



METALOFLEXIA RETICULAR

Técnica para el trabajo de la plancha de
acero en la construcción de estructuras
reticulares

Memoria para optar al título profesional de diseñador
industrial.

Alumno: Matías Jesús Espinoza Valencia
Profesor guía: Mauricio Tapia

“La creatividad, se es dicho con razón, es 1% inspiración y 99% transpiración”

(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Al legado de nuestra cultura familiar relacionada
con el mundo de los metales y el aprender haciendo

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a Ximena, Jaime, Nicolás y Bárbara por su apoyo en todo mi paso por la Universidad y por darme la libertad de seguir mis sueños y tratar de alcanzarlos.

A Josefina por su apoyo incondicional y por darme esa mitad que me falta.

A Daniel Hoyos por su ayuda en el soporte gráfico de esta investigación

Al equipo Protean por permitirme explorar libremente en mis campos de interés, guiarme y asumir los riesgos de mis decisiones.

A INOX MAN por su tolerancia y asesoramiento de factibilidad constructiva y productiva.

A Marcelo por sembrar en mí la semilla del estudio.

Y a todos mis compañeros de carrera que me dieron la oportunidad de reflexionar en comunidad todo mi proceso de estudios y fiestas.

INDICE.

09

INTRODUCCIÓN

12

EL PROBLEMA

13	<i>Contexto</i>
15	<i>Planteamiento del problema</i>
17	<i>Formulación del problema</i>
17	<i>Objetivos</i>
19	<i>Justificación</i>
21	<i>Alcances</i>
23	<i>Estrategia metodológica</i>
25	<i>Plan de trabajo</i>

28

MARCO TEÓRICO

29	<i>Acero, tecnologías y procesos</i>
47	<i>Tipologías estructurales de vehículos</i>
51	<i>Plataforma académica</i>

64

DESARROLLO DE PROYECTO

67	<i>Planeación del producto</i>
69	<i>Desarrollo de concepto</i>
95	<i>Diseño en nivel sistema</i>
103	<i>Diseño de detalles</i>
115	<i>Pruebas y refinamiento</i>

135

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

135	<i>Resultados técnicos</i>
141	<i>Resultados morfológicos</i>
143	<i>Conclusiones</i>
145	<i>Proyecciones a futuro</i>

148

BIBLIOGRAFÍA

151

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto, trata sobre el desarrollo de Diseño en las áreas vinculadas de Materiales y Procesos Industriales, enfocado en lo que respecta a las tecnologías aplicadas al trabajo del acero. A modo de contexto, esta investigación responde a un encargo emitido por Protean, proyecto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de la Universidad de Chile. En este caso, el encargo consiste en desarrollar la carrocería metálica para un vehículo híbrido de funcionamiento biomecánico con asistencia eléctrica, trabajo condicionado por circunstancias problemáticas, como son la escasez de tiempo y capacidad productiva.

Al tratarse de un encargo único, cuyo desarrollo responde de manera directa y exclusiva a lo estipulado por Protean, se considera la producción unitaria, como un aspecto clave para definir el modo en que se abordará la fabricación de esta carrocería. Para ello, se recurre a la investigación, como un modo de evaluar los métodos de fabricación disponibles, reconociendo en ellos los más eficientes en cuanto a la carencia de recursos determinantes para el proyecto. En ese sentido y mediante la observación y levantamiento de información, se opta por aplicar en el desarrollo de la carrocería, técnicas que permitan lograr la precisión adecuada para el funcionamiento del diseño en cuestión, prescindiendo de un sistema de posicionamiento de partes y piezas ajeno al objeto.

En cuanto a la etapa proyectual, se decide trabajar en base a lo propuesto por Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, desde donde se rescatan las etapas elementales en un proceso genérico de desarrollo de productos. Siguiendo esta lógica, el presente proyecto elabora una técnica para enfrentar la fabricación con la plancha de acero, prescindiendo de sistemas referenciales o matrices, mediante la integración de tecnologías CAD CAM, sumadas a procesos productivos convencionales que se utilizan en la industria local. Obteniendo como resultado, un modo más eficiente y de mejor rendimiento, en cuanto a la utilización de recursos claves.

Con esta solución de fabricación, no solo se da respuesta al encargo original, sino también se postula una técnica de amplia proyección y alcance. Considerando su aplicación tanto en el desarrollo de productos industriales de realización artesanal, como en la fabricación de series cortas elaboradas por pequeñas y medianas empresas del área metalmeccánica.



EL PROBLEMA

Descripción y fundamentación del proyecto de investigación.

EL PROBLEMA

Descripción y fundamentación del proyecto de investigación.

CONTEXTO.

La presente investigación nace en el marco del proyecto Protean, siendo este una línea investigativa de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, dedicada al desarrollo de temáticas aludidas a la electromovilidad y el desarrollo de tecnologías en procesos y materiales.

Protean presenta una importante trayectoria en el desarrollo de vehículos híbridos terrestres, con características asociadas a la tipología de vehículo propuesta por la organización Ruta Solar, en su evento “Carrera Solar de Atacama”, del cual ha sido parte el proyecto Protean en su edición 2012, 2014 y 2016. En base a los criterios correspondientes, los vehículos desarrollados por Protean operan con funcionamiento de tracción humana, a través de un piloto en posición recumbente de pedaleo, con asistencia eléctrica, además de cargarse a través de energía solar, mediante paneles fotovoltaicos ubicados en el mismo vehículo. Participar en la Carrera Solar, permite al proyecto experimentar una instancia de prueba y validación de los vehículos desarrollados, además de las tecnologías aludidas en procesos y materiales también desarrolladas por el proyecto.

En la versión 2016 la organización Ruta Solar propuso nuevas modificaciones para la categoría híbrida, siendo estas, en aspectos generales, el retirar las celdas fotovoltaicas de los vehículos, generando estaciones de cargas separadas del

mismo, pudiendo capturar y almacenar dicha energía, en virtud de una conversión de los vehículos a ser eléctricos con la idea de que estos modelos se puedan utilizar en distintos lugares del continente y que los paneles solares estén en los hogares (La ruta solar, 2016)

Para lo cual la dirección del proyecto Protean, compuesta por académicos de la escuela de diseño de la Universidad de Chile, se propuso desarrollar un nuevo vehículo híbrido de funcionamiento biomecánico con asistencia eléctrica, considerando las nuevas bases generales y técnicas. Además de replantearse la configuración de vehículo en busca de una mayor eficiencia en su funcionamiento, ya que en las configuraciones antes desarrolladas se presentaba una pérdida de energía en el pedaleo, para lo cual el equipo del proyecto Protean llevo a cabo un estudio de la configuración de los elementos funcionales del nuevo vehículo a desarrollar. (Para más profundidad acerca del tema véase más adelante el capítulo de configuración del vehículo Akciu.

Dando paso a la división del equipo de desarrollo del nuevo modelo, derivando en diferentes encargos profesionales con la finalidad de que los estudiantes participantes del proyecto puedan abordar un ejercicio profesional, cumpliendo con las exigencias que demanda como el manejo de habilidades blandas, el compromiso y poner en

práctica todos sus conocimientos, acercándolos de cierta manera a las áreas de interés donde se pueda desenvolver la disciplina y sus prácticas:

-Desarrollo de estación de carga del vehículo.

-Desarrollo de carenado.

-Desarrollo de asiento y mandos.

-Sistema eléctrico del vehículo.

-Sistemas mecánicos del vehículo.

-Desarrollo de la estructura principal del vehículo

Siendo el desarrollo de la estructura principal del vehículo una oportunidad investigativa, para el desarrollo del presente proyecto, que a continuación se especifica:

Desarrollo de la carrocería para un vehículo terrestre unipersonal híbrido biomecánico con asistencia eléctrica.

Este desarrollo se acompaña de una serie de requerimientos y/o especificaciones de objeto enmarcados y orientados a las demandas generadas por la instancia de uso, además de las propias demandas del proyecto Protean;

-La composición del objeto carrocería debe responder a la configuración experimental estudiada (Véase cap. Configuración de vehículo)

-La materialidad de la carrocería debe ser de un metal ferroso, con la finalidad de efectuar reparaciones en instancias de carrera, alineándose a la capacidad productiva del equipo Protean.

-El diseño de la carrocería debe responder a las bases técnicas impuestas por la carrera solar Atacama.

.-La obtención de materiales, insumos y procesos aludidos al desarrollo del objeto chasis debe responder a la oferta local de insumo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En base a lo propuesto, se desprenden aspectos problemáticos vinculados a los recursos determinantes de la investigación. La escasez de tiempo, elemento que se ve limitado por la calendarización de la Carrera Solar de Atacama, es uno de los condicionantes más relevantes. De la misma manera, la capacidad productiva se ve afectada por el reducido espectro de máquinas y herramientas disponibles dentro de la Facultad. A esto, se suman las condiciones propias de la producción unitaria de carrocería, la cual suele llevarse a cabo mediante un sistema de posicionamiento de partes y piezas. Este se sustenta en la creación y uso de matrices que posteriormente permiten la fabricación de la carrocería.



Imagen 1. Matriz de armado Firefly Bicycles. Fuente: <http://www.flickr.com/photos/fireflybicycles/with/8540312278/>, firefly bicycles (bicycles, 2001)

Imagen 2. Matriz de armado Trophy Truck Armada, Fuente: <http://www.race-dezert.com/forum/threads/new-armada-engineering-trophy-truck.119258/>, Autor: Race Desert (desert, 2016)



FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.

El sistema de posicionamiento de partes y piezas mediante uso de matrices, demanda recursos determinantes en el contexto de este proyecto, como son el tiempo y la capacidad productiva, lo cual lo transforma en una opción poco eficiente para los estándares establecidos.

-¿De qué manera se puede lograr la precisión adecuada para el funcionamiento de la carrocería prescindiendo de una matriz de armado?

-¿Descartar el uso de dicha matriz, optimiza los costos y tiempos de fabricación?

Objetivo general

-Desarrollar un sistema de construcción, que permita prescindir del uso de matrices, obteniendo así un mayor rendimiento de los recursos disponibles.

Objetivos específicos

-Identificar los aspectos funcionales de la carrocería

-Definir principios constructivos y de fabricación de la carrocería

-Establecer los criterios y parámetros técnicos para la construcción de la carrocería, integrando directrices de conformación y armado.

-Evaluar criterios y parámetros técnicos utilizados en su fabricación, considerando aspectos de su funcionamiento.

JUSTIFICACIÓN.

En términos de tiempo y calendarización, el proyecto en cuestión está inserto en los plazos de la Carrera Solar Atacama, contando con fechas límites impostergables, lo que condiciona el desarrollo inmediato y eficiente de la investigación. Por otro lado, la pertinencia de utilizar la instancia de desarrollo de la carrocería, para la experimentación aplicada, permite la creación de un método o modo de proyectar una manera de fabricar estructuras de acero descartando el uso de matricería, permitiendo su aplicación en el desarrollo de productos con diferentes instancias de uso.

