruebas de análisis de movimiento se realizan en una sala que cuenta con seis cámaras infrarrojas que captan 240 cuadros por segundo, plataformas de fuerza y un equipo de electromiografía inalámbrico. Estas instalaciones permiten la reconstrucción tridimensional del esqueleto mientras se encuentra realizando movimiento durante la prueba.

En este caso, el JIG 2 no necesita instalación de accesorios adicionales. Sin embargo, el piloto debe adherir a su cuerpo sensores que se ubican en zonas musculares a medir. Estos sensores son los que transmiten los datos de manera inalámbrica a un software que va registrando los movimientos del piloto.

Se realizan las mismas pruebas que para la de medición de consumo de oxígeno.

En los gráficos presentados (ver Anexos), cada ciclo es un recorrido de 360° del pedal y se representa en distintos colores para distinguir variaciones de la misma zona observada durante el transcurso del tiempo. Se observa una mayor variación de movimiento en el tobillo durante cada ciclo, ya que es el gráfico donde se distinguen más rayas desalineadas del resto.

De acuerdo al análisis realizado por el Kinesiólogo Edgardo Opazo, la prueba con la base del asiento en 27° es la con mayor eficiencia y donde se aplica mayor fuerza.



Imagen: Pruebas en JIG 2. Elaboración propia.

4.4. INVESTIGACIÓN EVALUATIVA: DESAFÍO CERO

Este Proyecto de título se enmarca en el diseño y construcción del velomóvil Protean 2 para la competencia Desafío Cero, cuyo fin es ofrecer conocimientos de este estudio sobre el confort en el piloto de velomóvil para aplicarlos en el diseño del habitáculo del Protean 2.

Se reconoce la aparición y desarrollo de molestias en el usuario al estar realizando actividades poco confortables. Las razones pueden variar por diversos factores pero el diseño debe ser capaz de reconocerlos con el fin de cuidar y mejorar la calidad de vida del usuario. El servicio que ofrece este proyecto es ese, garantizar el confort del piloto al interior del habitáculo cuando conduce el velomóvil.

4.4.1. Aplicación de parámetros desarrollados tras pruebas en JIG al diseño del habitáculo del Protean 2

Se aplican los siguientes parámetros en el diseño del habitáculo del Protean 2:

- Altura motor de pedaleo del suelo: 26 centímetros
- Inclinación respaldo asiento: 27° con respecto a la vertical
- Inclinación base del asiento: 20° con respecto a la horizontal.
- Distancia eje motor de pedaleo y vértice asiento:
 - I. Piloto 1.80 m: 90 centímetros
 - II. Piloto 1.70 m: 80 centímetros
- Suelo Protean 2 con zonas para pedaleo
- Motor de pedaleo en altura 26 cm

En el habitáculo del Protean 2 se incorpora una base que permite ser el suelo donde se montan los componentes de su interior. En esta base se cortan dos elipses en la zona en que cada pie pasa al realizar el pedaleo. La altura de los pedales permite que no roce el pie con el suelo, pero se corta esta zona por temas de seguridad.

Al vehículo se le integran controles de dirección, aspecto que no se midió en las pruebas realizadas en los JIG anteriores debido a que no se tenía certeza del tipo de control que se implementaría al vehículo.

Como integrante del proyecto Protean 2, aplicando los parámetros establecidos tras las pruebas en los JIG, me comprometí con el diseño y construcción del asiento, para así evaluar en competencia las variables del confort para la postura del piloto.

TOLERANCIAS APLICADAS EN PROTEAN 2 PARA LA COMPETENCIA DESAFÍO CERO
*VALORES EN CENTÍMETROS

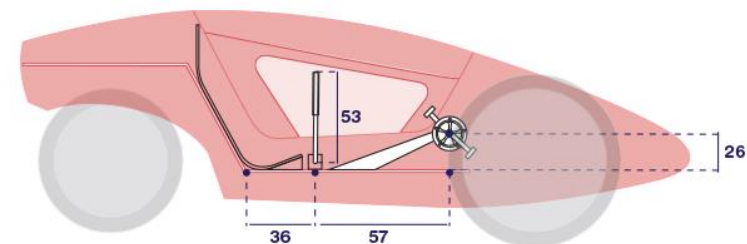


Imagen: Tolerancias aplicadas al habitáculo Protean 2. Elaboración propia.

4.4.2. Parámetros y tolerancias aplicados al asiento del Protean 2

Los datos analizados en las pruebas con JIG 1 y JIG 2 permiten conocer los parámetros necesarios para diseñar el asiento. Además se deben contemplar las siguientes variables:

- La antropometría del piloto: se aplica percentil 5 y percentil 95 como referencia.
- Actividad o tareas a realizar: pedaleo, movimiento brazos.
- Ángulos de confort del piloto para:
- Flexión y extensión piernas
- Flexión y extensión Fémur-Acromio

Por otro lado, se debe conocer las dimensiones del habitáculo y el espacio que necesita el piloto para realizar su actividad. Esto último se determina por medio de las regulaciones necesarias para cada percentil.

Las dimensiones del habitáculo, que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar, son las siguientes:

- Altura máxima habitáculo: 98 centímetros
- Altura mínima habitáculo: 68 centímetros
- Extensión suelo habitáculo: 110 centímetros
- Extensión suelo habitáculo libre para el asiento: 40 centímetros
- Ancho máximo suelo habitáculo: 42 centímetros
- Ancho máximo habitáculo: 68 centímetros
- Ancho mínimo habitáculo: 20 centímetros
- Altura con ancho máximo: 40 centímetros del suelo.

4.4.3. Diseño del asiento para el piloto del Protean 2

Los parámetros y tolerancias establecidas por medio de las pruebas de los JIG 1 y 2, que se aplican al diseño del asiento son:

- Respaldo en 27° de inclinación con respecto a la vertical
- Base del asiento en 20° de inclinación con respecto a la horizontal

Además, se considera el espacio del habitáculo que existe para la incorporación del asiento:

- Altura máxima habitáculo: 98 centímetros
- Ancho máximo suelo habitáculo: 42 centímetros
- Ancho máximo habitáculo: 68 centímetros
- Altura donde existe ancho máximo: 40 centímetros del suelo.
- Extensión máxima para ubicar asiento: 40 centímetros

Esto lleva a diseñar un asiento con las siguientes dimensiones: ancho de 30 centímetros y alto de 80 centímetros. El asiento contiene:

- Reposacabezas, que permite el apoyo del piloto con el casco
- Regulación de distancia con respecto al eje de pedaleo
- Se adapta para percentil 5 a percentil 95
- Borde de la base del asiento redondeada para no lastimar ni cortar la circulación de las piernas del piloto.
- Soporte estructural que permite el apoyo del asiento para mantenerlo estable.

En este tipo de asiento es fundamental la estabilidad del piloto ya que se encuentra moviendo todas sus extremidades. Esto mismo se debe considerar al momento de proporcionar espacio para que sus movimientos sean fluidos.

El sistema de regulación de la distancia del asiento con respecto al eje de pedaleo puede ser tipo riel pero en el diseño predispuesto del habitáculo del Protean 2 no existe mayor espacio para integrar esta opción de regulación, por lo que el asiento se instala a una distancia fija.

El diseño del asiento parte por medio de croquis para definir posibles formas. Luego estas formas se desarrollan en digital por medio del software Rhinoceros y de esta manera se generan los primeros acercamientos a las dimensiones y formas del asiento a construir.

Finalmente se decide desarrollar un asiento que mantenga reposa-cabezas, respaldo y base del asiento unido en una sola estructura porque la altura del habitáculo no permitiría regular la altura del respaldo y el reposa-cabezas.

Se desarrollan maquetas para comprobar las dimensiones del asiento al interior del habitáculo del Protean 2 y el uso de los percentiles considerados: 5 y 95.

El desarrollo de la maqueta permite ver la complejidad de incorporar apoyos laterales al asiento en el sector de la zona lumbar ya que se debe considerar el movimiento de los brazos al utilizar los controles de dirección del vehículo.

Se decide simplificar el modelo y se opta por desarrollar un asiento que contenga el perfil de la maqueta probada con un ancho de 30 centímetros para el apoyo del cuerpo del piloto.

4.4.4. Construcción del asiento del piloto Protean 2

El asiento está compuesto por una superficie curva que genera el perfil del piloto al sentarse, y dos escuadras estructurales que reciben a la superficie y mantienen estable al asiento para que pueda montarse en el vehículo.

Esto genera el primer prototipo funcional, que se instala en el vehículo durante las etapas de clasificación a la competencia.

Las escuadras estructurales de este primer prototipo están fabricadas en madera terciada de 15 mm, y la superficie del asiento es de material PTG que cubre la estructura de soporte.

Clasificado el vehículo para competir en Desafío Cero, se construye un nuevo asiento que incorpora un soporte estructural de mayor resistencia ya que las escuadras en madera poseen zonas débiles que se podrían romper.

La nueva estructura está fabricada con tubos de acero, curvados y soldados, siguiendo el mismo principio de diseño del prototipo anterior. La superficie del asiento se mantiene en PTG, que es un material resistente al impacto y contiene soportes para la base del asiento en madera terciada.

El PTG al ser un material plástico genera poco roce con la vestimenta del piloto. Esto puede jugar en contra de la estabilidad necesaria en la conducción. Por esto se adhiere una lámina de etilvinilacetato de color negro con la forma de las zonas donde se necesita mayor roce con el vestuario del piloto. Esto sería; base del asiento, hombros y cabeza.

El asiento se fija a 90 centímetros del eje del motor de pedaleo, lo que sólo posibilita un uso confortable para el Percentil 95.

4.4.5. Evaluación y crítica constructiva del desempeño del habitáculo y el asiento durante Desafío Cero

La competencia Desafío Cero significó una oportunidad para evaluar los parámetros desarrollados durante las pruebas con los JIG, tanto para el diseño del habitáculo como para el desempeño del asiento.

A medida que se desarrollaba la competencia fueron apareciendo problemas que no se vislumbran en un comienzo cuando se construye e instala el asiento. La mayor parte de los problemas tienen relación con la postura que adoptó el piloto, y la materialidad del asiento.

La postura con mayor problema fue la de Patricia Campos, que participó como piloto representante de las mujeres durante la competencia.

Patricia Campos pudo conducir el vehículo, pero en las condiciones posturales que se encontraba, terminó con molestias en su espalda. Adopta una postura que la hacía estar casi tumbada en el asiento debido a que el motor de pedaleo se encontraba fuera de su alcance, por lo que ella debe deslizarse por el asiento para alcanzarlos.

En el circuito donde no se pedaleaba, este problema no existió. Los pilotos podían acomodarse en el habitáculo y adoptar la postura adecuada en el asiento sin mayor inconveniente.



Imagen: Patricia Campos en el asiento. Elaboración propia.

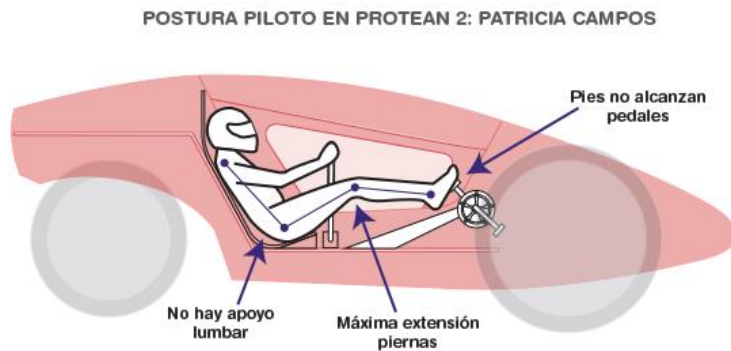


Imagen: Postura Patricia Campos en el asiento. Elaboración propia.