También es relevante investigar lo anteriormente mencionado porque apunta directamente al cómo desarrollar y fabricar un objeto de una manera en particular, ya que *la comprensión de los materiales y de fabricación* (Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Además, el presente proyecto podría conectarse con el ejercicio académico y profesional en la puesta a prueba de alianzas estratégicas con entidades privadas, considerando la capacidad productiva que integre los procesos aludidos en virtud del desarrollo de plataformas de productos que utilicen el sistema constructivo en cuestión, y su posible posicionamiento en el mercado nacional e internacional.

Demostrando de esta manera la capacidad productiva nacional no solo de materias primas y materiales pre-elaborados, sino que también en el desarrollo de productos como bienes de consumo.

ALCANCES.

Concientizar y conocer el enmarque del desarrollo del proyecto ayuda a determinar las circunstancias inevitables a las cuales se enfrentó el desarrollo del mismo. Por lo cual a continuación se presenta una enumeración de las condicionantes, para tener en cuenta los criterios y de cómo se condujo el transcurso del proyecto, además de los problemas surgidos durante su ejecución, posteriormente se explica la motivación de la investigación:

Restricciones:

-Tiempo de desarrollo del experimento: Este fue condicionado por el enmarque de los tiempos de carrera, dando como fecha límite los días del evento. (Véase en más profundidad en Plan de trabajo)

-Recursos limitados: Ya que la asignación de recursos para el presente proyecto fue efectuada por el proyecto Protean, la disponibilidad de bienes de servicios y la adquisición de materiales e insumos se vio condicionada al mínimo posible, además de enmarcarse en la oferta local.

-Dependencia de proveedores: Al momento de mandar a fabricar partes y piezas, existe una pérdida de autonomía en el control del proyecto, ya que se depende de los tiempos y disponibilidad con los cuales operan las empresas privadas

-Capacidad productiva: Como antes se menciona, la presente investigación se enmarca en el proyecto Protean, por lo tanto, la infraestructura, máquinas y herramientas se consideran como disponibles.

-Configuración estudiada para el nuevo modelo: Condicionar el desarrollo del experimento a la configuración estudiada anteriormente por el equipo Protean

-Bases técnicas de la carrera: Como aspectos mínimos que debe cumplir el modelo para poder participar, el desarrollo de la carrocería debe considerar las bases técnicas impuestas por la organización.

-Toma de decisiones de equipo: Cabe mencionar que el proyecto en general fue llevado a cabo por un equipo de trabajo compuesto por diferentes especialistas y estudiantes, es importante mencionar que muchas de las decisiones fueron tomadas de una manera unánime, restringiendo la total autonomía, en virtud del bienestar del equipo.

Motivación:

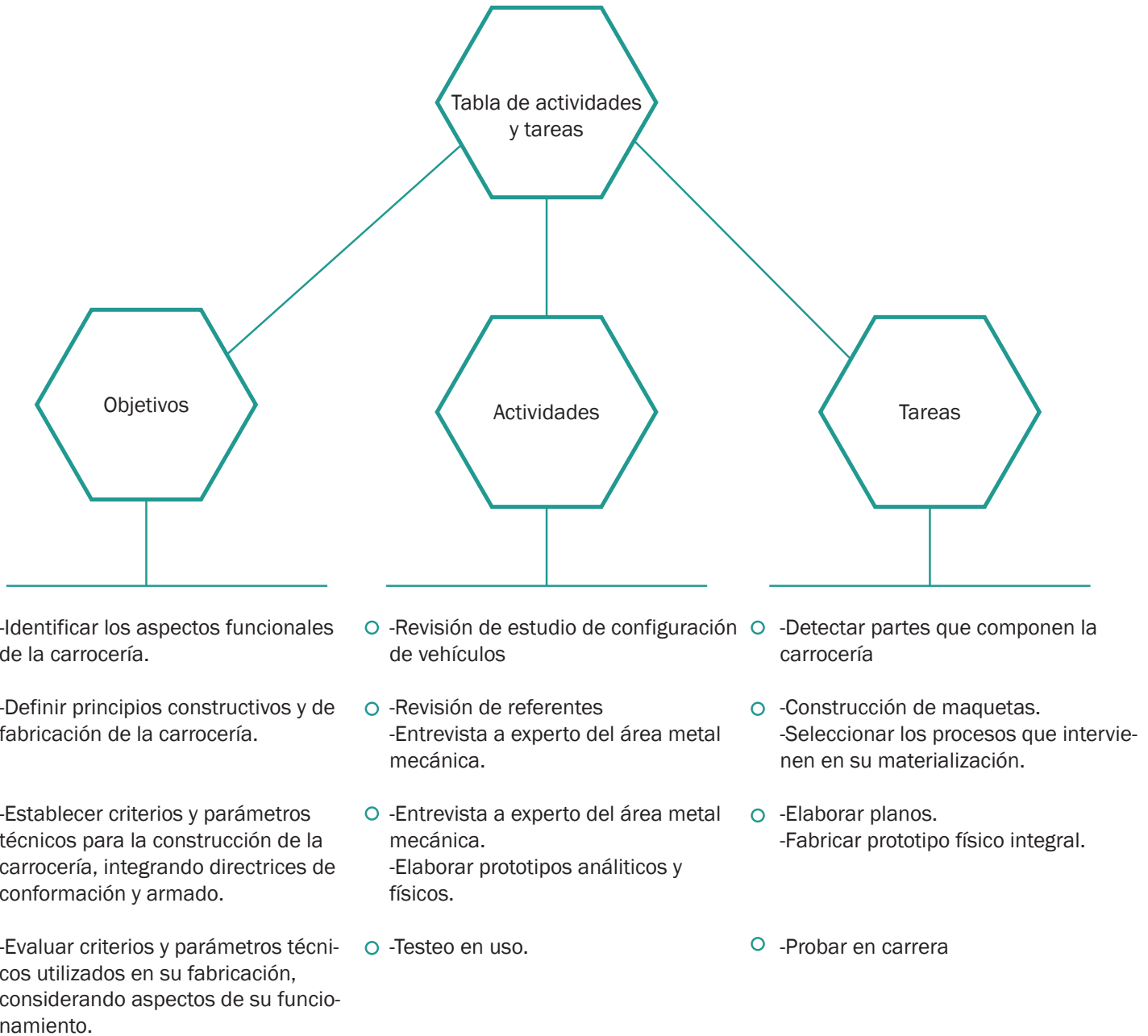
La finalidad de esta investigación es poner en valor el potencial de la manufactura de nuestro país, fomentando el desarrollo local de la industria metalmeccánica.

ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

Dentro de la estrategia adoptada para efectos del presente proyecto, se decide dividir el desarrollo en dos etapas permitiendo enfocar las herramientas investigativas:

La primera etapa consiste en una investigación documental, basándose en la obtención y análisis de datos provenientes de diversa bibliografía aludida a las temáticas en cuestión, que dan paso a la composición de un marco de antecedentes, elaborando un compendio de elementos teóricos y prácticos que sirven como base de conocimiento para la indagación del objeto a desarrollar.

Y en una segunda etapa se decide dar curso al desarrollo del proyecto enmarcándolo en un proceso genérico de desarrollo de productos extraído de los autores Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger en su quinta edición del libro “Diseño y desarrollo de productos”, estableciendo un criterio de análisis de los pasos y etapas del proceso de desarrollo del experimento, además de documentar la investigación.



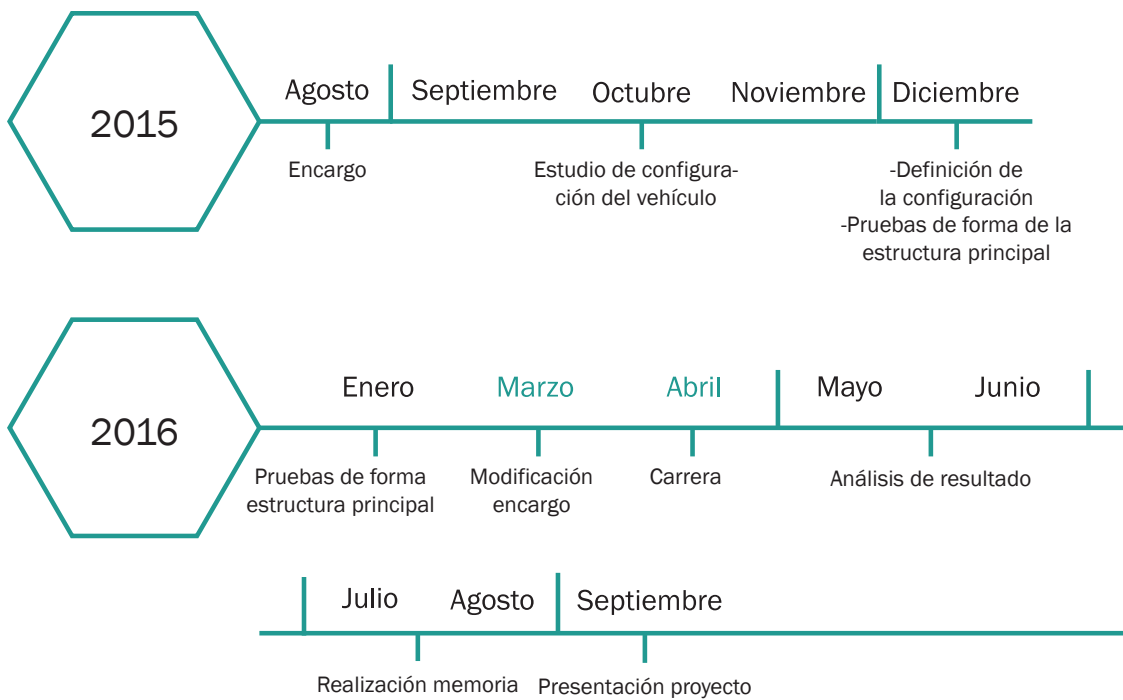
- -Identificar los aspectos funcionales de la carrocería.
- -Definir principios constructivos y de fabricación de la carrocería.
- -Establecer criterios y parámetros técnicos para la construcción de la carrocería, integrando directrices de conformación y armado.
- -Evaluar criterios y parámetros técnicos utilizados en su fabricación, considerando aspectos de su funcionamiento.

- -Revisión de estudio de configuración de vehículos
- -Revisión de referentes
- Entrevista a experto del área metal mecánica.
- -Entrevista a experto del área metal mecánica.
- Elaborar prototipos analíticos y físicos.
- -Testeo en uso.

- -Detectar partes que componen la carrocería
- -Construcción de maquetas.
- Seleccionar los procesos que intervienen en su materialización.
- -Elaborar planos.
- Fabricar prototipo físico integral.
- -Probar en carrera

PLAN DE TRABAJO.