En la postura se hace evidente la necesidad de acomodar el asiento a una distancia adecuada del motor de pedaleo. Esto se probó en el JIG pero la disposición del habitáculo no permitía la implementación de un sistema de regulación que acercara o alejara el asiento.

El acolchado del asiento es necesario y las dimensiones del que se implementó no fueron óptimas. El acolchado debe abarcar principalmente el respaldo y la base del asiento, proporcionando estabilidad y confort.

En particular, Patricia Campos resultó con dolores en algunas vértebras ya que estaban siendo puntos de apoyo en la postura que ella adopta. En este caso hubiese sido adecuado el uso de un acolchado en el respaldo que dejará libre un espacio central donde se ubique la columna y mantuviera una distancia con la superficie de la estructura del respaldo. También es aconsejable un acolchado que genere la curvatura natural de la columna en

la zona lumbar, que llegue hasta la zona del Sacro, ya que esta última presenta mayor apoyo en este tipo de asiento.

Estar pedaleando mientras se mantienen las manos en los controles de dirección provoca la pérdida de equilibrio del cuerpo. Durante la competencia se generó este problema cuando el vehículo doblaba en curvas. Al virar, el cuerpo tiende a ladearse siguiendo el giro del vehículo producto de la inercia. Por esto es necesario un apoyo lateral, que brinde estabilidad al cuerpo al momento de que se desee doblar curvas en la ruta.

Los controles de dirección ocuparon un exceso de espacio al interior del habitáculo, imposibilitando la instalación de un sistema de regulación para el asiento. Pero la principal crítica al respecto va por la calidad de la instalación de los controles de dirección. El giro de las barras debe ser preciso, ya que cumplen un rol fundamental que es dirigir el vehículo.

4.5. CONSTRUCCIÓN JIG 3: VALIDACIÓN DE NUEVAS TOLERANCIAS

Este tercer JIG permite estudiar un nuevo parámetro que no se había considerado en los anteriores, el de los controles de dirección, con el fin de rediseñarlo a partir de los ángulos de confort del brazo y contribuyendo al desarrollo del próximo vehículo.

4.5.1. Diseño JIG 3

Previo a diseñar el JIG 3 se toman mediciones al habitáculo del Protean 2 y sus componentes. Al igual que los JIG anteriores, contempla datos propios del Protean 2, con el fin de continuar con el estudio del confort del piloto bajo esas condiciones.

Para su diseño se utiliza el software Rhinoceros para desarrollar el modelado 3D del JIG.

Este nuevo JIG contempla las siguientes dimensiones del habitáculo:

- Extensión del suelo
- Ancho máximo del habitáculo

Además de mantener las regulaciones de los JIG anteriores, este JIG contempla la regulación de los controles de dirección por lo que se monta este nuevo componente. Estos tienen un movimiento similar al del minuterero del reloj, pero en ambas direcciones. El giro de los controles se realiza en 10° hacia adelante y 10° hacia atrás. Cada control se mueve en dirección opuesta al otro, lo que indica al sistema de dirección el giro que debe tomar el vehículo.

La posición inicial que tomen los controles de dirección se relaciona a la posición de reposo que posea el hombro del piloto, que corresponde a aquella con menor compresión articular. Esta posición es:

- Flexión hombro: 20°
- Abducción hombro: 20°

Considerando que el rango de los ángulos de confort correspondiente al hombro son:

- Flexión hombro: 15°
- Extensión hombro: 35°
- Abducción hombro: 30°

El respaldo del asiento se mantiene fijo al JIG, con inclinación de 27° con respecto a la vertical, ya que esta regulación no cambió en las pruebas anteriores y permite que el cuerpo utilice menos altura en el habitáculo.

El asiento se cubre con una superficie de espuma tapizada en cuero sintético para un mayor confort del piloto al momento de realizar las pruebas.

Este JIG es fácil de transportar ya que se puede desmontar en dos partes al igual que el anterior y además incluye ruedas en su base.

El modelo digital permite ver temas como el acabado de la pintura, el color, la materialidad, con el fin de barajar opciones y escoger la indicada antes de construir.

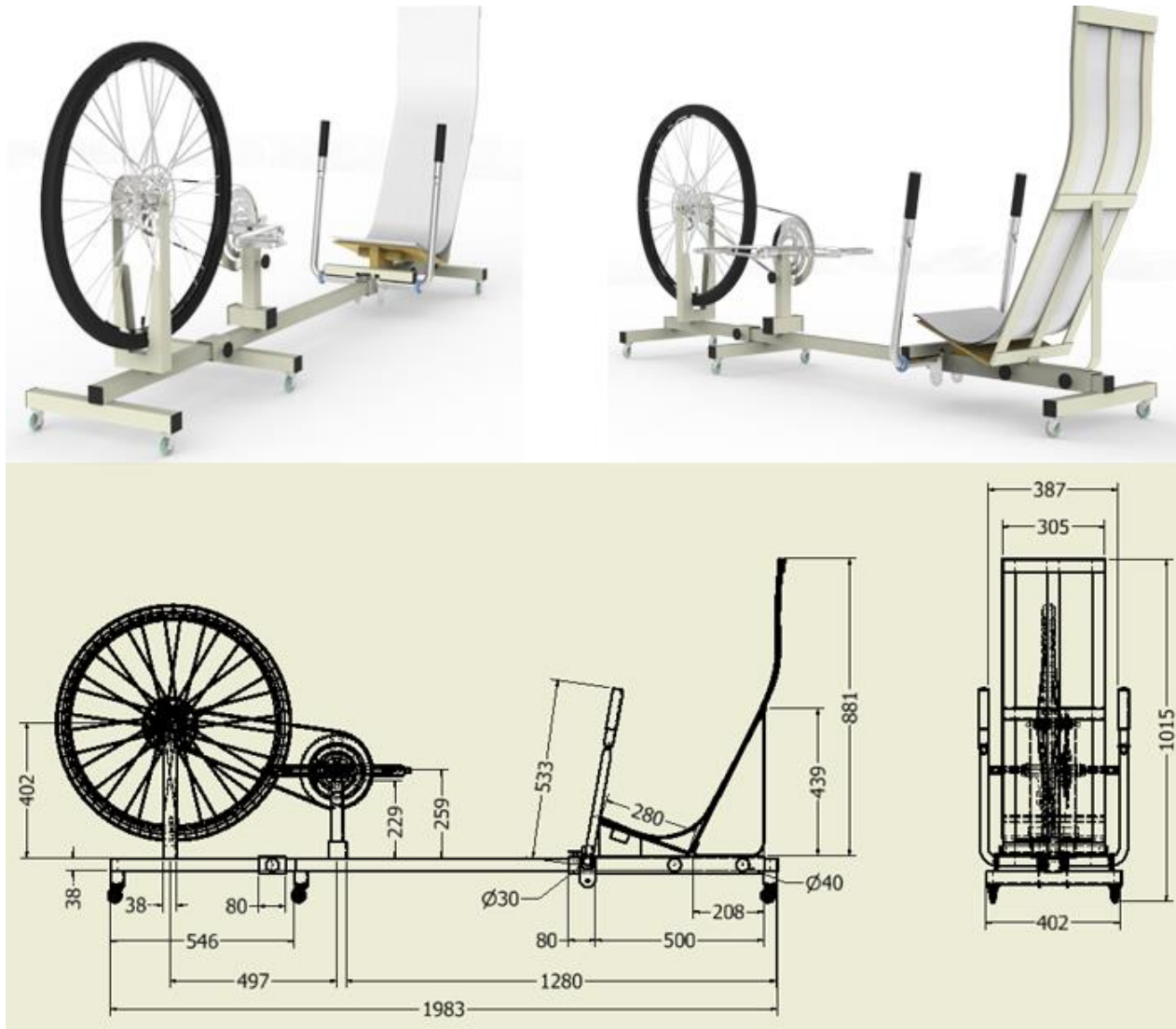


Imagen: Modelo digital JIG 3 y su planimetrías. Elaboración propia.

4.5.2. Construcción JIG 3

Este JIG se construye en fierro, ya que es más resistente y económico que la madera.

1. Primero se cortan las piezas a la medida, según lo diseñado en el modelo digital.
2. Para construir el asiento del JIG 3, se plotea una de las escuadras utilizadas para construir el asiento del Protean 2. Este dibujo permite tomar como referencia donde se debe doblar la pletina de fierro para generar el respaldo con 27° de inclinación de la vertical.
3. Con las pletinas del respaldo dobladas, se soldan las piezas.
4. El respaldo se une a la base de madera del asiento por medio de bisagras, al igual que en los JIG anteriores.
5. Se solda el resto de las piezas para construir el JIG por medio de soldadura al arco. Se lijan las soldaduras que lo necesiten.
6. Se corta en madera cuñas que permiten inclinar la base del asiento. Estas cuñas contienen una arista superior con la inclinación que corresponde al ángulo que se desea medir. Los ángulos para la base del asiento en este JIG son: 27°, 13,5° y 0°.

Para los controles de dirección se utilizan dos ejes de dirección de bicicleta con sus respectivas cajas. Al utilizarlo en los

controles de dirección, simplemente se cambia el mecanismo de posición vertical a horizontal.

7. Se solda un perfil a cada uno de los ejes de dirección de bicicleta. A su vez, el perfil se solda a otro perfil de mayor tamaño que permitirá que los controles de dirección se deslicen por la viga principal del JIG.
8. Se arman los ejes en las cajas soldadas y a cada uno se le adhieren perfiles tubulares doblados que permitirán manipular los controles de dirección. Cada perfil tubular contiene una articulación que permite que una sección del perfil se doble adaptando su inclinación a la muñeca del piloto. Esto posibilita una nueva medición relacionada a la muñeca con respecto al antebrazo del piloto.
9. Una vez armada la estructura del JIG, se lija y se limpia para poder pintar.
10. Se cubren las zonas que no se desean pintar con y se prepara un espacio de trabajo al aire libre.
11. Se aplica una capa de primer a cada pieza de fierro y luego se espera su secado.
12. Luego se aplican capas de esmalte blanco a cada pieza hasta estar completamente pintadas.
13. Una vez seco el esmalte, se arma el JIG y se montan los componentes que no se pintaron: rueda, acolchado asiento, motor de pedaleo, etc. Además se incorporan tapas a los perfiles.



Imagen: Construcción JIG 3. Elaboración propia.

4.5.3. *Validación de nuevas tolerancias en JIG 3*

Las mediciones realizadas en los JIG permiten el desarrollo de parámetros y tolerancias que pueden ser utilizadas para el diseño de componentes al interior del habitáculo, tal como sucedió con la construcción del asiento para el Protean 2.

El tener un JIG da la posibilidad de realizar mediciones en laboratorios especializados, con software y tecnología aplicable para el estudio del usuario y que puede recaudar información fiable para el desarrollo de propuestas tangibles.

Aquí el diseñador juega un rol fundamental, al ser el medio para transcribir la información que ofrecen las tecnologías y aplicarlas en un producto que el usuario pueda utilizar. La participación del diseñador puede ir desde el construir el modo de poner a prueba situaciones, por ejemplo por medio de un JIG, hasta en el traducir los resultados de las pruebas y transformarlos en un objeto.

El último JIG contempla ser un medio para realizar mediciones con futuros pilotos que participen en los próximos vehículos desarrollados en la facultad y de esta manera diseñar a partir de parámetros comprobados con el mismo usuario y bajo las condiciones reales de la actividad y el espacio.

CALCULO PARA REGULAR DISTANCIA DE ASIENTO Y ALTURA EJE PEDALEO A PARTIR DE 73° - 75° - 77°

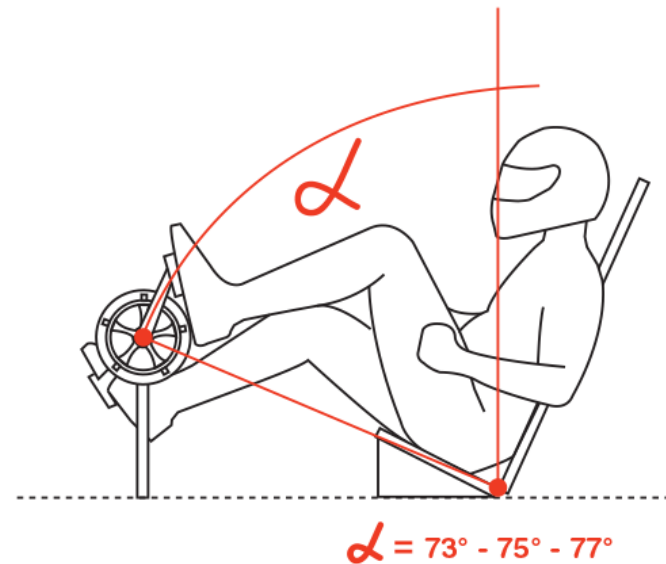


Imagen: Regulaciones a partir de 73°, 75° y 77°. Elaboración propia.

4.6. **REGULACIONES PERCENTILES PARA ACTIVIDAD DE ESTUDIO EN JIG 3**

Para encontrar la altura confortable del eje de pedaleo, se toma como referencia la composición de la bicicleta.

En la bicicleta, la ubicación del sillín se puede ubicar a 73°, 75° o 77° del eje de pedaleo con respecto a la horizontal, o bien, dependiendo de la postura que adopte el ciclista en el sillín generando la misma variación angular.

La composición del marco permite el mayor o menor desempeño del ciclista por medio de la potencia que pueden generar sus piernas en el pedaleo. Por esto que la ubicación del sillín es relevante.

En el JIG 3 se reguló la distancia del asiento con respecto al motor de pedaleo con dos pilotos, cada uno representante de cada percentil: percentil 5 y percentil 95. A continuación se presenta una tabla que tabula los datos recaudados en esta medición:

Ángulo eje motor a vértice asiento	PERCENTIL 5			PERCENTIL 95		
	0°	13,5°	27°	0°	13,5°	27°
77°	19,3	19,1	18,7	24,2	23,8	23,4
75°	22,2	22	21,5	27,9	27,4	26,9
73°	25,1	24,8	24,3	31,5	31	30,4

De acuerdo a los resultados en las pruebas de laboratorio, la inclinación de la base en 27° con respecto a la horizontal es la más eficiente para el desempeño del piloto durante la conducción.

Por este motivo se seleccionan las regulaciones de la altura de los pedales para el caso de 27° de inclinación, tanto para el percentil 5 como para el 95. Esto nos demuestra el rango de regulación que necesitarían los pedales para ajustarse a la antropometría del piloto.

Este rango va desde los 18,7 centímetros de altura del eje del motor de pedaleo con respecto al suelo, hasta los 30,4 centímetros de altura. Es decir, la regulación se podría dejar desde los 18 centímetros hasta los 31 centímetros, o bien, definir una altura media para que el motor de pedaleo se mantenga fijo. En ese caso la altura sería 24,5 centímetros.

4.7. MEDICIÓN DE RECORRIDO DE CONTROLES DE DIRECCIÓN EN JIG 3

Los controles de dirección son los que permiten al piloto guiar al vehículo durante su trayecto. Están compuestos por dos barras que realizan un movimiento que genera un recorrido de arco de circunferencia. El recorrido del arco puede variar dependiendo del contexto donde se requieran utilizar los controles de dirección. En este caso son aplicados al velomóvil por lo que su recorrido dependerá de la extensión y flexión de las extremidades superiores del piloto cuando se encuentra en su asiento.

Los controles de dirección en el vehículo se mantienen en una ubicación fija al interior del habitáculo ya que son parte del sistema de transmisión de dirección. Por tanto, la distancia con el asiento debe ser controlada por el asiento mismo, de acuerdo a las necesidades del piloto.

Para determinar la longitud de arco del movimiento de los controles de dirección se toma en cuenta cada percentil que se ha estudiado en este proyecto.

La inclinación inicial que posean los controles de dirección debe coincidir con la posición del hombro con menor compresión articular, ya que durante el trayecto del vehículo esta será la postura que más se mantenga.

La posición del hombro con menor presión articular es:

- Flexión hombro: 20°
- Abducción hombro: 20°
- Con leve rotación lateral

Para ambos percentiles, esta ubicación del hombro debe coincidir con la inclinación inicial que posean los controles de dirección.

Por otro lado, se deben considerar los ángulos de confort del brazo, tanto para flexión como para extensión.

Los ángulos de confort de Grandjean postulan lo siguientes rangos:

- Flexión codo: 80°

- Extensión codo: 160°
- Flexión hombro: 15°
- Extensión hombro: 35°
- Abducción hombro: 30°

De acuerdo a las medidas en JIG, la inclinación inicial debe ser de -10° con respecto a la vertical, lo que se adapta para el percentil 5 y percentil 95. Al -10° de inclinación el hombro se ubica en su posición con menor compresión articular para el percentil 5 y percentil 95.

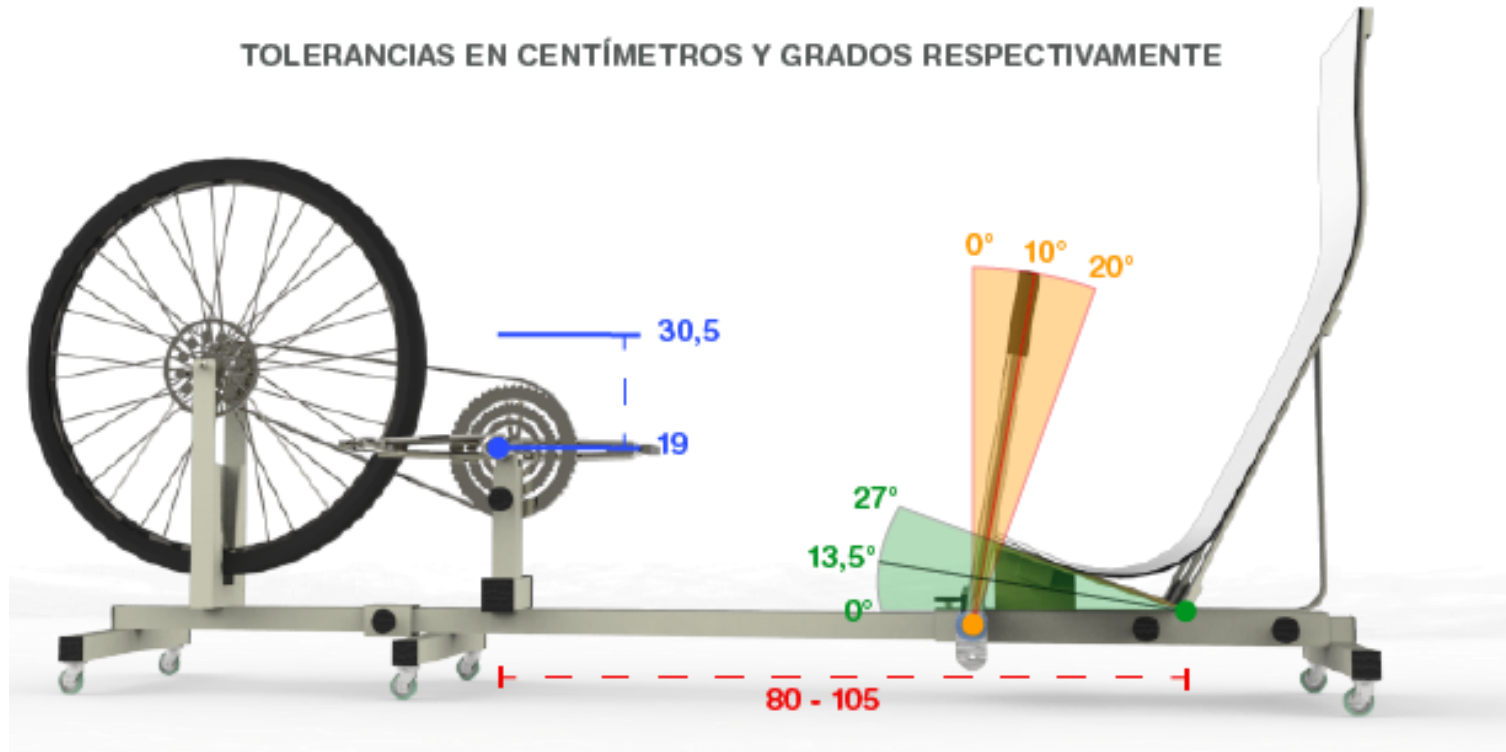
La longitud del recorrido que realizan los controles de dirección es de 20°, es decir, 10° de flexión y 10° de extensión.

Para el percentil 95, es posible cumplir con los ángulos de confort tanto para hombro y codo durante cada una de las posiciones de los controles de dirección. En cambio para el percentil 5, al encontrarse más cerca de los controles de dirección, su flexión de hombro sobrepasa el ángulo de confort recomendado.

A medida que mayor longitud tenga el arco del movimiento de los controles de dirección, más se alejara la flexión del hombro del percentil 5 de acuerdo a lo recomendado en los ángulos de confort del hombro.

A su vez, mientras la longitud del arco sea mayor, menor será la sensibilidad de los controles para dirigir el vehículo. Por tanto, un recorrido corto proporciona mayor sensibilidad en la dirección.

TOLERANCIAS EN CENTÍMETROS Y GRADOS RESPECTIVAMENTE



- Altura eje pedaleo
- Distancia vértice asiento y eje de pedaleo
- Inclinación base asiento
- Inclinación controles

Imagen: Regulaciones y tolerancias en JIG 3. Elaboración propia.

4.8. PARÁMETROS Y TOLERANCIAS DESARROLLADAS A PARTIR DE ESTE PROYECTO

Este estudio se plantea para contribuir en conocimientos al desarrollo de los próximos vehículos construidos por equipos de diseño de la facultad.

El confort del piloto, en este proyecto, se enfoca a nivel de la postura que adopta el piloto al conducir el velomóvil. La postura del piloto está en estrecha relación a la actividad que realiza, los medios que utiliza y a las condiciones espaciales donde se ubica. Como plataforma de estudio se utiliza el Protean 2, donde es posible estudiar y validar la actividad del piloto, los componentes que utiliza para conducir y el espacio del habitáculo.

Se basa en los ángulos de confort del ser humano aunque se reconoce que estos pueden variar por diversos factores, entre estos la antropometría propia de la persona.

Tomando como referencia la antropometría de la población chilena de Apud y Gutiérrez (1997) es que se estudian los percentiles “límite” de esta tabla: el percentil 5 y percentil 95. Al conocer ambos extremos, se tiene mayor certeza de que lo que se proponga como diseño pueda adaptarse también al resto de la población chilena.

A partir del estudio de variables en cada JIG construido, considerando que el piloto debe pedalear y a la vez manipular los controles de dirección, es que se establecen parámetros y tolerancias para el confort del piloto del velomóvil, que se presentan a continuación.

4.8.1. Parámetros para el asiento del piloto

El asiento es el componente del habitáculo que más influye en el confort del piloto, ya que es quien le brinda estabilidad y sostén durante la conducción.

La actividad del piloto en el velomóvil requiere que sus piernas se mantengan en movimiento al pedalear y que sus brazos manipulen los controles de dirección que guían al vehículo. Este conjunto de tareas puede ser un riesgo ergonómico para el piloto, ya que presenta repetitividad y fuerza, lo que puede derivar en molestias y lesiones graves perjudicando el confort.