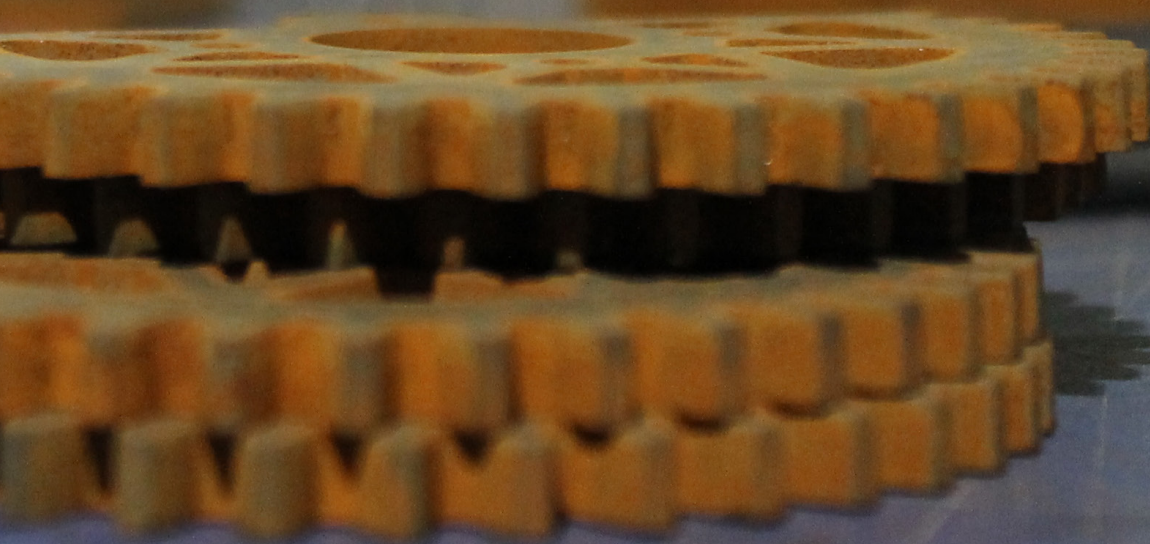
Organización del proyecto





MARCO TEÓRICO

Antecedentes teóricos y prácticos.



MARCO TEÓRICO

Antecedentes teóricos y prácticos.

ACERO, TECNOLOGÍAS Y PROCESOS.

...“No hay otra cosa que sea al mismo tiempo tan fuerte, tan resistente, tan fácil de formar- y tan barato”...

(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

El acero es uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil, más adaptable y más ampliamente usado. Este material combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricaciones mediante muchos métodos. Además, sus propiedades pueden ser manipuladas, de acuerdo a necesidades específicas, mediante tratamientos con altas temperatura, el trabajo mecánico, o mediante aleaciones. (Info Acero, 2000)

Si bien la mayoría de los metales se corroen en servicio. El acero dulce moderno se oxida mucho más que el hierro colado o fundido, y por tanto, la oxidación es un problema moderno que puede ser un agente muy activo de ruina.(J.E.Gordon, 2004)

...“Donde la resistencia a la corrosión extrema es necesario, los aceros inoxidable se hacen cargo - pero son caros.”...

(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Los barcos modernos, como los petroleros, están construidos para una vida útil de alrededor de quince años, en general es más barato tirarlos

que pintarlos, la vida útil de los vehículos es aún más corta y normalmente es por la misma razón. Por tanto, es cierto que en dichas estructuras podría utilizarse acero inoxidable, aunque no está del todo exento de corrosiones, además el acero inoxidable es más caro y difícil de trabajar, sin mencionar que las “características de fatiga” de los aceros inoxidables son normalmente malas. (J.E.Gordon, 2004)

Por lo cual se considera apropiado, para el presente proyecto, enfocarse en el uso de los aceros al carbono, siendo estas aleaciones de hierro con carbono. Los aceros bajos en carbono, o aceros dulces, son los que tienen menos porcentaje de carbono - menos de un 0,25%. Son los más fáciles de trabajar y los más baratos de todos los metales estructurales, además de que son fáciles de reciclar, y la energía necesaria para hacerlo es poca.(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Los aceros bajos en carbono tienen una amplia gama de aplicaciones, dentro de esto se encuentra el refuerzo de hormigón, los perfiles de acero para la construcción, hojas para techos, paneles de la carrocería de los vehículos, latas y productos de planchas prensadas. Por otra parte los aceros de medio carbono son los materiales de construcción y de ingeniería en general, ejes y engranajes, cojinetes, bielas y ejes. Por último los aceros de alto carbono se utilizan para herramientas de alto

rendimiento, los cojinetes, bielas y ejes, muelles, cuchillos, hachas de hielo y patines de hielo de corte.(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Procesos de conformado del acero

Los procesos de conformado en el área de los metales, involucran a una serie de procesos de manufactura en los cuales se usa la deformación plástica para la transformación de la forma de las piezas de metal. Las herramientas utilizadas en estos procesos aplican esfuerzos sobre la pieza a trabajar obligándola a tomar la forma de la geometría deseada. (López, 2012)

-

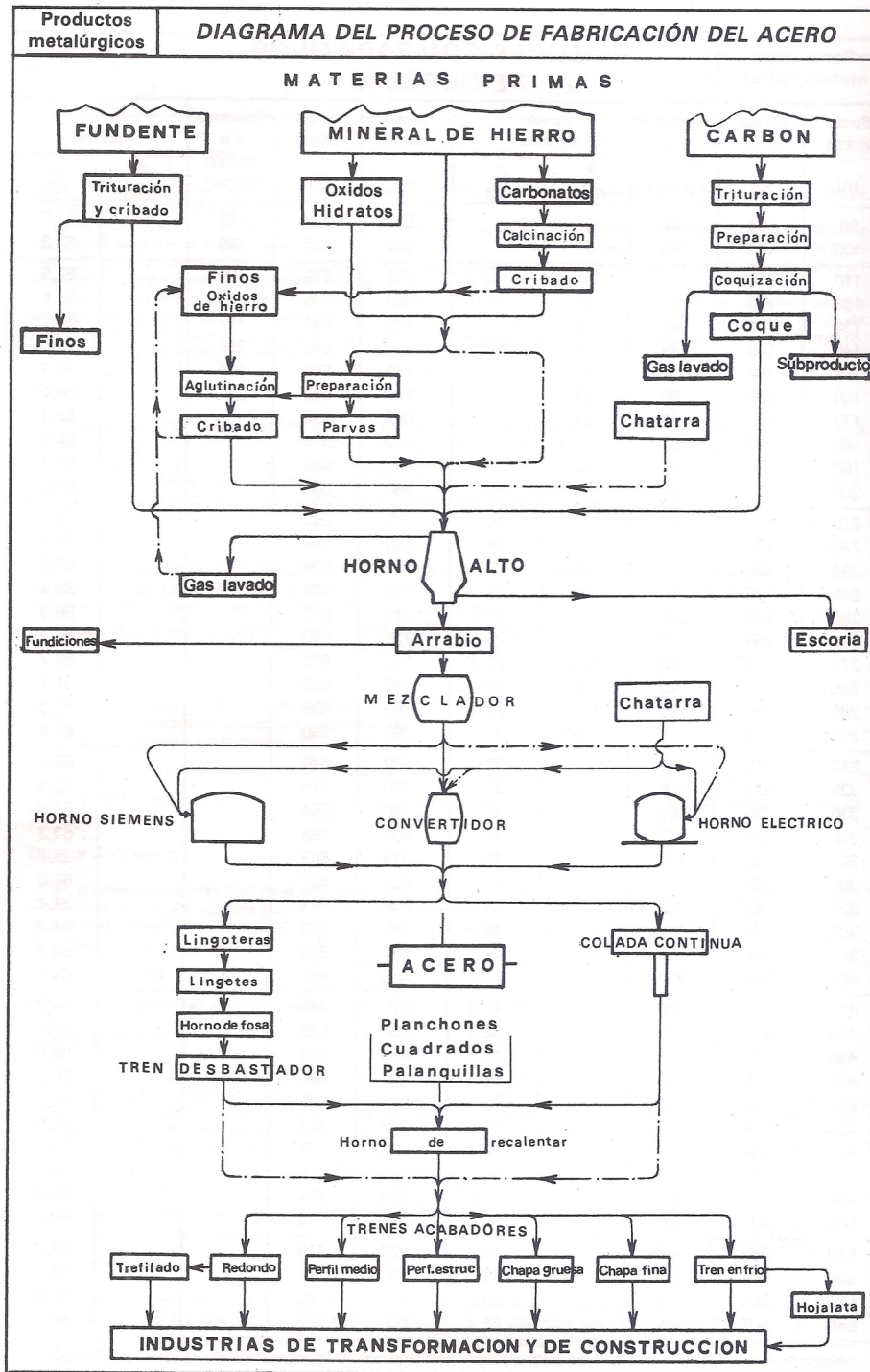


Ilustración 1. Diagrama de fabricación del acero, Fuente: Máquinas prontuario, Auto: Larburu (Larburu, 1997)

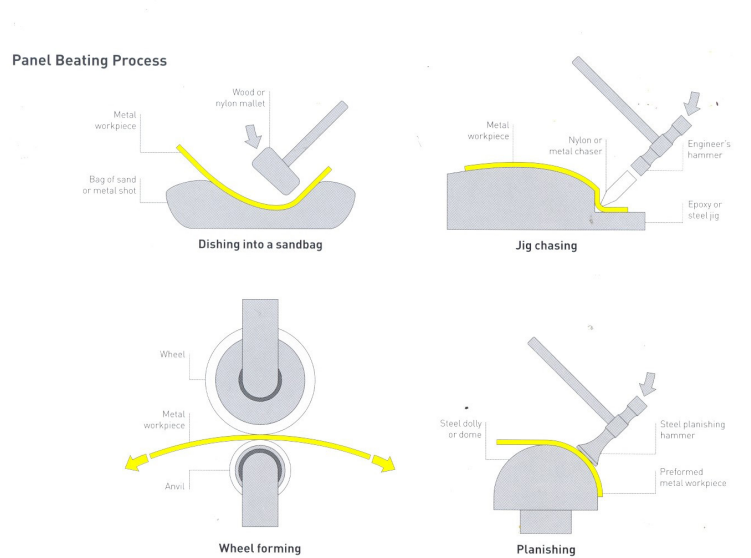


Ilustración 2. Esquema de proceso de chapistería, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

Chapistería

Curvas suaves y formas onduladas se pueden producir con este proceso de conformado de chapa. Combina tecnologías de soldadura de metal, la cha es operada por un experto que es capaz de producir casi cualquier forma.(Thompson, 2007)

-Repujado

El repujado es el proceso de formado de metal en el cual se le da forma a una parte de simetría axial sobre un mandril u horma mediante una herramienta redondeada o de rodillo.(Thompson, 2007)

-Plegado

Se comprende como la deformación de la plancha en un determinado ángulo. Estos ángulos pueden ser clasificados como abiertos (si son mayores a 90 grados), cerrados (menores a 90°) o rectos.(López, 2012)