Al momento de diseñar o elegir un asiento para este tipo de piloto, se debe tener en cuenta que debe proporcionar el espacio para que las piernas y brazos se muevan de manera fluida y que el resto del cuerpo se encuentre en una posición estable y confortable. Además, para que un asiento se adapte a las dimensiones antropométricas del piloto debe ser capaz de regularse.

Por esto, el asiento para el piloto de velomóvil debe cumplir con los siguientes parámetros:

4.8.1.1. *Base asiento*

Según lo analizado, las piernas del piloto varían de posición manteniendo una pequeña sección de estas extremidades en contacto permanente con el apoyo corporal. Por tanto, la base del asiento debe ser de una extensión reducida que no entorpezca el movimiento de las piernas. Debe ser 2 a 3 centímetros más ancho que las caderas y piernas del usuario.

Un asiento para la postura con ambos pies tocando el suelo, requiere una base de:

Croney (1978):

- Ancho base: 43,2 - 45,7 centímetros

Osborne (1990):

- Profundidad base: 40-43 centímetros

Sin embargo, este asiento es para piloto de velomóvil, por lo que esos valores cambian, ya que el cuerpo del piloto no se apoya completamente en el asiento debido al movimiento de sus extremidades.

Tolerancias para la base del asiento:

- Ancho base asiento: 40 centímetros
- Profundidad base asiento: 30 centímetros
- Debe poseer borde redondeado para no presionar la parte posterior de las piernas ya que esto puede producir adormecimiento.
- Inclinación base asiento 27° con respecto a la horizontal.

4.8.1.2. Respaldo asiento

El respaldo del asiento debe proporcionar un apoyo correcto de las vértebras del piloto. Esto se puede lograr por medio de la forma que posea el respaldo o con zonas acolchadas.

Generar una pequeña curva o proporcionar acolchado a la zona lumbar provoca una postura que favorece la lordosis natural del ser humano. Lo mismo sucede con la zona cervical.

El movimiento de los brazos al manipular los controles de dirección efectúa un giro del hombro que conlleva al movimiento del resto del brazo. Por esto, el respaldo debe

proporcionar un espacio para que el brazo pueda realizar su movimiento de manera fluida.

El respaldo debe proporcionar estabilidad al cuerpo al momento que el vehículo gire. Soportes laterales, que abarquen la zona lumbar, son los recomendados.

Tolerancias para el respaldo del asiento:

- Ancho respaldo: 40 centímetros
- Extensión respaldo: 58 centímetros
- Soportes laterales zona lumbar no deben rozar los codos del piloto sentado, para que este pueda mover sus brazos de manera fluida.

4.8.1.3. Reposacabezas

El reposacabezas proporciona soporte a la cabeza del piloto e influye en el rango de visión al conducir.

También puede ser un elemento de seguridad, ya que amortigua el golpe de la cabeza en caso de colisión.

Es importante considerar el aspecto del uso del casco en el piloto ya que la inclinación del reposacabezas debe variar para que el piloto mantenga un rango de visibilidad adecuado. Esto se debe a que el uso del casco produce una distancia entre la cabeza y la superficie del reposacabezas por lo que la inclinación de la cabeza varía del 0° con respecto a la vertical.

Tolerancias para el reposacabezas del asiento:

- Ancho: 25 centímetros
- Extensión reposacabezas: 25 centímetros

- Se recomienda que posea un acolchado que amortigüe el golpe de la cabeza en caso de que el vehículo colisione.

4.8.1.4. *Inclinación*

El piloto al sentarse en un asiento con base inclinada, aumenta su altura con respecto al suelo. En cambio al apoyarse en un respaldo inclinado, su altura disminuye.

El reglamento de Desafío Cero indica que el asiento puede tener una inclinación máxima de 27° con respecto a la vertical. Ya que la altura del habitáculo del Protean 2 es reducida, se optó en primera instancia por aplicar esta inclinación en el respaldo, para aprovechar el espacio.

Las pruebas realizadas al piloto en el laboratorio de Kinesiología demuestran que la base con inclinación en 27° con respecto a la horizontal, es la que el piloto genera mayor fuerza con sus piernas y su desempeño es mejor que las otras inclinaciones.

Wisner, A. y Rebiffe, R. (1963) proponen que el ángulo entre Fémur y zona abdominal debe ubicarse entre los 90° y los 110° para ser considerado un ángulo de confort en un puesto de conducción.

El uso del casco genera una distancia entre la cabeza y el reposa-cabezas. Por motivos de visibilidad, el piloto no puede mantener una inclinación del reposa-cabezas en 27° al igual que el respaldo, ya que debe mantener atención en la ruta. Por tanto, ubicar el reposa-cabezas en 0° con respecto a la vertical, sería apto para un usuario sin casco, pero la inclinación debe variar al momento de que el piloto usa el casco para que no perjudique su visibilidad.

Tolerancias de inclinación para el asiento:

- Base: -27° con respecto a la horizontal
- Respaldo: -27° con respecto a la vertical
- Reposo-cabezas: -5° con respecto a la vertical

4.8.1.5. *Regulación*

La inclinación del respaldo y la base del asiento se mantienen fijos ya que los parámetros para ambos se adaptan tanto para el percentil 5 y percentil 95 de la población chilena y presentan las condiciones para que se genere una postura confortable del piloto.

Sin embargo, la distancia del asiento con respecto a los otros componentes del habitáculo debe ser regulable ya que de otro modo, se perderían los ángulos de confort propuestos en la postura del piloto a través del asiento.

Para calcular la distancia donde se genere un ángulo confortable de las piernas del piloto con respecto al motor de pedaleo, se realizó una medición de un representante de percentil 5 y uno de percentil 95. Los datos arrojados en la medición se presentan en la tabla de regulaciones percentiles para la actividad de estudio.

Tolerancias para la regulación del asiento:

Los tolerancias propuestas se basan en la distancia entre el vértice donde se junta la base y el respaldo del asiento, con respecto al motor de pedaleo que se instale al interior del vehículo.

- Distancia con respecto a motor de pedaleo:
 - Percentil 5: 80 centímetros
 - Percentil 95: 100 centímetros

Por tanto, estos son los límites de regulación del asiento. Se entiende que el resto de la población chilena debería tener una regulación dentro de este mínimo y máximo presentado.

4.8.2. Parámetros para el motor de pedaleo

El motor de pedaleo del vehículo es el encargado de generar la energía para el movimiento del vehículo. Su ubicación es relevante para el desempeño del piloto, ya que si está mal ubicado puede derivar en lesiones dado que aquí es donde se genera una tarea con repetitividad y fuerza, es decir se corre un riesgo ergonómico.

La ubicación y la altura del motor de pedaleo se determinan a partir de la postura del ciclista en el sillín de la bicicleta con respecto a la ubicación de los pedales. Entre ambos se genera un ángulo de 75°, que puede variar en 73° o 77° dependiendo de dónde se ubique el ciclista en el sillín. Al conformarse estos ángulos, se genera un buen desempeño del ciclista sobre la bicicleta ya que sus piernas al moverse generan los ángulos de confort recomendados en el ciclismo.

Por esto, se realiza una medición en el JIG de pruebas para determinar el ángulo 73°, 75° y 77° según las regulaciones que necesite el piloto, tanto para el percentil 5 como para el percentil 95. Esto determinará el parámetro para la altura del motor de pedaleo.

Tolerancias para el motor de pedaleo:

- Altura con respecto al vértice entre la base y el respaldo del asiento
 - Percentil 5:
 - Altura para lograr los 73°: 24,3 centímetros
 - Altura para lograr los 75°: 22 centímetros
 - Altura para lograr los 77°: 19 centímetros
 - Percentil 95:
 - Altura para lograr los 73°: 30,4 centímetros
 - Altura para lograr los 75°: 27 centímetros
 - Altura para lograr los 77°: 24 centímetros

4.8.3. Parámetros para los controles de dirección

Los controles de dirección permiten al piloto dirigir el vehículo. Por medio de barras, el piloto puede manipular la dirección en el trayecto del velomóvil.

Las barras deben poseer una forma y dimensiones que sean ergonómicas para la mano del piloto. Deben poseer una altura que permita manipularlos conservando una postura cercana a los ángulos de confort. Si coincide con estos, mayor confort para el piloto y mejor desempeño.

Su longitud de arco en el movimiento que generan los controles de dirección debe ser adecuada para lograr una sensibilidad en la dirección del vehículo. Si la longitud es extensa, mayor

flexión y extensión deben realizar las extremidades y se pierde la sensibilidad en la dirección.

Al incorporar la posibilidad de doblar las barras de dirección en una sección, se puede disminuir la variación de movimiento en la muñeca del piloto, contribuyendo a su confort.

La distancia que exista entre una barra de dirección y otra se relaciona al ancho del asiento y a la distancia entre las piernas del piloto.

Tolerancias para los controles de dirección:

- Distancia entre controles de dirección: 43 centímetros
- Inclinación inicial de los controles de dirección: -10° con respecto a la vertical.
- Longitud de arco de recorrido de los controles de dirección: 20° con respecto a la vertical.
- Distancia de controles de dirección con respecto al motor de pedaleo: 63 centímetros.

4.9. APLICACIÓN DE PARÁMETROS Y TOLERANCIAS: DISEÑO HABITÁCULO PARA VELOMÓVIL

Los parámetros y tolerancias establecidos en este proyecto se aplican en una propuesta de diseño para el habitáculo del Protean 2. La propuesta se realiza en un modelo 3D desarrollado en el software Rhinoceros.

La propuesta se compone de cada uno de los elementos estudiados: asiento de piloto, controles de dirección y motor de pedaleo.

El diseño de esta propuesta integra el conjunto de componentes del interior del habitáculo sobre una estructura base con el fin de garantizar la estabilidad y los parámetros de confort para el piloto, y a la vez, una rápida instalación de los componentes al interior del habitáculo.

Además, a diferencia de lo que sucede en Protean 2, esta propuesta contempla incorporar el sistema de transmisión de la cadena desde el motor de pedaleo hacia la rueda trasera, protegiéndolo según lo que se solicita en el reglamento de Desafío Cero.



Imagen: Propuesta habitáculo donde se aplican los parámetros y tolerancias establecidas en este proyecto. Elaboración propia.

4.9.1. Propuesta asiento

El asiento se compone de una sola estructura que contiene base, respaldo y reposa-cabezas. Su materialidad es fibra de carbono para resistir altos impactos y conservar un peso ligero.

Contiene acolchado de 3 centímetros de espesor en reposa-cabezas, respaldo y base del asiento. Debido al movimiento de las piernas durante el pedaleo, el acolchado de la base se divide en dos, a modo que cuando una pierna se esté apoyando, no intervenga en el acolchado para la otra pierna y así la postura no varíe producto de esto.

Posee apoyos laterales que no cubren completamente el costado del cuerpo para que las extremidades del piloto se puedan mover de manera fluida.

La base y el respaldo del asiento contiene cada uno inclinación de 27°, en cambio el reposa-cabezas posee una leve inclinación de 5° con respecto a la vertical para efectos del uso de casco en el piloto.

Las dimensiones del asiento están de acuerdo a las tolerancias presentadas anteriormente.

El asiento se monta en una base compuesta por un par de escuadras que se deslizan por la viga central de la propuesta. Esta base posee un patín regulador que permite fijar el asiento a la distancia que se desee con respecto al motor de pedaleo y los controles de dirección. El recorrido de regulación es de 20 centímetros, tal como se establece en los parámetros.

4.9.2. Propuesta motor de pedaleo

El motor de pedaleo se ubica a una altura de 30,4 centímetros con respecto al suelo. Esta altura corresponde a la altura para lograr los 73° en el percentil 95 cuando la base del asiento se encuentra a 27° con respecto a la horizontal.

En la propuesta, el motor de pedaleo se encuentra incorporado en la viga central, quien lo mantiene en la ubicación establecida en los parámetros. Esta estructura permite que el motor de pedaleo se mantenga estable ante la fuerza ejercida por las piernas del piloto.

La cadena y el plato del motor de pedaleo se encuentran cubiertos por medio de una tapa de polipropileno transparente, la cual se encaja por un costado a la estructura base, para proteger el sistema de transmisión y por la seguridad del piloto.

4.9.3. Propuesta controles de dirección

Los controles de dirección se ubican a una distancia de 63 centímetros del motor de pedaleo. La longitud de cada barra es de 64 centímetros. Poseen una regulación que contiene un giro de arco de recorrido de 20°, con su posición inicial a los 10° con respecto a la vertical.

El mecanismo utilizado en la propuesta está compuesto por de dos ejes de bicicleta, que corresponden al mecanismo que permite el giro del manillar. Este mecanismo tiene la particularidad de realizar un giro limpio del manillar, es de fácil instalación, económico y su funcionalidad está comprobada.

Ya que cada barra de los controles de dirección gira en sentido opuesto, se debe instalar 2 ejes independientes que permitan el movimiento de cada barra según se desea.

Las barras están recubiertas por empuñaduras de manillar de bicicleta para la manipulación del piloto.

4.9.4. *Propuesta estructura base*

Con el fin de integrar todos los componentes del habitáculo en contacto con el piloto, se plantea en esta propuesta una estructura base que contiene todos los componentes.

Su materialidad es fierro recubierto de pintura electrostática. Está compuesto por tres perfiles de fierro rectangular de 80x40x3 mm para la viga paralela al suelo.

La estructura que sostiene el motor de pedaleo está armada por dos perfiles de fierro rectangular de las mismas dimensiones que los anteriores curvados, para generar la altura y distancia para el motor.

Sus dimensiones son:

- Altura total: 55 centímetros
- Altura viga base: 12 centímetros
- Extensión total: 135 centímetros
- Extensión viga base: 75 centímetros
- Espesor: 8 centímetros

La estructura base posee un ranurado para la regulación de la distancia del asiento. Las barras de los controles de dirección se fijan a la estructura base, con la posibilidad de que solo puedan realizar sus giros correspondientes.

A un costado de la estructura base, se monta una tapa de polipropileno transparente que protege el sistema de transmisión del plato del motor de pedaleo y las cadenas hacia

la rueda trasera. Al ser transparentes es posible visualizar ante cualquier desajuste de la cadena y arreglarlo rápidamente.

Esta estructura base se puede montar y fijar al interior del habitáculo. La particularidad de esta estructura es su espesor que se puede adaptar fácilmente en otro tipo de habitáculos.

4.10. *OPORTUNIDADES DE MEJORA AL PROTEAN 2 EN BASE A PROPUESTA DE HABITÁCULO DESARROLLADA*

Según lo analizado en la experiencia del Protean 2 en Desafío Cero, muchos problemas se relacionaron con las dimensiones del habitáculo y la escasa posibilidad de regular los componentes de acuerdo a la antropometría del piloto.

Sin embargo, esta experiencia permitió vislumbrar los aspectos a mejorar para una próxima competencia. En busca del confort del habitáculo, este proyecto se enfoca en presentar parámetros y tolerancias para ser aplicados en un próximo vehículo.

El desarrollo de una propuesta digital de habitáculo permite comparar una aproximación hacia lo recomendable para su confort con respecto a las características que ofrece el Protean 2.

A continuación se presenta una comparación que permite analizar los puntos conflictivos del Protean 2 al adaptar una propuesta como la desarrollada en el modelo digital. De este modo demostrar los aspectos a mejorar en la construcción del carenado y la incorporación de otros componentes del vehículo que pueden afectar el espacio del habitáculo.

PUNTOS DE CONFLICTO ENTRE LA PROPUESTA Y EL PROTEAN 2

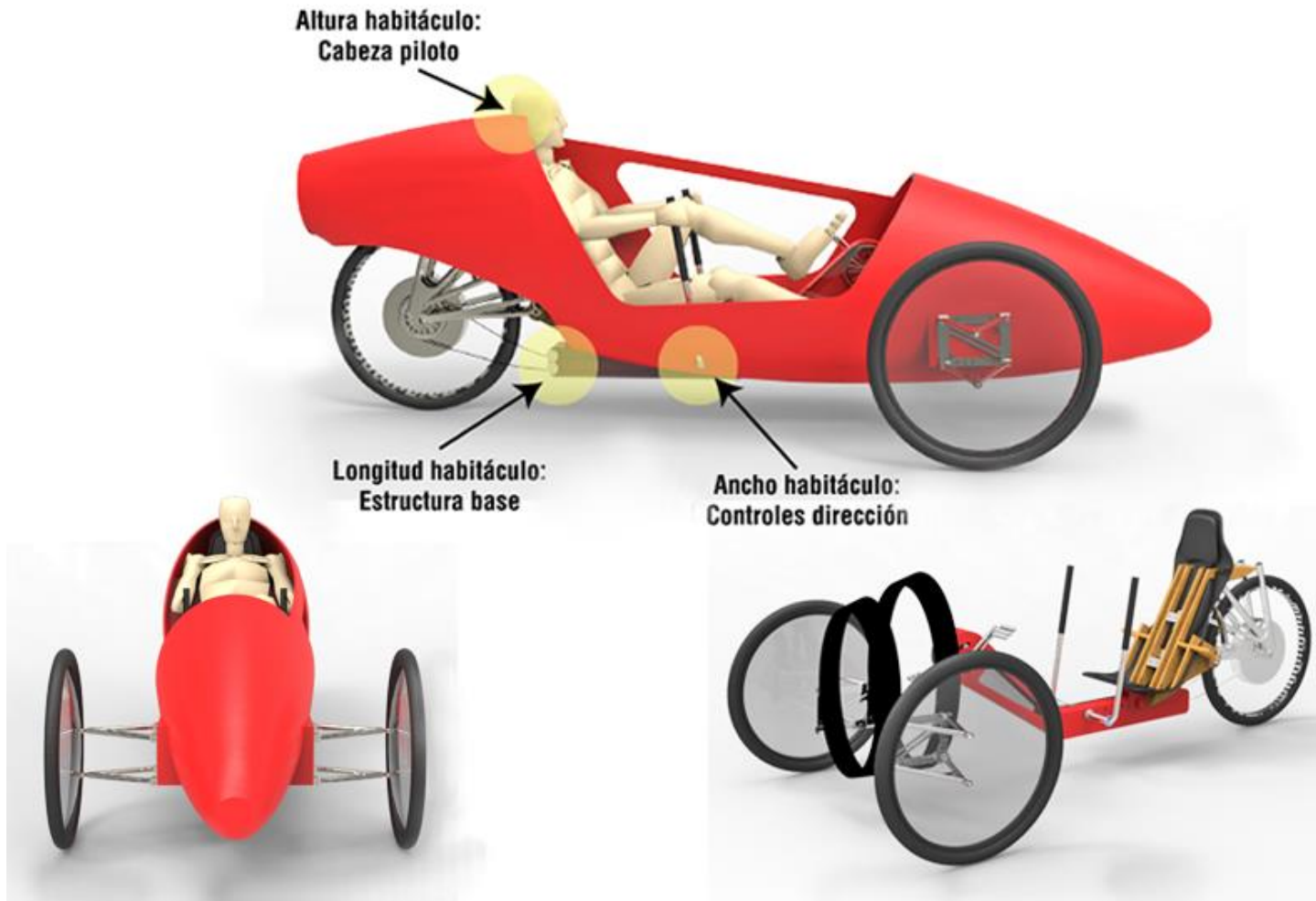


Imagen: Puntos de choque entre la propuesta de habitáculo y el Protean 2. Elaboración propia.

4.10.1. Puntos de conflicto que se pueden mejorar en el Protean 2

Por medio del modelo digital de la propuesta de habitáculo y del Protean 2, es posible identificar los puntos de colisión entre ambos diseños.

Es importante señalar que los modelos digitales se realizaron a escala 1:1, por tanto existe un alto grado de aproximación a lo que pueda ocurrir en la realidad.

Se presenta un análisis a la propuesta de habitáculo con las regulaciones para el percentil 95, ya que este contempla mayor extensión y espacio necesario para su confort al interior del habitáculo.

La ubicación de la propuesta de habitáculo se instala en tal punto en que coincide con el eje de motor de pedaleo, con el fin de conservar el espacio de esta zona para pedalear.

La longitud de la estructura base de la propuesta de habitáculo es mayor que la longitud del espacio que posee el Protean 2. Por esto, los primeros puntos de colisión se deben a este aspecto.

Los puntos de conflicto del Protean 2 con respecto a la propuesta de habitáculo son:

- Respaldo habitáculo
- Suelo habitáculo
- Soporte para culata
- Culata de acero
- Carenado Protean 2

4.10.1.1. Ajuste a respaldo y suelo habitáculo

La propuesta contempla la extensión necesaria para la regulación de un piloto que corresponda al percentil 95. Esto representa al máximo necesario en distancia para que el habitáculo sea confortable para cualquier piloto, independiente de su antropometría, según se contempla en la tabla de Apud y Gutiérrez (1997). Esta distancia sobrepasa a lo que se presenta en el habitáculo del Protean 2.

Por otro lado, la estructura base de la propuesta posee una altura que en conjunto con el piloto y su asiento, sobrepasa la altura del habitáculo en ese sector.

Se sugiere, como recomendación, quitar el suelo y el respaldo aplicados al habitáculo y cambiarlos por otros que se acomoden a los requisitos de la propuesta. Es decir, desplazar el suelo hacia abajo y desplazar el respaldo acercándolo más hacia la cara posterior del vehículo, para que de este modo, se mantenga esta superficie para montar la culata de la rueda trasera.

4.10.1.2. Soporte culata y culata de acero

El soporte de la culata y la culata del vehículo Protean 2 poseen la misma causa de conflicto que el respaldo del vehículo.

Por motivo de la longitud de la propuesta de habitáculo, el soporte de la culata y la culata cruzan el asiento.

En este caso se recomienda re-diseñar estos elementos para disminuir su longitud y así montarlos sobre la nueva ubicación donde se instale el respaldo del vehículo.

4.10.1.3. *Carenado*

El carenado del vehículo Protean 2 presenta una forma que limita al habitáculo en un espacio reducido, que requiere un cuidado especial al momento de diseñar e instalar los componentes de su interior. Sin embargo, no es un espacio que se pueda adaptar a un piloto que pertenezca al percentil 95.

Al momento de estudiar la postura del piloto, se estableció que la inclinación de 27° del asiento proporciona una mejor distribución del cuerpo al interior de la reducida altura del habitáculo. En la construcción del Protean 2 esta hipótesis fue efectiva pero en esa ocasión el asiento poseía 20° de inclinación en su base, lo que disminuye la altura necesaria para que el piloto estuviese en el habitáculo. De acuerdo a las pruebas en laboratorio, esta inclinación no es la de mejor desempeño, comprobando que la de 27° es la recomendada para este efecto. Por esto, se establece este parámetro y se aplica en la propuesta de diseño de habitáculo.

Sin duda, esta inclinación afectó considerablemente la altura necesaria para el piloto en el habitáculo del Protean 2, quedando demostrado en los renders digitales.

El piloto del modelo digital está diseñado de acuerdo a los datos antropométricos del percentil 95, y claramente no puede acomodarse al interior del habitáculo ya que su cabeza queda expuesta. Hay que considerar que al usar casco esta altura puede aumentar.