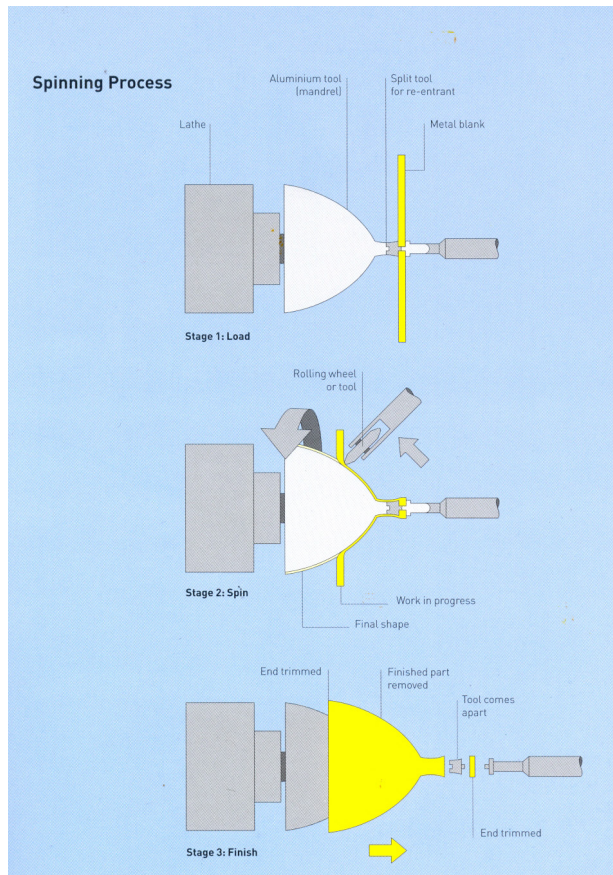


Ilustración 3. Esquema de proceso de repujado, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

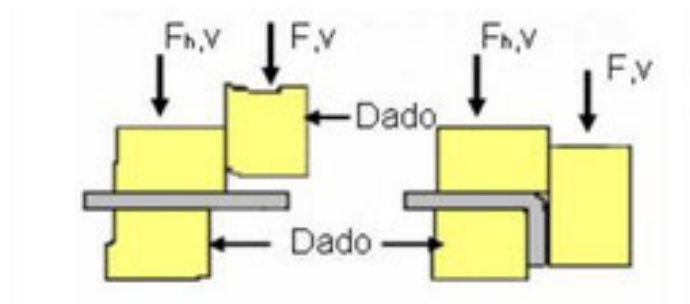


Ilustración 4. Esquema proceso de plegado, Fuente: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/>, Autor: Ingeniería Industrial (López, 2012)

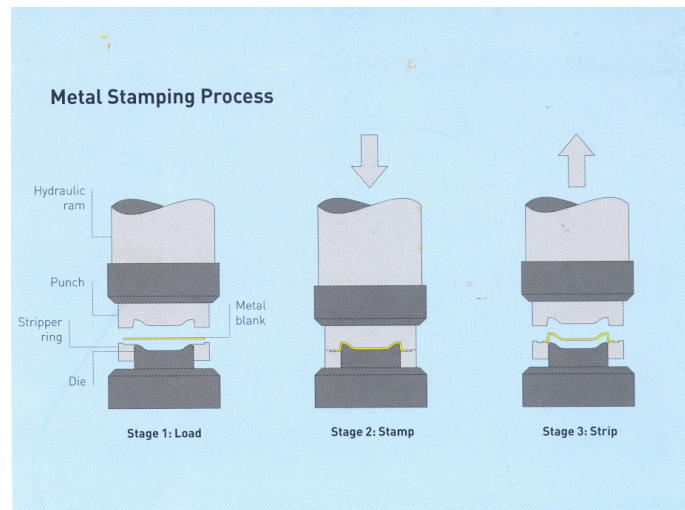


Ilustración 5. Esquema de proceso de estampado, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

-Estampado

Es una técnica de prensado de metal en frío que se utiliza para dar forma a una lámina superficial y perfiles de plegado de chapa. Es un proceso rápido y preciso, y se utiliza para producir una amplia gama de productos desde carrocerías de automóviles a hasta bandejas de metal.(Thompson, 2007)

-Superformado

Es un proceso recientemente desarrollado de conformación en caliente, se utiliza para producir piezas de chapa utilizando principios similares al termo formado: una pieza en bruto de metal se calienta a punto de reblandecimiento y formado sobre una herramienta de una sola cara utilizando presión de aire(Thompson, 2007)

-Doblado de tubos

Este proceso se utiliza para formar estructuras metálicas continuas y fluidas. Las curvas cerradas se pueden formar con un mandril sobre una matriz de rotación, se utiliza principalmente en la industria del mueble, del automóvil y de la construcción.(Thompson, 2007)

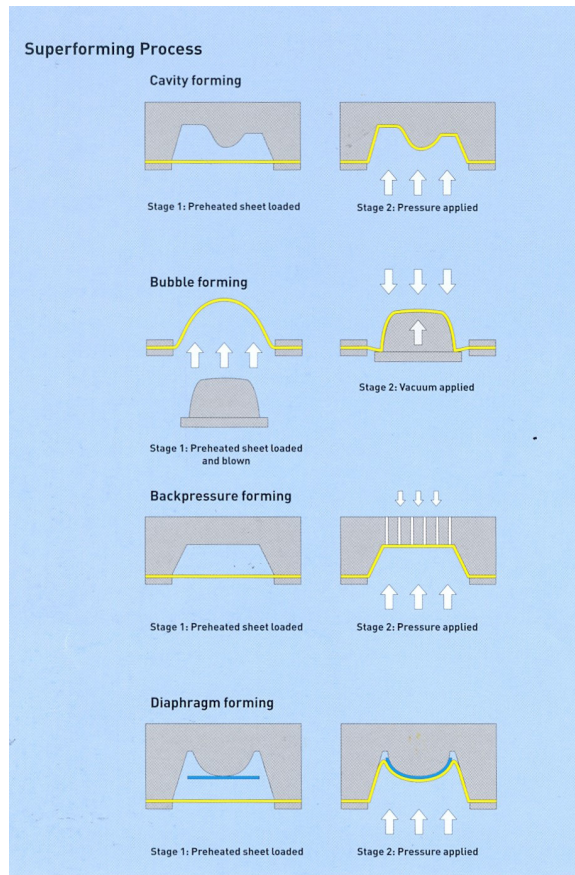


Ilustración 6. Esquema de proceso de superformado, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

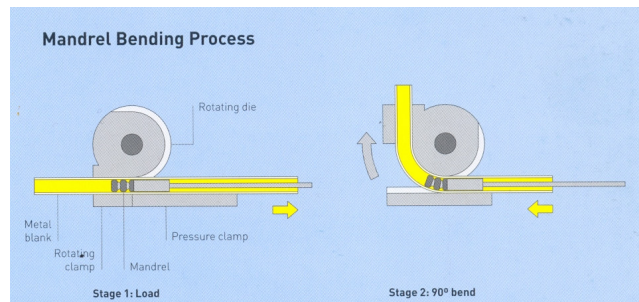


Ilustración 7. Esquema proceso de doblado de tubos, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

-Forja

La conformación de metales por calentamiento y martilleo se llevó a cabo tradicionalmente por los herreros sobre yunques. Hoy día, las piezas forjadas están hechas a golpe de martillo, prensado o laminación en caliente del metal con troqueles sofisticados y presión extrema.(Thompson, 2007)

-Moldeo en arena

Es un proceso de conformado en caliente, consta en una mezcla de arcilla que se compacta en un molde alrededor de un patrón que tiene la forma de la pieza fundida deseada, de modo que cuando se vierte el metal en estado líquido dicha pieza se disuelve.(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

-Fundición a presión

En el proceso de fundición a presión se inyecta metal a alta presión en una matriz también de metal a través de un sistema de bebederos y corredores. Se mantiene la presión hasta que el componente es sólido, cuando la matriz se abre el componente es expulsado.(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Drop Forging Process

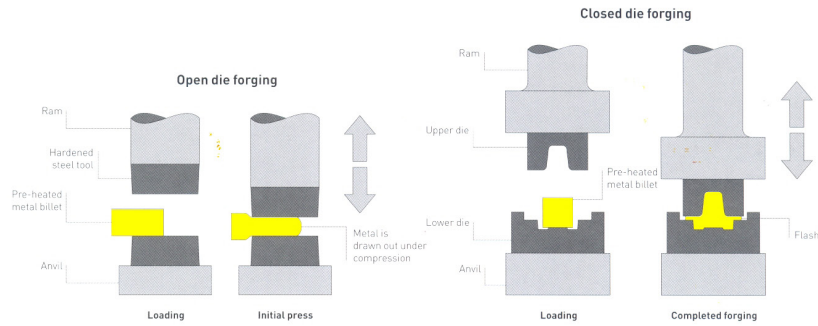


Ilustración 8. Esquema de proceso de forja, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

Sand Casting Process

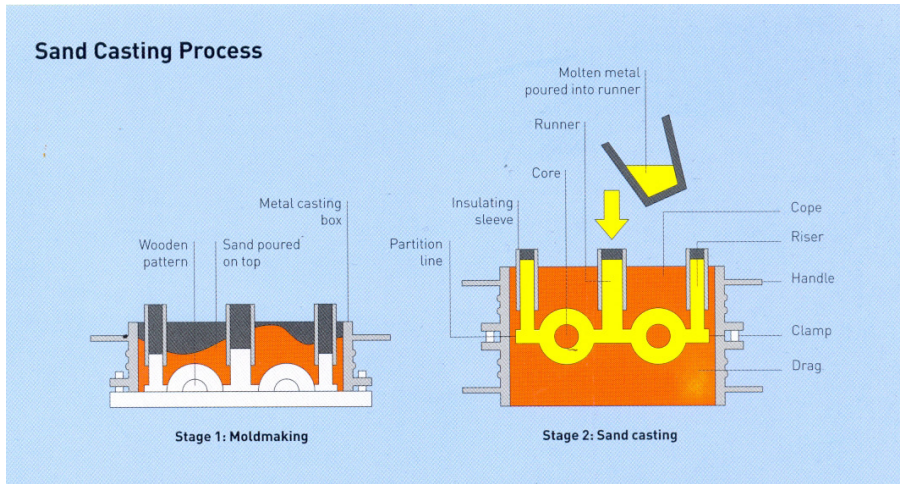


Ilustración 9. Esquema proceso de moldeo en arena, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

High Pressure Die Casting Process

Cold chamber method

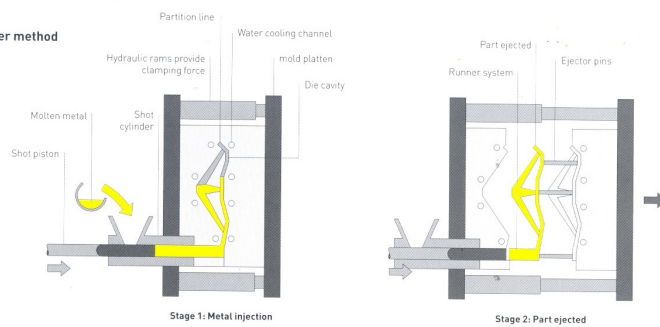


Ilustración 10. Esquema proceso de fundición a presión, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

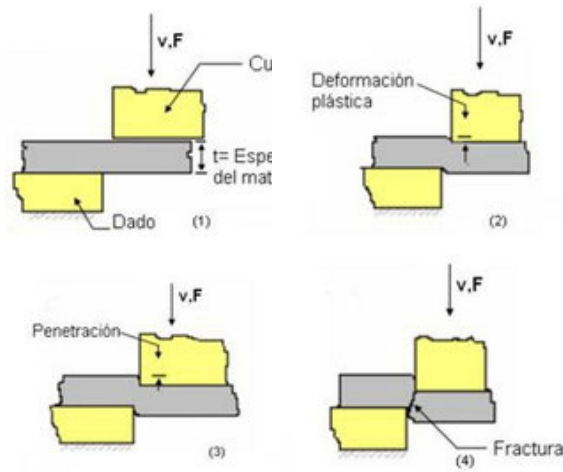


Ilustración 11. Esquema proceso de cizalla, Fuente: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/>, Autor: Ingeniería Industrial (López, 2012)

Procesos de Corte

Los procesos de corte en metales involucran la remoción del material mediante operaciones de maquinado, este fenómeno se produce por la división de la pieza a través de la fuerza ejercida por una herramienta u otro agente de disposición aguda. Para el caso se consideran las tecnologías disponibles en la Facultad, además de procesos de corte CAD CAM por su precisión y rapidez.

-Corte laser

Este proceso no provoca desprendimiento de viruta, su principio de funcionamiento consiste en un rayo de luz enfocado con gran exactitud y va fundiendo el material que encuentra a su paso. (Lefteri)

-Cizalla

Este proceso es una operación de corte de láminas que consiste en disminuir la lámina a un menor tamaño, para lo cual el metal es sometido a dos bordes cortantes. (López, 2012)

-Mecanizado hidrodinámico

También conocido como corte por chorro de agua, este proceso consiste en impactar un chorro de agua a presión sobre el material a trabajar, controlado por un sistema de control numérico, generando la geometría deseada.

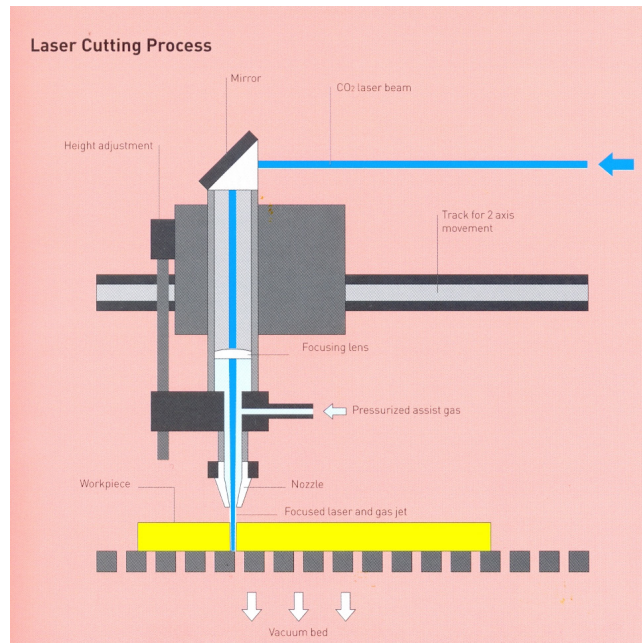


Ilustración 12. Esquema proceso de corte por chorro de agua, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

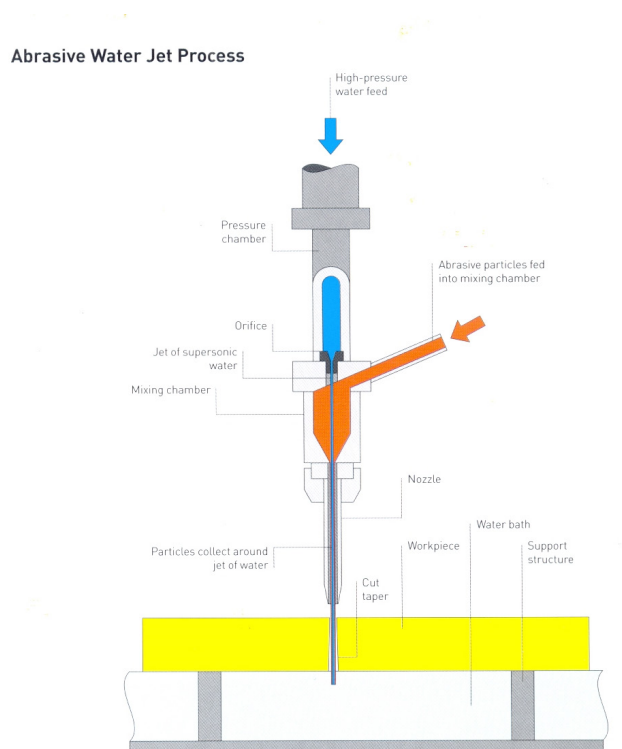


Ilustración 13. Esquema proceso de corte laser, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

Manual Metal Arc Welding Process

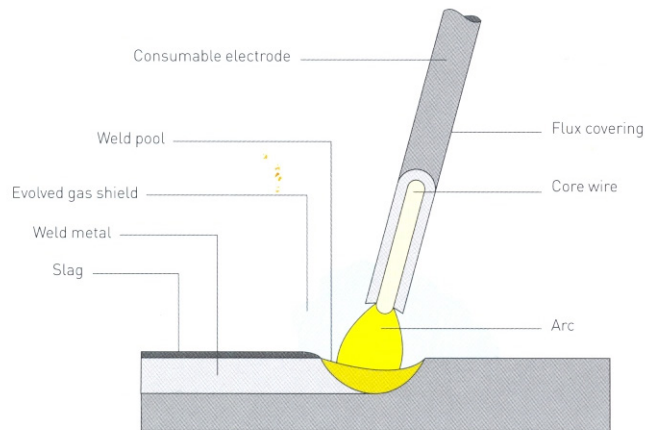


Ilustración 14. Esquema soldadura al arco, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

Uniones

Considerando que “la función de una unión es transmitir la carga de un componente a otro, las tensiones deben de alguna forma salir de una de las piezas del material e introducirse en la pieza contigua, este proceso corre el riesgo de producir fuertes concentraciones de tensiones con el consiguiente debilitamiento de la unión” (J.E.Gordon, 2004). Es que los procesos de unión, se dividieron en dos secciones; sujeciones mecánicas y soldaduras, que para efectos del presente capítulo estarán condicionadas por la capacidad productiva de la Facultad de arquitectura y Urbanismo.

Soldaduras

-Soldadura al arco

El proceso de soldadura por arco manual, es una técnica que utiliza un electrodo revestido, este recubrimiento se funde durante la soldadura para formar el escudo de gas protector y escoria. (Thompson, 2007)

-Soldadura MIG

(Metal inerte gas) A diferencia de la anterior, esta tecnología genera una corriente de gas inerte, que rodea el arco formado entre el electrodo de

alambre consumible y el componente; el alambre se hace avanzar desde una bobina. (Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

-Soldadura TIG

(Tungsteno inerte gas) Esta genera un arco entre un tungsteno no consumible y la pieza de trabajo, protegido por un gas inerte (argón) para proteger el metal fundido de la contaminación. El electrodo de tungsteno no es consumido debido a su extremadamente alta temperatura de fusión, por lo tanto el material de relleno se suministra por separado como alambre o varilla. (Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

-Soldadura de punto

Esta tecnología consiste en unir piezas metálicas superpuestas, el arco eléctrico es ubicado en pequeños puntos mediante la aplicación de presión y corriente eléctrica. (Amada miyachi, 2016)

Metal Inert Gas Welding Process

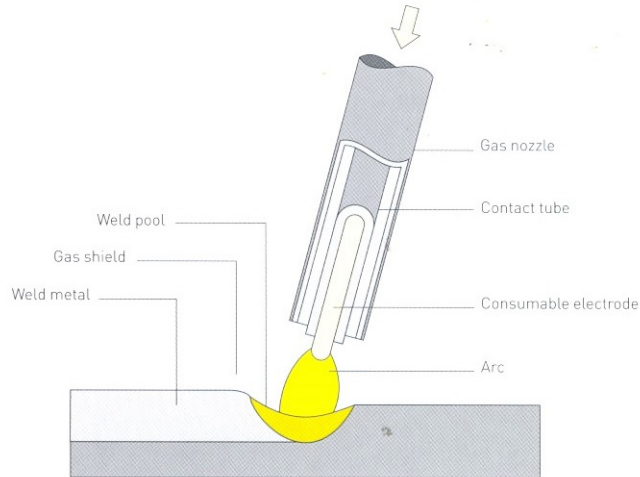


Ilustración 15. Esquema soldadura MIG, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

Tungsten Inert Gas Welding Process

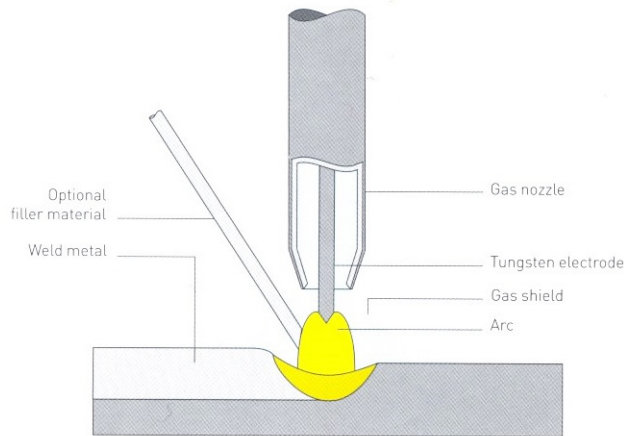


Ilustración 16. Esquema soldadura TIG, Fuente: Manufacturing processes for design professionals, Autor: Rob Thompson (Thompson, 2007)

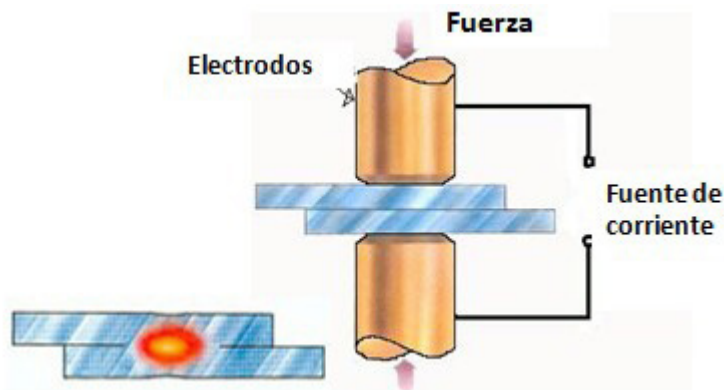


Ilustración 17. Esquema soldadura de punto, Fuente: <http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/lvergara/Autogena.htm>, Autor: Universidad de los Andes Venezuela (Venezuela)

Sujeciones mecánicas

-Remaches

El remachado esta hecho mediante la inserción de un perno con una cabeza en un extremo a través de los agujeros previamente perforados en los componentes de acoplamiento, y aplastado el otro extremo en el que sobresale.(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

-Sujetadores roscados

Los elementos roscados son los más versátiles de los sujetadores mecánicos, no implican calor, pueden unirse materiales de diferente grosor, y que se puede desmontar.(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