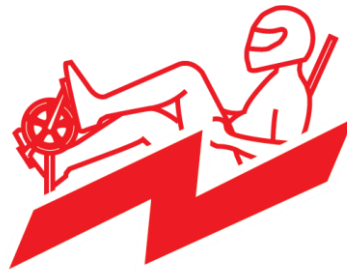
Por esto, es necesario un reajuste de la forma del carenado en la zona donde se ubica el piloto y a lo largo de la regulación que tiene el asiento, con el fin de garantizar que no rozará su cabeza con el carenado.

Por otro lado, los controles de dirección poseen otro punto de colisión con el carenado. Esto se puede deber a que la distancia entre controles en la propuesta aumentó para el uso del percentil 95 y además la altura donde se ubican el eje de giro de los controles es menor que la que posee en el Protean 2.

En este caso se puede modificar el carenado o rediseñar la forma de los controles de dirección, proponiendo unas barras que se puedan adaptar a la forma elíptica del carenado.

El último punto de conflicto en el carenado se relaciona con la exposición de parte de la propuesta de estructura base para el habitáculo hacia la zona posterior del vehículo.

La forma del carenado podría mantener su altura con respecto al suelo desde la zona del motor de pedaleo hasta donde se ubica el asiento, de esta manera se genera un suelo paralelo al pavimento. A su vez, el sacado que se realiza para la exposición de la rueda trasera posee una forma irregular que deja expuesto el soporte para la culata y perjudica la instalación de la estructura base de la propuesta de habitáculo. Este sacado podría continuar su distancia radial de la rueda y de esta manera no reducir tanto la estructura de carenado, para que de este modo se extienda la longitud del habitáculo y proteja los componentes del interior del vehículo ubicados en esa zona.



CONCLUSIONES

La interacción entre el piloto y su habitáculo es determinante para el desempeño del vehículo, ya que de esto depende la maniobrabilidad óptima para su conducción. Esto deriva en mayor seguridad, uso eficiente de la energía y mayor velocidad de desplazamiento por la ruta.

Los objetivos planteados en este proyecto se cumplieron según lo planificado.

El modelo que se diseñó en este proyecto considera los parámetros ergonómicos relacionados a los ángulos de confort en la postura del piloto y a sus características antropométricas, y sobre esta base permite diseñar un habitáculo para velomóvil que cumple con el requisito de confortabilidad y un alto estándar de maniobrabilidad durante la conducción.

Los parámetros ergonómicos identificados en este proyecto dicen relación a la regulación de algunos componentes del habitáculo para que estos se adapten a las características antropométricas que posea el piloto. Una solución para habitáculo confortable debe considerar la regulación de componentes según se requiera.

Los componentes básicos que deben ser regulados en un habitáculo son:

El asiento:

Inclinación base y respaldo del asiento mínimo. Se recomienda que la inclinación de la base del asiento sea 27° con respecto a la horizontal ya que en esta posición el piloto adopta una postura donde aplica mayor fuerza en sus piernas y tiene mejor desempeño. Además al poseer una inclinación, el cuerpo del piloto tiende a deslizarse hacia el respaldo, acomodando mejor

su cuerpo. El respaldo solo se puede regular hasta 27° con respecto a la vertical de acuerdo a los reglamentos y leyes de conducción ya que un ángulo mayor puede provocar somnolencia y fatiga. El reposa-cabezas debe contemplar el uso de casco en el piloto ya que esto aumenta la distancia entre la cabeza y la superficie del reposa-cabezas, por tanto se debe incorporar una inclinación en esta zona.

La distancia con respecto al motor de pedaleo y los controles de dirección. Las medidas antropométricas del piloto puede que no permitan acceder a los pedales y a los controles de dirección, por tanto, el asiento debe poder acercarse a estos.

Motor de pedaleo:

La altura del motor de pedaleo influye en el confort del piloto. Sin embargo, es un componente difícil de regular en un caso real ya que el motor pertenece al sistema de transmisión del vehículo. Se recomienda que al momento de diseñar el habitáculo se estudie la altura que se desea fijar de acuerdo a las características antropométricas que pueda poseer el piloto. No obstante, en base a los resultados de este proyecto se determinó que la altura adecuada es de 30,4 centímetros para la inclinación de 27° de la base del asiento, en el percentil 95.

Controles de dirección:

El ángulo de inclinación que posean los controles de dirección afecta la sensibilidad de la maniobrabilidad del vehículo. Por otro lado, se recomienda que la inclinación natural que posea los controles de dirección coincida con la ubicación del hombro de menor compresión articular. Esta es de 20° de flexión, 20° de abducción y leve rotación lateral.

A partir de esta posición el rango de inclinación puede variar según exijan las características del vehículo.

Respecto a los factores que condicionan el confort en el habitáculo de los vehículos se concluye que el de mayor relevancia es el de la regulación de los componentes del vehículo hacia el conductor, de manera que se adapte a sus características antropométricas. El resto de los factores como el ambiental o sociocultural cobran menor relevancia en este estudio.

La aplicación del modelo a la propuesta de diseño de habitáculo dejó en evidencia la falta de confort en el vehículo Protean 2, ya que este presenta una reducida longitud de su habitáculo dificultando el espacio para regular los componentes mencionados anteriormente.

Adicionalmente cabe destacar el aporte metodológico que se desprende de este estudio, que sin duda permitirá a futuros diseños comenzar desde una base sólida de conocimiento, agilizando su proceso de elaboración y asegurando estándares de confortabilidad a su producto.

Se recomienda que para el próximo vehículo que se desarrolle se puedan mejorar los aspectos detectados en este proyecto

con el fin de garantizar un mejor desempeño del piloto durante la competencia.

Además, se recomienda el estudio de otras variables que afectan el confort del piloto al interior del habitáculo como: la visibilidad, la acústica o la sensación térmica. Sin duda, al incorporar soluciones que contemplen estas nuevas variables, se logrará un mayor estándar de confortabilidad.



BIBLIOGRAFÍA

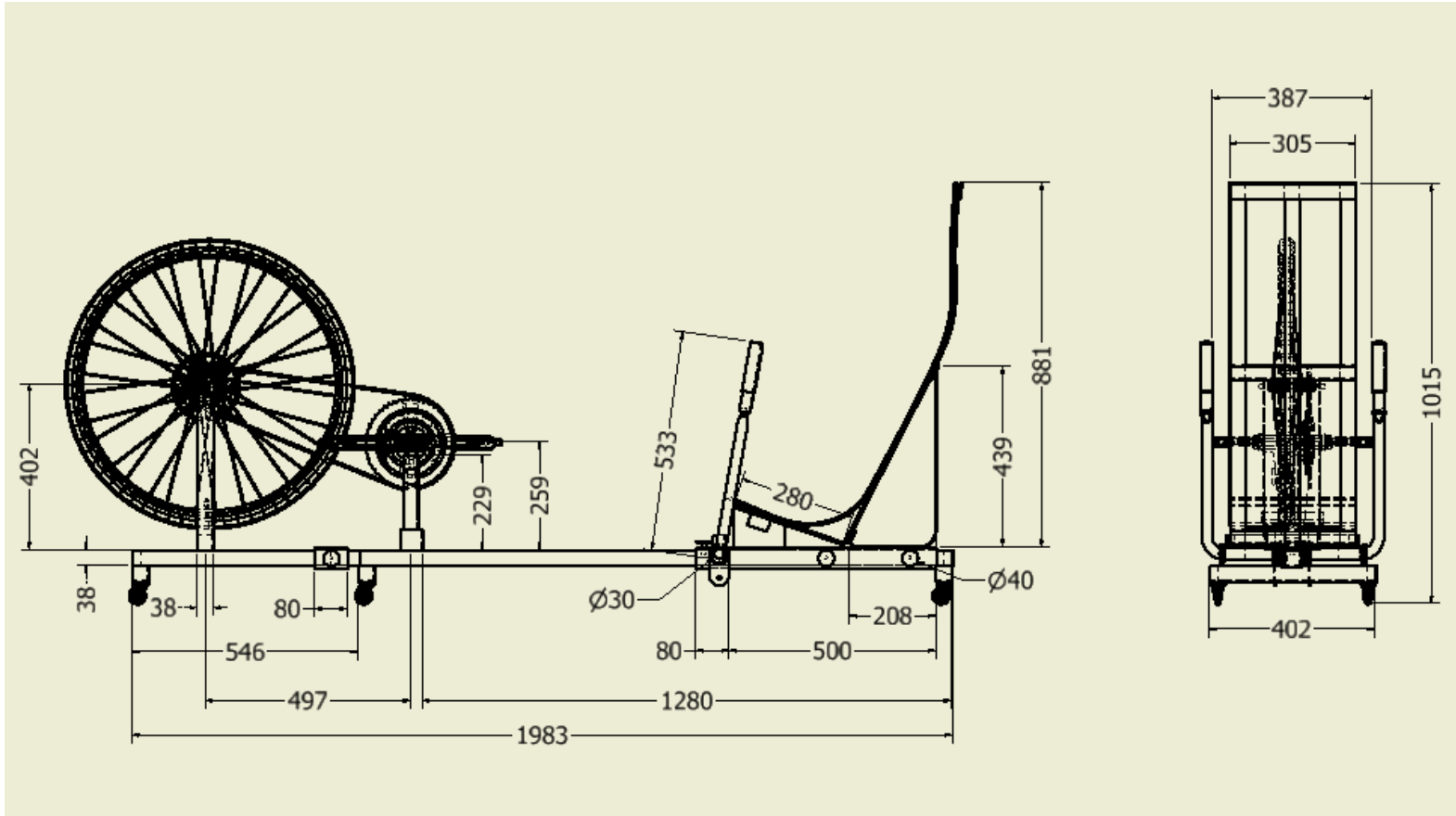
- *¿Por qué es tan importante la altura del asiento? Todas las claves sobre cómo influye la altura del asiento en una moto.* Extraído el 13 de Octubre del 2013 desde: <http://motos.about.com/od/principiantes-conceptos/a/Por-Que-Es-Tan-Importante-La-Altura-Del-Asiento-en-Moto.htm>
- *10 velomóviles para desplazarse (sin motor) a 50 km/h.* Extraído el 23 de Agosto de 2013 desde: <http://faircompanies.com/news/view/10-velomoviles-parasplazarse-sin-motor-a-50-kmh/>
- Alberg, L. (1998). *Dimensions of aberrant driver behavior.* Ergonomics, Volume 41, Number 1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (1985). ASHRAE handbook, 1985 fundamentals. Atlanta, USA.
- Apparies, R. (1998). *A psychophysiological investigation of the effects of driving longer-combination vehicles.* Ergonomics, Volume 41, Number 5.
- Bialoskorski, G. *Ángulos de confort según varios autores.* Documento de trabajo pdf.
- Bueno, P. (2010). *INFORME: La posición ideal.* Extraído el 17 de Agosto del 2013 desde: <http://www.ciclismoafondo.es/caf/salud/contenido/noticia/informe-la-posicion-ideal/2c90a89c2c5fd0ab012c5fe9077f0006.html#>
- Chávez Ballardó, G. (2005). *Confort y ergonomía en el diseño de sillas escolares.* Contactos 58, 5-10.
- Croney, J. (1978). *Antropometría para diseñadores.* Ed. Gustavo Gili, S.A. España.
- *Entiende la F1.* Extraído el 14 de Octubre del 2013 desde: <http://soloformula1.wordpress.com/entiende-la-f1/>
- *Ergonomía de las cabinas de autobús urbano.* Extraído el 13 de Agosto del 2013 desde: <http://ergonomiachile.bligoo.cl/content/view/1312267/Ergonomia-de-las-cabinas-de-autobus-urbano.html>
- Gomar Guarner, F. (2002) *Etiología de las lesiones de los accidentes de tráfico en la carretera y problemas fisiopatológicos de su primera asistencia.* Rev Ortop Traumatal. P. 490-498
- Hannington, B. Martin, B. (2012). *Universal Methods of Design. 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions.* Rockport Publishers, USA.
- Koskinen, I. Zimmeman, J. Binder, T. Redström, J. Wensvee, S. (2011). *Design research trough practice. From the lab, field and showroom.* Elsevier Inc, USA.
- *La vestimenta: una segunda capa.* Extraído el 06 de Octubre de 2013 desde: <http://www.sol-arq.com/index.php/comfort-humano/vestimenta>
- *Libro del Nuevo Conductor.* CONASET
- Madriz Quirós, C. *Estudio Antropométrico para el diseño de mobiliario para niños de edad escolar en Costa Rica.* (2008). Tecnología en Marcha, Vol.21, N°4. P. 17-28.
- *Manual "El Conductor Seguro".* CONASET.