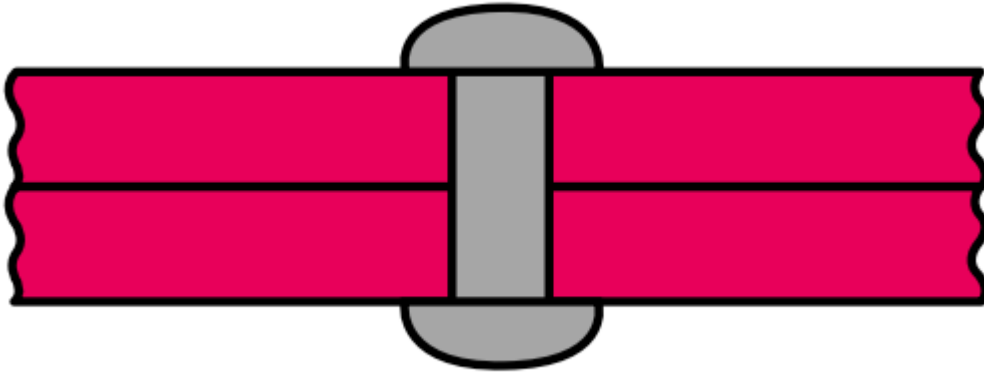


Ilustración 18. Unión de remache, Fuente: Materials and design, Autor: Michael Ashby and Kara Johnson (Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

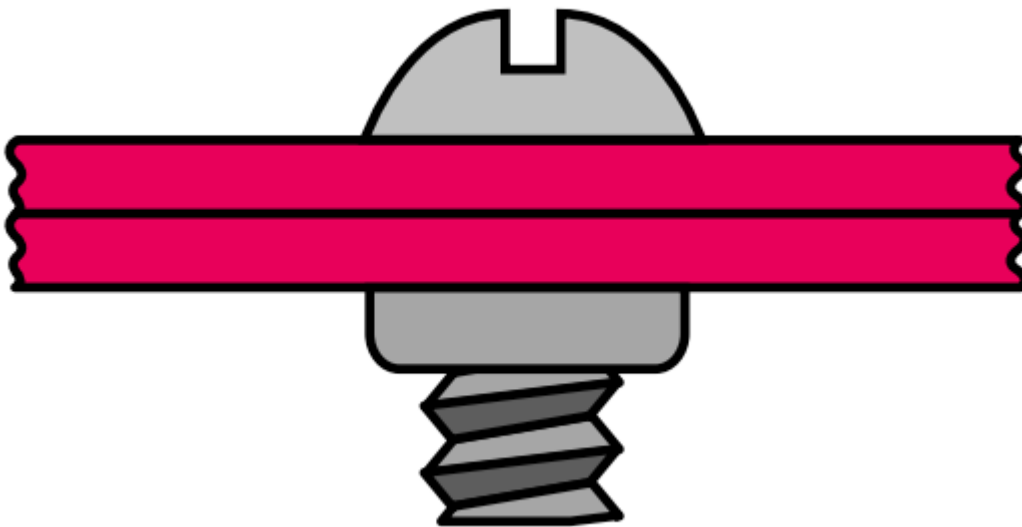


Ilustración 19. Esquema sujetador roscado, Fuente: Materials and design, Autor: Michael Ashby and Kara Johnson (Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Del material a la forma

...“El acto de diseño transforma una necesidad en un producto; comienza sin rasgos distintivos y termina con una realidad concreta”...

(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Los materiales ejercen una profunda influencia en la forma de los productos, ya que cuando un material se escoge, independientemente de cual sea el criterio, la forma se ve enfrentada a limitaciones dictadas por las características del material y su comportamiento.

La forma no está particularmente limitada por la función, y una manera de conllevar la exploración de ella, es enfrentándose a la manipulación del material en cuestión, estudiar su comportamiento y las geometrías que permite.(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

Cabe mencionar que en el diseño industrial es elemental identificar una lista de características del producto en cuestión, Michael Ashby en su libro *Materials and design* propone tres fases en este proceso;

Identificación

A través del concepto se identifica un conjunto de características para una idea abstracta de producto, especificando su funcionamiento, por lo tanto las configuraciones de restricción.

Visualización

Limitaciones por los materiales y por los procesos usados para darles forma, las uniones, y su acabado.

Materialización

Es la creación de un objeto que se puede ver y tocar, aquí es donde la técnica y el razonamiento de diseño industrial se fusionan.



TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE VEHÍCULOS.

...“La decisión sobre la forma que debe usarse viene dictada algunas veces por exigencias que no son del todo estructurales. Así, una torre de alta tensión ofrece menos resistencia al viento y tiene menos superficie de acero que pintar cuando tiene la forma de un triángulo espacial de barras.”...

(J.E.Gordon, 2004)

Para enfrentar el encargo a desarrollar se efectuó un levantamiento de información respecto a las soluciones constructivas de la industria automovilística, identificando que la estructura del cuerpo de los vehículos, según Stuart Macey Y GeoffWardle en su libro H-POINT, los fundamentos del diseño automotriz, 2008, además de ser una pieza compleja de ingeniería, son también el elemento más ligado a la arquitectura de los vehículos y su apariencia. Presentando cuatro funciones principales;(Wardle, 2009)

- 1.-Proteger los ocupantes y la carga.
- 2.-Proporcionar puntos de fijación para los otros componentes principales y gestionar el estrés entre ellos.
- 3.-Proporcionar un aspecto atractivo y la imagen del producto.
- 4.-Provea una forma aerodinámica para mejorar

el rendimiento y reducir el ruido.

Dichas funciones descritas son resueltas con diversas soluciones estructurales, que a pesar de responder a las mismas demandas, tienen diferentes resultados en cuanto a sus aspectos técnicos y morfológicos, se presentan principalmente en tres tipologías estructurales de vehículos:

Monovolumen

El tipo más eficiente y rentable del proceso de construcción para producir en masa, minivans y SUVs. La estructura está hecha de paneles de acero o de aluminio (0,7 - 2,0 mm de espesor). Los paneles están estampados en forma y luego soldada por puntos entre sí para formar una serie de secciones de caja y paneles contorneados. Los paneles exteriores pueden estar hechos de metal o plástico dependiendo de los requisitos de impacto a baja velocidad.(Stuart Macey Y GeoffWardle.H-POINT; los fundamentos del diseño automotriz y packaging, 2008, 168p.)

Esta tipología, según J.E.Gordon, estructuras o porque las cosas no se caen, también es llamada monocasco, y la define como ...“una estructura en la que la carga se soporta mediante placas planas o curvas más o menos continuas”...(J.E.Gordon, 2004). Siendo esta una tipología adecuada para referenciarse en el desarrollo del experimen-

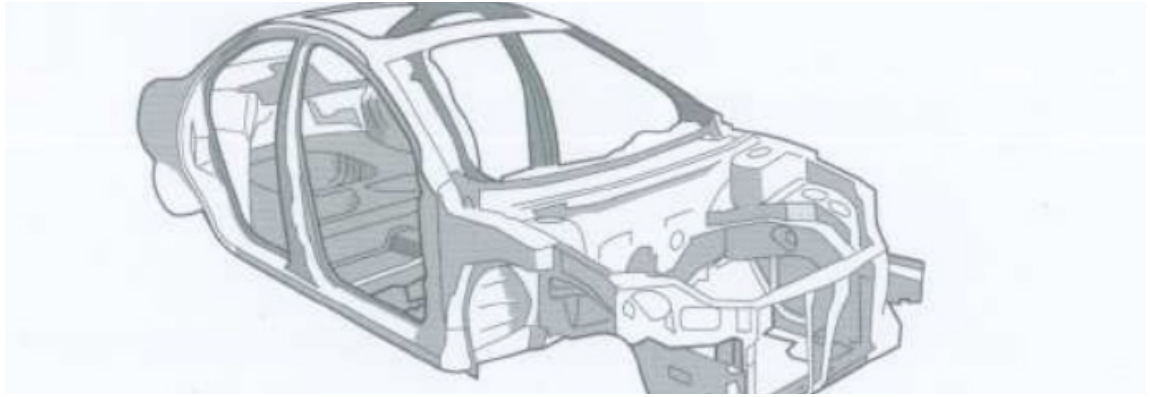


Imagen 3. Monocasco, Fuente: H-POINT, Autor: Stuart Macey y Groff Wardle (Wardle, 2009)

to, ya que el formato del material que demanda, planchas o placas, que para efectos del presente proyecto y en respuesta a los requerimientos del encargo son de acero, y se encuentra dentro del espectro del comercio local.

Como se menciona anteriormente, la tipología es rentable en masa, ya que los procesos de producción aludidos son estandarizados e industrializados, asumiendo que la producción de un solo ejemplar ha de ser costoso en lo que concierne a sus procesos, como por ejemplo el estampado en acero, detectando una oportunidad en el desarrollo de alternativas constructivas unitarias que respondan a las características generales de esta tipología, que son el enfoque en la eficiencia y rentabilidad de producción, además de la facilidad de reproducción del objeto mismo, siendo este último una prestancia clave del diseño industrial.

Bastidor

Este tipo de construcción se utiliza a menudo en las camionetas y camiones, ayuda a soportar cargas pesadas y a conducir por terrenos accidentados. El tren de tracción, la suspensión y el cuerpo principal del vehículo se montan todos por separado a un bastidor de alta resistencia. Un incon-

veniente de este tipo de estructura es el aumento considerable del peso, y la poca rigidez torsional, cosa que es importante para una buena maniobrabilidad.(Wardle, 2009)

Malla espacial

Las estructuras espaciales se utilizan normalmente para coches de alto rendimiento y de bajo volumen de producción, donde la alta rigidez, el peso y la baja inversión de utillaje son de suma importancia. La estructura espacial actúa como el “esqueleto” de los componentes mecánicos que están unidos a los paneles exteriores, parecidos a una piel. Una malla espacial puede ser construida a partir de una variedad o combinación de materiales, tales como tubos de acero, perfiles de aluminio o materiales compuestos de plástico.(Wardle, 2009)

Esta tipología estructural también son llamadas “mallas espaciales” y se les define como *estructuras trianguladas, como un mecano, por el ensamblaje de barras a tracción y a compresión*(J.E.Gordon, 2004), siendo una referencia para el desarrollo del presente proyecto, por las demandas de alta rigidez y de optimización del peso, aspectos resultantes de su configuración espacial, utilizando a favor el principio estructural

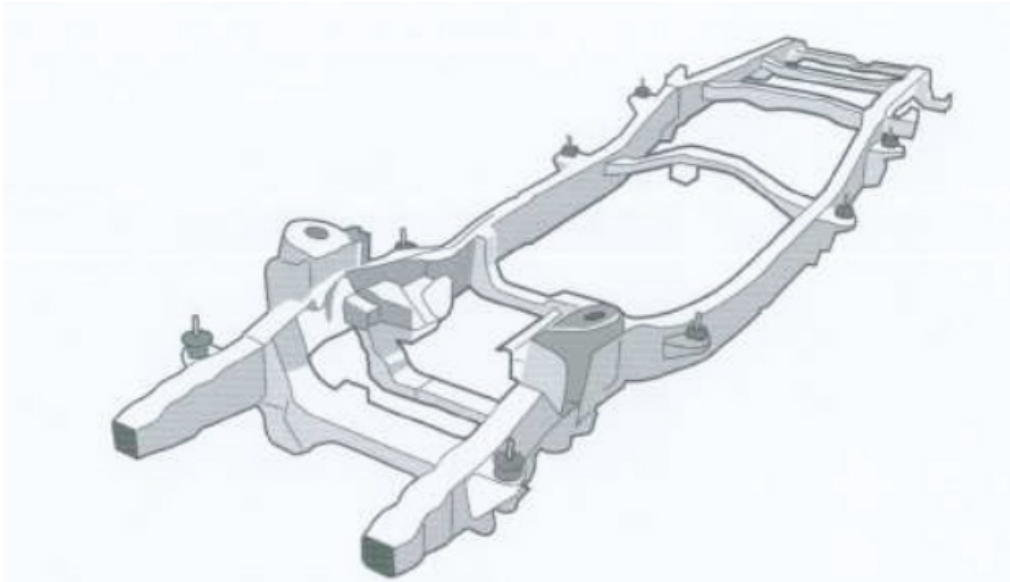


Imagen 4. Bastidor, Fuente: H-POINT, Autor: Stuart Macey y Geoff Wardle (Wardle, 2009)

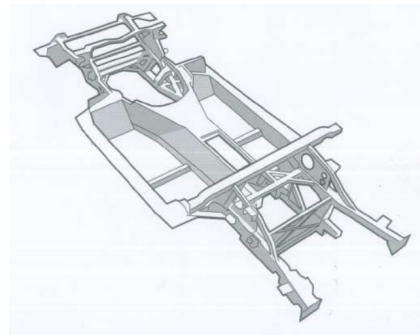
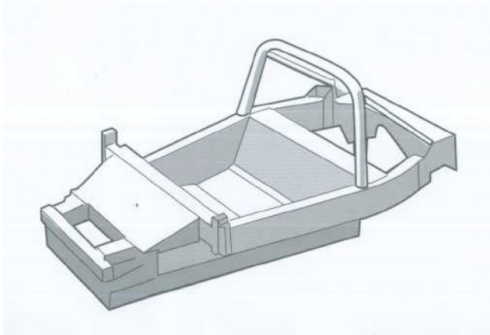


Imagen 5. Space frame, Fuente: H-POINT, Autor: Stuart Macey y Geoff Wardle (Wardle, 2009)

de la indeformabilidad del triángulo.

El peso de la estructura es un aspecto importante a considerar, ya que la característica principal del vehículo a desarrollar es su funcionamiento de tracción humana, además de la instancia de carrera en la que se inserta el presente proyecto, la demanda de la energía del cuerpo para mover el vehículo debe ser optimizada a través de la reducción del mayor peso posible de la estructura, de forma que el vehículo sea ligero, por lo tanto más fácil de pedalear.

Sin embargo, *las mallas espaciales están cubiertas por algún tipo de revestimiento continuo que en realidad prácticamente no soporta cargas* (J.E.Gordon, 2004), dando cuenta de que existe

un elemento en el vehículo que no tiene ningún aporte estructural, sino más bien tiene prestaciones aerodinámicas, este aspecto sería prescindible si quisiéramos que el viento solo pase a través de la estructura.



Imagen 6. Trabajo en equipo, laboratorio Protean. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 7. Protean 3 en carrera. Fuente: Elaboración propia.

PLATAFORMA ACADÉMICA.

Protean es un proyecto académico que pertenece a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, el cual se compone por académicos y estudiantes. En este proyecto se desarrolla un modelo pedagógico de investigación-acción, el cual permite evidenciar el desarrollo y resultados en forma dinámica, retroalimentando el conocimiento a través de la experiencia de cada miembro que pasa por el proyecto.

Este proyecto busca poner a prueba los conocimientos y capacidades de manera concreta a los estudiantes y académicos, conformando equipos de trabajo junto a otras disciplinas, y así poder desarrollar habilidades para el buen manejo de las relaciones humanas y estar preparado para trabajar de manera continua en el tiempo.

Reseña

Este proyecto nace el 2012 por la iniciativa de un grupo de estudiantes de la escuela de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, para desarrollar un vehículo híbrido electro-solar, el cual culmina en la puesta a prueba del prototipo en la carrera solar de atacama. De esta forma se instala la creación del equipo Protean, que considera la instancia de la carrera como una oportunidad para generar investigación

en temáticas de materiales y procesos.

La estructura principal del primer vehículo fue desarrollada con varas de coligue reforzado con cabos de fibra de carbono, y su carenado estaba hecho de un material compuesto, laminación de fibra de yute con resina epóxica, siendo estas dos tecnologías generadas dentro del proyecto.

El 2013 se presenta la oportunidad de participar en Desafío Cero, una competencia de vehículos híbridos unipersonales como propuesta para el transporte en la ciudad, generando la iniciativa para desarrollar otro vehículo. Dicho desarrollo fue llevado a cabo por académicos y estudiantes de taller de 4^a semestre y fue nombrado Protean 2.

La conformación del prototipo fue a través de un monocasco hecho de una laminación de fibra de yute con resina epóxica, con un alma de madera de balsa, tecnología desarrollada dentro del proyecto.

Y para una tercera instancia de participación en carrera, se desarrolla Protean 3, que corresponde a la evolución del segundo prototipo, para lo cual se modificó el modelo, con el fin de que su funcionamiento se adapte a los requerimientos de la carrera solar de atacama 2014.



Imagen 8. Protean 1, Fuente: Emol. tecnología, Autor: Juan Pablo Martínez (Martínez, 2012)

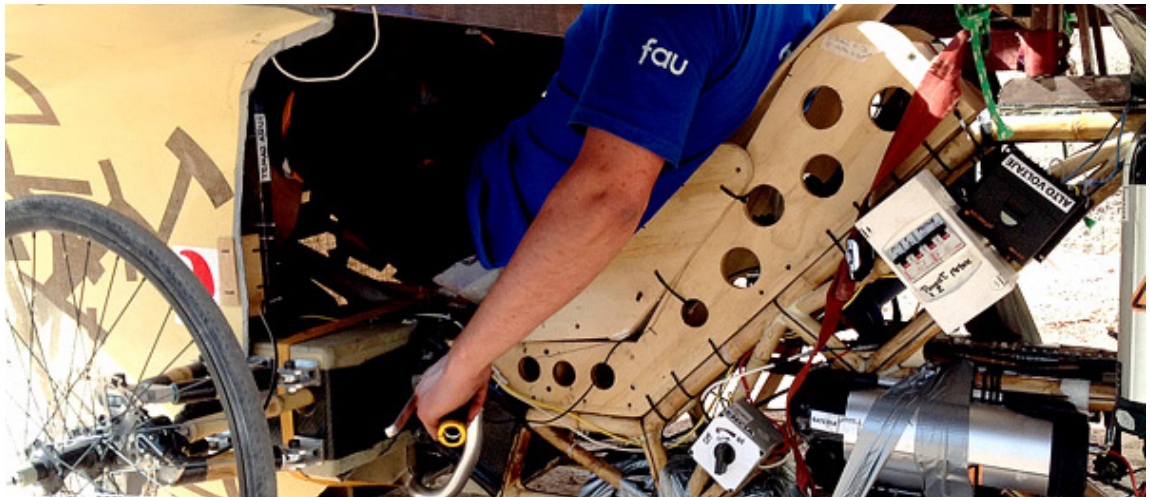


Imagen 9. Estructura Protean 1, Fuente: Emol. Tecnología, Autor: Juan Pablo Martínez (Martínez, 2012)

En esta etapa, cabe mencionar que el proyecto se instala formalmente como un espacio académico en donde la participación de los estudiantes en el proceso de diseño del vehículo toma un carácter primordial, con el propósito de hacer escuela en el desarrollo del vehículo mediante investigación aplicada.

Vehículos escuela

Generar aprendizaje a través del trabajo en equipo, generar una visión compartida y pensar de manera sistémica, son los objetivos que impulsan el desarrollo de aparatos complejos, ya que teniendo el espacio físico se considera oportuno considerarlo como punto de acopio de material

académico, pudiendo transferir el conocimiento a través de los mismos objetos, teniendo los prototipos alfa de cada vehículo desarrollado, es de esa forma que el proyecto suele considerarse como un vehículo escuela. Esta realidad constituye una oportunidad investigativa, ya que las disciplinas creativas requieren del hacer concreto para su comprobación, verificación y demostración.

Dentro de las habilidades adquiridas, se aspira a que los participantes puedan potenciar la confianza en sí mismos y en los demás, el tener preparación para enfrentar cualquier circunstancia y la disposición para enfrentar el cambio inmediato, la habilidad para solucionar problemas, la actitud de iniciativa, adecuada comunicación oral y escrita. De manera que puedan estar preparados



Imagen 10. Protean 2. Fuente: Elaboración propia



Imagen 11. Protean 3, Fuente: Elaboración propia

para trabajar de manera continua en el tiempo.

Finalmente se busca nutrir el proyecto Protean con investigaciones personales de estudiantes, con la orientación de sus respectivos guías, además de presentar instancias de desarrollo profesional. A continuación se presentan los aportes académicos de los estudiantes que han estado en el proyecto:

Proyectos de título:

- Protean, encapsulamiento fotovoltaico
- Protean, chasis y transferencia tecnológica
- Desarrollo de carenado y panelería estructural

-Modelo para diseñar un habitáculo cómodo para velomóvil

-Encapsulado de módulos en formatos variables

-Desarrollo de pieles con doble curvatura en madera

Otros:

- 10 investigaciones bases de memoria
- 3 proyectos de taller de 6ª semestre
- 2 prácticas profesionales

Levantamiento de recursos

El levantamiento de recursos alude a la obtención de bienes para el funcionamiento general de las actividades del proyecto, dicha ocupación está a cargo de la administración del proyecto, y está dada por dos aristas formales de obtención:

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile: La primera consta con una cantidad de recursos destinada desde decanato de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, incluyendo al proyecto Protean dentro del presupuesto anual de la misma, con la intención de crear una base financiera que rompa la inercia de las actividades del proyecto.

Auspiciadores y Patrocinadores: La segunda trata de la obtención de recursos por medio de auspiciadores y patrocinadores, siendo entidades públicas y/o privadas que aporten al proyecto directa o indirectamente, su aporte no necesariamente tiene que estar involucrada el desembolso de recursos económicos por parte de la institución que entrega el apoyo, sino que el aporte puede también traducirse en otros bienes como materiales, insumos, herramientas, movilización, vestimenta, componentes, y/o cualquier ayuda que se relacione con el proyecto en cuestión.

Carrera solar de atacama

La carrera Solar de Atacama es la única competencia de vehículos solares de Latinoamérica, que propone una travesía de 2300 km a través del desierto de Atacama, el desierto más árido del planeta. Convocando a equipos de todo el mundo, provenientes de Universidades, Colegios Técnicos y el sector privado a generar innovación e investigación en tecnologías fotovoltaicas, aportar al desarrollo de la movilidad eléctrica y a la formación de emprendedores conscientes sobre la importancia de las energías renovables como impulsoras de una sociedad más sustentable. (Atacama, 2015)

En el 2014, esta competencia chilena pasó a formar parte de la International SolarCar Federation (ISF) que reúne a las carreras más importantes de todo el mundo.