- *Material de la ropa de un piloto*. Extraído el 14 de Agosto del 2013 desde: <http://formulauno-auto.blogspot.com/2010/10/material-de-la-ropa-de-un-piloto.html>
- McCormick, E.J. (1976). *Ergonomía*. Ed. Gustavo Gili, S.A. España
- Milosevic, S. (1997). *Driver's fatigue studies*. Ergonomics, Volume 40, Number 3.
- *Norma técnica de Identificación y Evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT). Extremidades Superiores*. (2012). Departamento de Salud Ocupacional. Gobierno de Chile.
- Osborne, D.J. (1990). *Ergonomía en Acción. La adaptación del medio de trabajo al hombre*. Ed. Trillas. México.
- Shackel, B. (1974). *Applied Ergonomics Handbook. England*.
- Solana Martínez, L. (2011). *La percepción del confort. Análisis de los parámetros de diseño y ambientales mediante Ingeniería Kansei: Aplicación a la biblioteca de Ingeniería del Diseño (UPV)*. Proyecto Final de Grado, Universidad Politécnica de Valencia, 2011. Extraído el 23 de Octubre del 2013 desde: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13751/PROYECTO%20FINAL%20DE%20GRADO.%20Laura%20Solana%20Mart%C3%ADnez.pdf?sequence=1>
- Udo, H. (1997). *Low back load in two car driver seats*. International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 20, Number 3.



ANEXOS

PLANIMETRÍA JIG 3



PLANIMETRÍA PROPUESTA DISEÑO HABITÁCULO

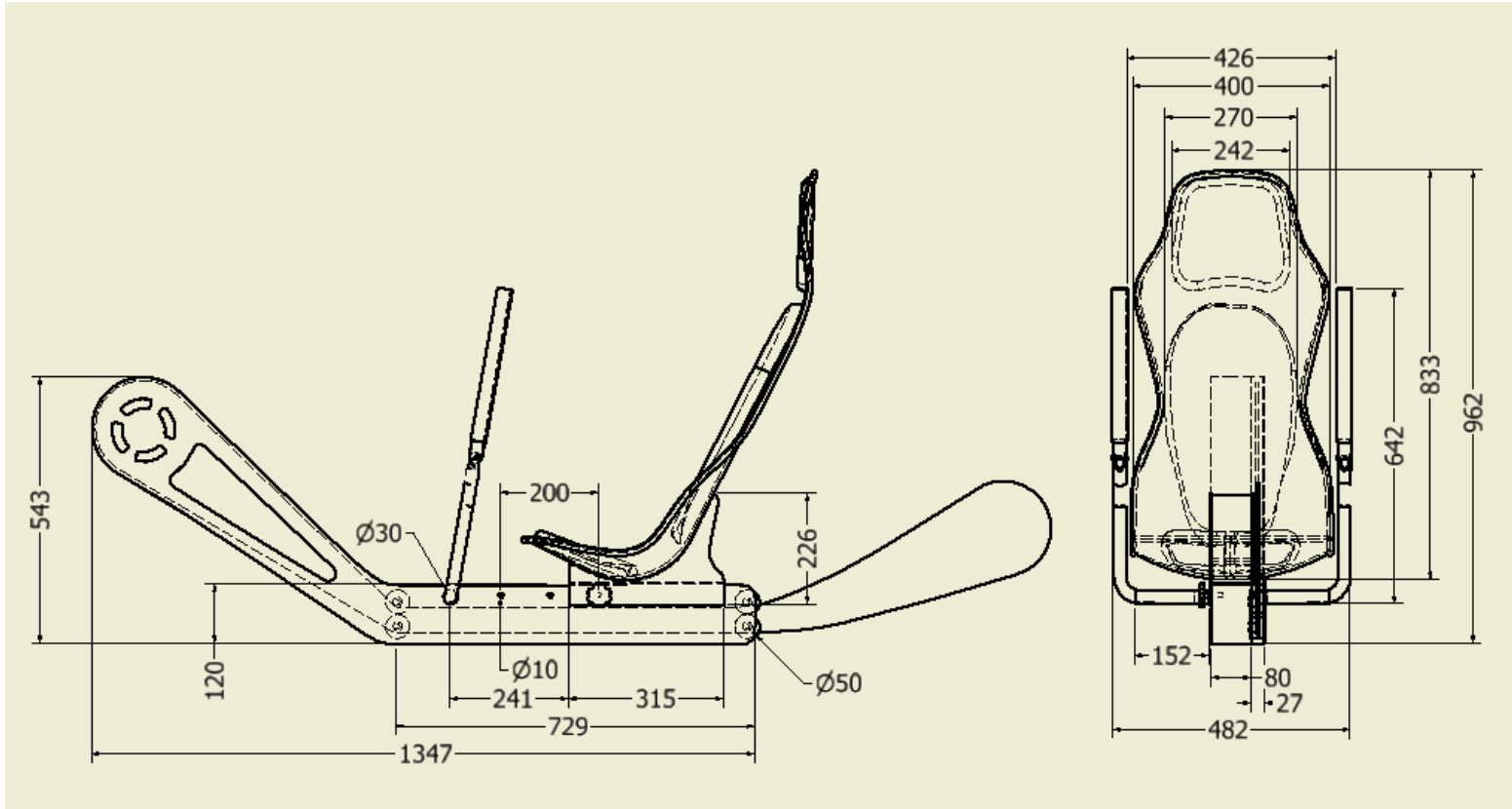
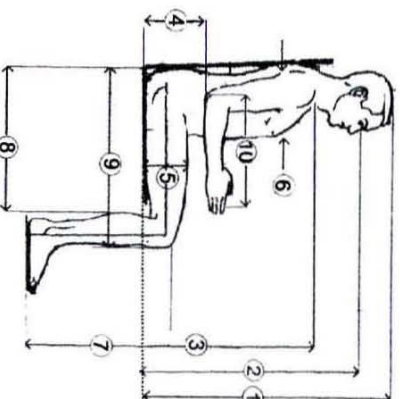
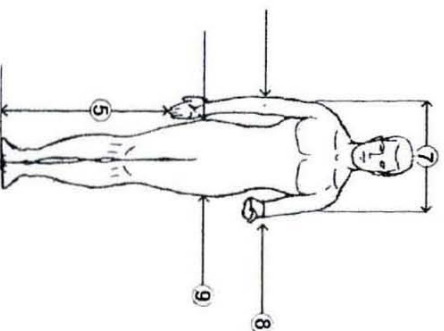
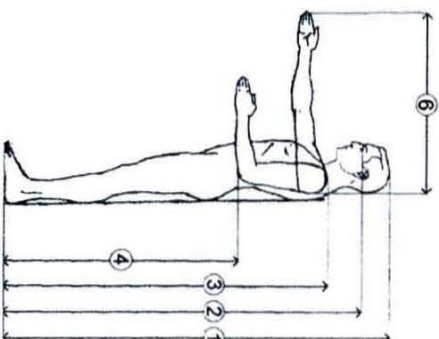


TABLA ANTROPOMÉTRICA DE APUD Y GUTIERREZ (1997)

DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS	MUCHACHOS		MUCHASAS	
	PROMEDIO	D.E.	PROMEDIO	D.E.
POSICION DE PIE				
1. ESTATURA	154,9	6,16	144,8	165
2. ALT. OJOS SUELO	146,1	5,79	136,6	155,6
3. ALT. HOMBRO SUELO	128	5,06	119,7	136,3
4. ALT. CODO SUELO	96,6	3,91	90,2	103
5. ALT. NUDILLO SUELO	68,1	3,66	62,1	74,1
6. ALCANCE FRONTAL	68	3,61	62	73,9
7. ANCHO DE HOMBROS	38,9	2,7	34,4	43,3
8. ANCHO ENTRE CODO	48,1	4,77	40,2	55,9
9. ANCHO DE CADERAS	36,4	2,82	31,8	41
POSICION SENTADO				
1. ESTATURA SENTADO	84,5	3,35	78,9	90
2. ALT. OJOS ASIENTO	75,8	3,56	69,9	81,6
3. ALT. ASIENTO HOMBRO	57,7	3,19	52,4	62,9
4. ALT. CODO ASIENTO	26,6	3,13	21,4	31,7
5. ALT. MUSLO ASIENTO	14,9	1,77	11,9	17,8
6. PROF. ABDOMEN	25,1	3,97	18,6	31,6
7. ALT. POPLITEA	35,5	2,35	31,6	39,4
8. DIST. GUTIEO-POPLITEA	43,9	2,94	39,1	48,7
9. DIST. GUTIEO-ROTULAR	54,7	2,98	49,8	59,6
10. ALCANCE ANTERAZO	42,2	3,4	36,6	47,7

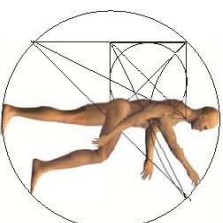
DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS	HOMBRES		MUCHACHAS	
	PROMEDIO	D.E.	PROMEDIO	D.E.
POSICION DE PIE				
1. ESTATURA	169,3	11	151,1	167,4
2. ALT. OJOS SUELO	168,8	6,7	157,8	179,6
3. ALT. HOMBRO SUELO	158,4	6,7	147,3	169,4
4. ALT. CODO SUELO	139,2	6	129,3	149
5. ALT. NUDILLO SUELO	104,5	4,9	96,4	112,5
6. ALCANCE FRONTAL	74,2	4,5	68,7	81,6
7. ANCHO DE HOMBROS	75	4,5	67,7	82,4
8. ANCHO ENTRE CODO	41,4	3,2	36,2	46,6
9. ANCHO DE CADERAS	51,9	4,9	43,9	59,9
10. ALCANCE ANTERAZO	34,4	2,9	29,7	39,2
POSICION SENTADO				
1. ESTATURA SENTADO	89,7	3,5	83,9	95,5
2. ALT. OJOS ASIENTO	79,4	4,2	72,5	86,3
3. ALT. ASIENTO HOMBRO	60,2	3,8	54	66,4
4. ALT. CODO ASIENTO	25,4	4	18,9	31,9
5. ALT. MUSLO ASIENTO	14	1,8	11,2	16,90
6. PROF. ABDOMEN	25,6	4	19,1	32,2
7. ALT. POPLITEA	40,1	2,8	35,5	44,8
8. DIST. GUTIEO-POPLITEA	46	3,1	41	51
9. DIST. GUTIEO-ROTULAR	57,5	3,6	51,6	63,4
10. ALCANCE ANTERAZO	42,2	2,4	38,3	46,1

CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE LA POBLACIÓN CHILENA DE 17 A 60 AÑOS DE EDAD (APUD Y GUTIERREZ, 1997)

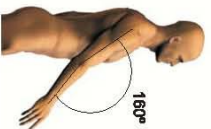
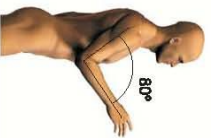




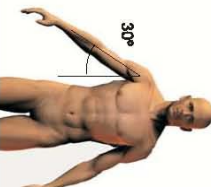
ANGULOS DE CONFORT GRANDJEAN



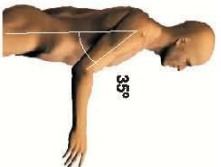
FLEXIÓN Y EXTENSIÓN CODO



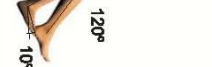
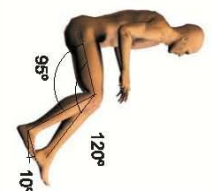
ABDUCCION HOMBRO



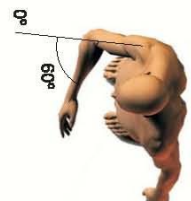
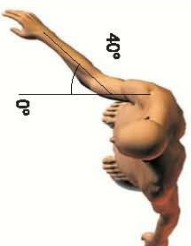
FLEXIÓN Y EXTENSIÓN HOMBRO



FLEXION Y EXTENSION PIERNA



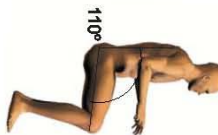
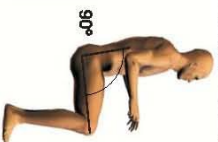
ABDUCCION Y EXTENSION CODO



FLEXIÓN TRONCO



EXTENSION Y FLEXION FÉMUR

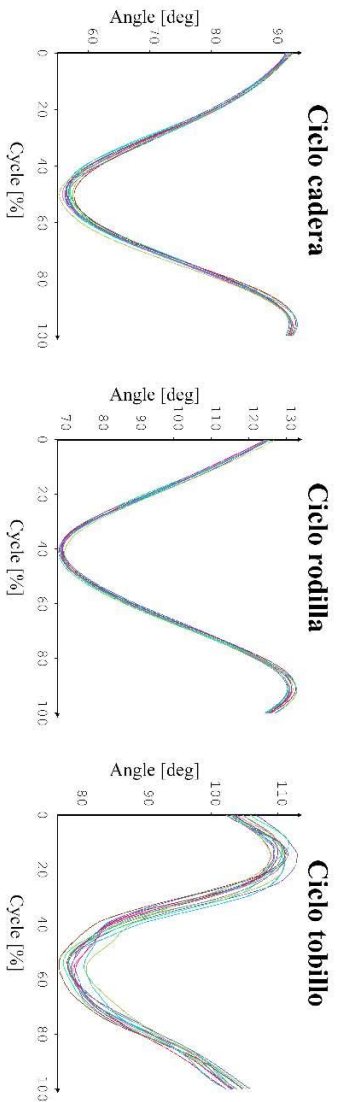


20°

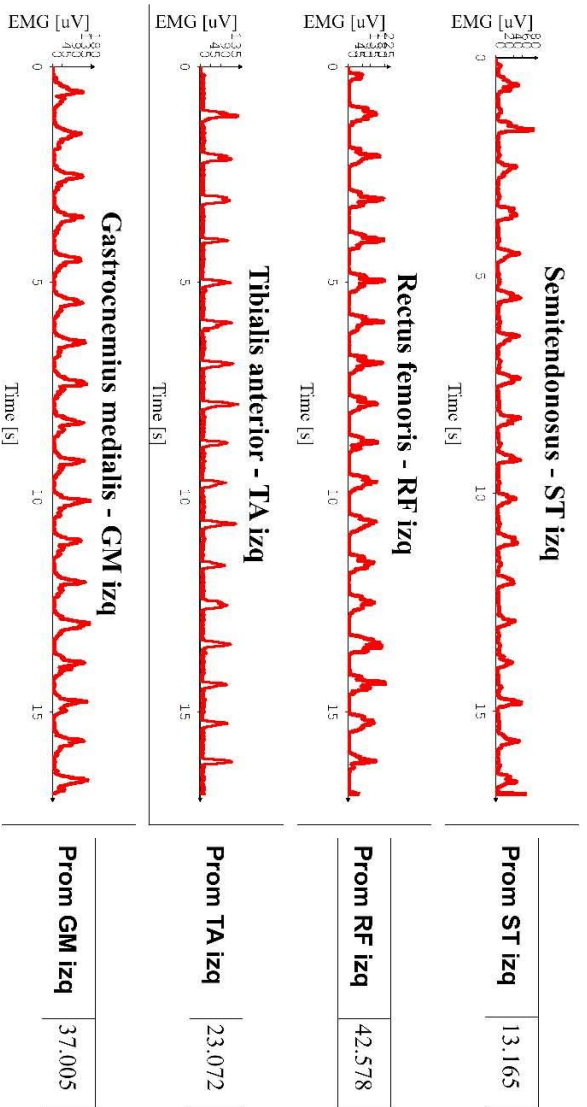


RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PRUEBA 0° EN LABORATORIO DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

Condición: Asiento horizontal

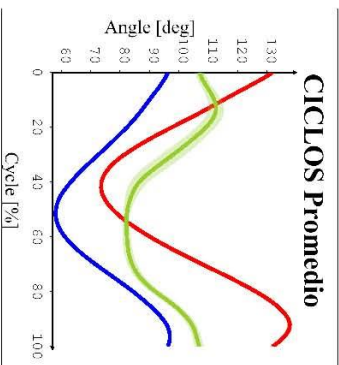
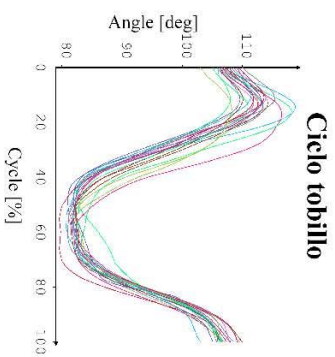
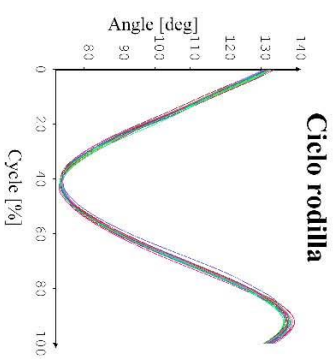
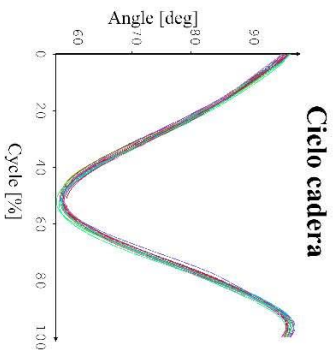


EMG



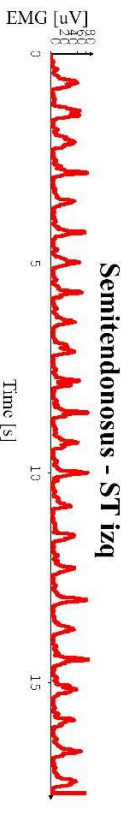
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PRUEBA 20° EN LABORATORIO DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

Condición: Asiento en 20 grados

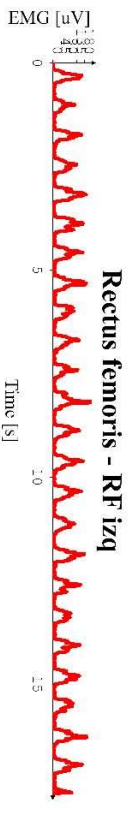


- Cadera
- Rodilla
- Tobillo

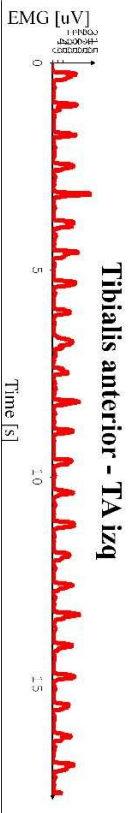
EMG



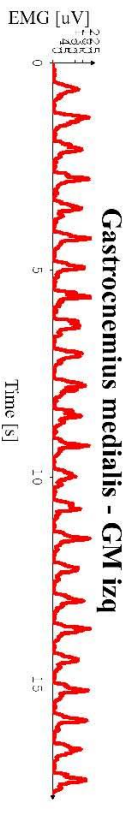
Prom ST izq	17.467
-------------	--------



Prom RF izq	44.028
-------------	--------



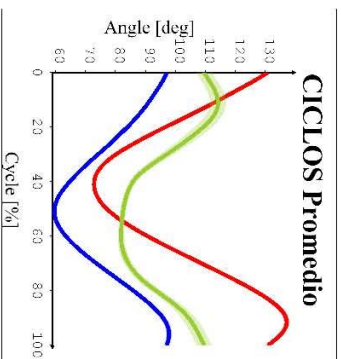
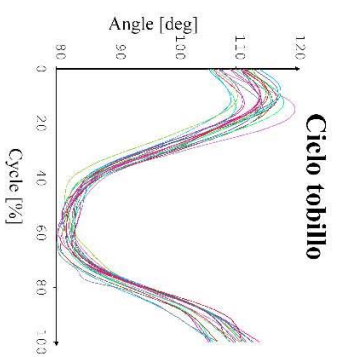
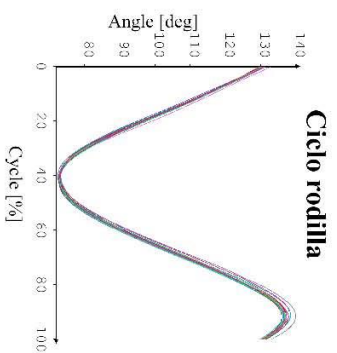
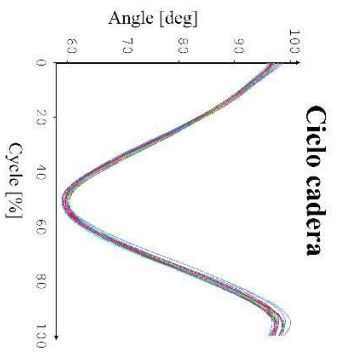
Prom TA izq	41.081
-------------	--------



Prom GM izq	51.98
-------------	-------

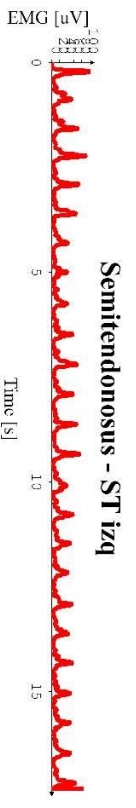
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PRUEBA 27° EN LABORATORIO DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

Condición: Asiento en 27 grados

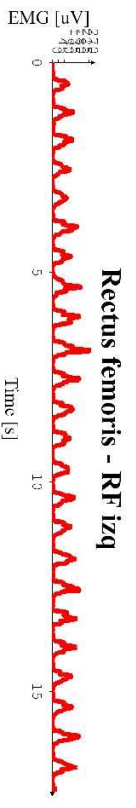


— Cadera
— Rodilla
— Tobillo

EMG



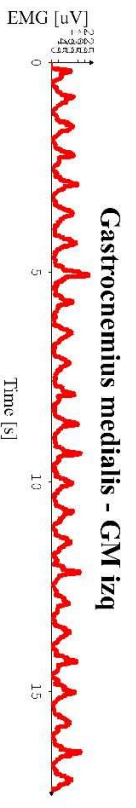
Prom ST izq	15.838
-------------	--------



Prom RF izq	46.405
-------------	--------



Prom TA izq	44.398
-------------	--------



Prom GM izq	57.229
-------------	--------