Recorrido

El recorrido de la Carrera Solar Atacama se concentra entre las regiones de Tarapacá y de Antofagasta, pasando por las ciudades de Iquique, Antofagasta, Calama, San Pedro de Atacama, Taconao, Tocopilla y Pozo Almonte.

De esta forma, la carrera abarca el corazón del Desierto de Atacama, cubriendo todos sus es-

narios en cinco días de competencia y dos jornadas libres.

Categoría en cuestión

Híbrido: Esta categoría, única en el mundo, integra vehículos híbridos que ocupan tanto energía eléctrica como tracción humana para propulsarse. Apunta a desarrollar vehículos amigables con el medio ambiente a relativamente bajo costo, ampliando la participación en Carrera Solar Atacama a equipos con financiamiento limitado. A diferencia de la categoría Evolución, estos vehículos cuentan con pedales y para la carrera del presente año 2016 no tienen celdas solares incorporadas, sino que cuentan con una estación de carga solar externa. Siendo esta categoría en la cual se inserta el proyecto Protean. (Atacama, 2015)

Vehículo Ackiu

El enfoque de esta tipología de vehículos por parte del equipo, es entendiendo la hibridez como un producto de elementos de distinta naturaleza, y son la mezcla de los aspectos de un automóvil y una bicicleta, dadas las características de seguridad que se requiere, la posición recumbente del piloto es similar a la de un pasajero de automóvil, sin embargo, la base de su funcionamiento tiene más similitud a la de una bicicleta.

Requerimientos técnicos para vehículos híbridos

El reglamento de la Carrera Solar de Atacama se divide en dos partes, bases generales y bases técnicas. Las primeras se enfocan básicamente a la dinámica del equipo en carrera, las etapas del evento, características del piloto, los lugares de alojamiento, recorrido, condiciones viales, etc. Y las segundas se centran en los aspectos técnicos del vehículo y su funcionamiento, por ejemplo la inclinación del piloto, la cantidad de ruedas, medidas del vehículo a respetar, el tipo de energía a utilizar, la visión del piloto, etc.

Dimensiones generales del vehículo

-El vehículo debe contar con un ancho de trocha mínimo de 1,2 [m] y máximo de 1,6 [m]. La distancia mínima entre ejes debe ser de 1,5 [m]. Se entiende por ancho de trocha la distancia entre los centros de los neumáticos de las ruedas de un mismo eje. (Atacama, 2015)

-El vehículo en movimiento no puede medir más de 3,5 [m] de largo y 2,0 [m] de ancho. Si el vehículo presenta una o más estructuras móviles, excluyendo las ruedas, estas no pueden exceder las dimensiones máximas. (Atacama, 2015)

Seguridad y especificaciones técnicas de barras antivuelco

-Se debe velar por una estrategia de diseño que presente un chasis y fuselaje que brinden espacio adecuado para el ocupante en el habitáculo mientras conduce y está detenido. Se deben asegurar todos los componentes del vehículo a su estructura, de forma de evitar que ingresen al habitáculo en caso de colisión o volcamiento, pudiendo así lastimar al ocupante.(Atacama, 2015)

-El vehículo deberá estar equipado con barras antivuelco para prevenir el daño directo a la cabina del ocupante y deformaciones graves en caso de colisión o volcamiento. Las barras primaria y secundaria constituyen el elemento básico de la estructura antivuelco del vehículo. Deben estar hechas de tubos metálicos de suficiente resistencia a la tracción como para proteger al ocupante de una fuerza de 4 veces el peso del vehículo. La estructura debe estar atornillada, soldada o estructuralmente incorporada al chasis del vehículo. (Atacama, 2015)

El piloto como corazón del vehículo

Para el estudio de la configuración del vehículo, un equipo del departamento de quinesiología de la Universidad de Chile, realizó un estudio de la postura del piloto en posición recumbente, estu-

diando los ángulos de confort para la eficiencia del pedaleo. Dando como resultado los datos que se muestran en la ilustración 23.

Configuración de vehículo Ackiu

Considerando la alteración de las bases técnicas de la carrera, y especificando que los vehículos híbridos a participar pasaran de ser vehículos electro-solares a ser solo vehículos eléctricos, es que se decide tomar la oportunidad para diseñar y desarrollar un nuevo modelo.

Además, el vehículo anteriormente desarrollado presentaba una pérdida energética de un 50%, ya que la tracción humana estaba siendo transferida desde la parte delantera del piloto a la rueda trasera del vehículo.

En base a lo anterior se decide buscar solución a dicho problema de energía, poniendo en cuestionamiento la configuración del vehículo en proyección, fabricando un prototipo alfa con el objetivo de experimentar una propuesta de configuración nueva, siendo esta una relación de dos ruedas de tracción ubicadas en el plano axial del piloto, y dos ruedas asistenciales de apoyo en ambas zonas laterales, considerando que las bases técnicas estipulan que el vehículo debe poseer al menos tres ruedas de apoyo.(Atacama, 2015)

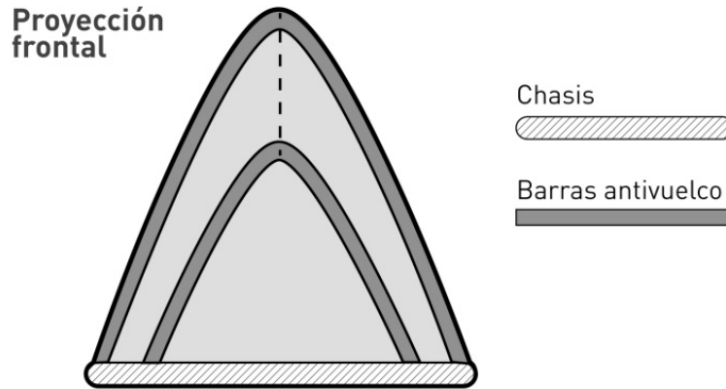


Ilustración 20. Proyección frontal barras antivuelco, Fuente: Bases técnicas híbridos, Autor: Ruta solar (Atacama, 2015)

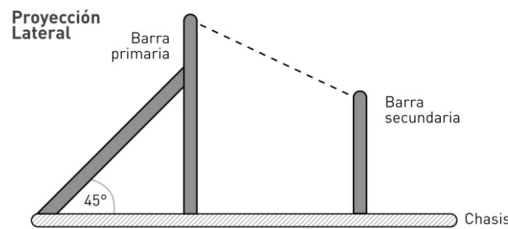


Ilustración 21. Proyección lateral barras antivuelco, Fuente: Bases técnicas híbridos, Autor: Ruta solar (Atacama, 2015)

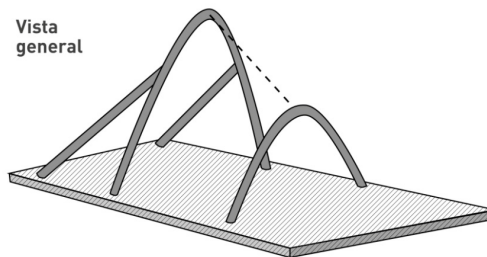


Ilustración 22. Vista en perspectiva disposición barras antivuelco, Fuente: Bases técnicas híbridos, Autor: Ruta solar (Atacama, 2015)

Sistema de tracción biomecánica; Se escogió el sistema de cadena de transmisión, con la finalidad de utilizar componentes estándar de bicicleta, por lo tanto el fácil acceso de los repuestos involucrados, además de presentar un espectro de soluciones y calidades.

Por tanto, se dio énfasis en las posibles soluciones de la amortiguación del sistema, con la función principal de regular el rebote del componente de tal manera que este regrese a su posición inicial lentamente, impidiendo así que sacudidas y golpes repentinos sean transmitidos al armazón del vehículo, a su ocupante y carga. (A., 1971)

Sistema de dirección trasera; Como solución unánime de equipo, se decide albergar el sistema de dirección trasera al chasis a través de un tubo de dirección de bicicleta, que al igual que el sistema anterior, se optó por utilizar componentes estándar de bicicleta.

El desarrollo del sistema de dirección trasera, la horquilla soportante de la rueda motor y su misma suspensión, están dados por los estudios realizados por el equipo mecánico del proyecto.

Sistema de mandos; Para abordar este aspecto se implementó un sistema de control del vehículo para el piloto, a través de un manubrio, el cual

se sujeta en una T de dirección estándar de bicicleta ubicada en las entrepiernas del piloto, el cual a su vez transfiere el movimiento a la rueda trasera por la parte inferior del vehículo. Para lo cual se debe incorporar un sistema de inversión de giro para transferir el movimiento a la rueda trasera, integrando un segundo eje paralelo al eje de la T de dirección, denominando el eje de la T de dirección como eje motriz, y el paralelo como eje de inversión.

Sistema de ruedas asistenciales de apoyo; Para efecto de las pruebas realizadas en el prototipo alfa, en este sistema se utilizaron ruedas de bicicleta de 16", una para cada lado, además de testear el sistema de amortiguación de cada rueda mediante un shock de suspensión, amortiguación neumática/ hidráulica, teniendo un recorrido basculante inserto en un plano vertical inclinado a 52° de la horizontal imaginaria.

Proyección del sistema eléctrico; En este sistema se identificaron restricciones para la disposición espacial de los componentes eléctrico. En primer lugar está la rueda motor, que como decisión unánime, queda proyectada como la rueda trasera del vehículo, posteriormente está el sistema de

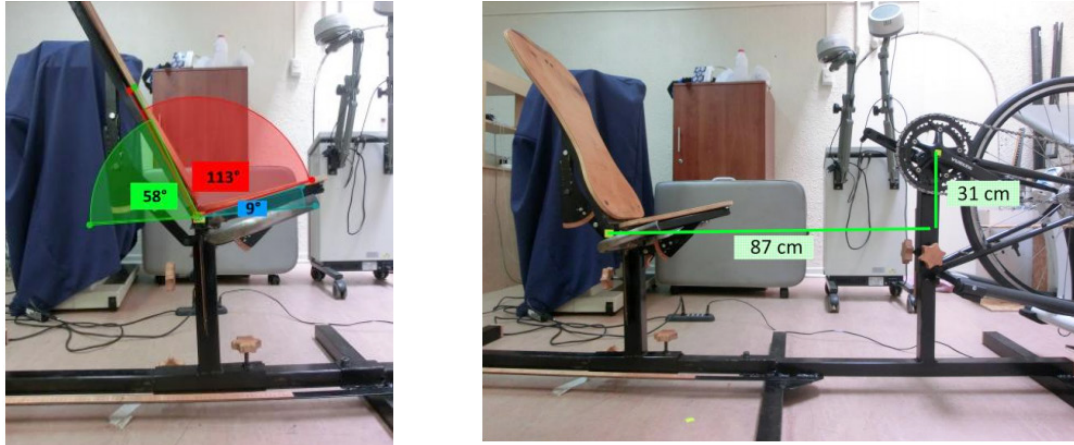


Imagen 12. Instrumento de medida ángulos y distancias de confort. Fuente: Elaboración propia. Autor: José Tomas Escala

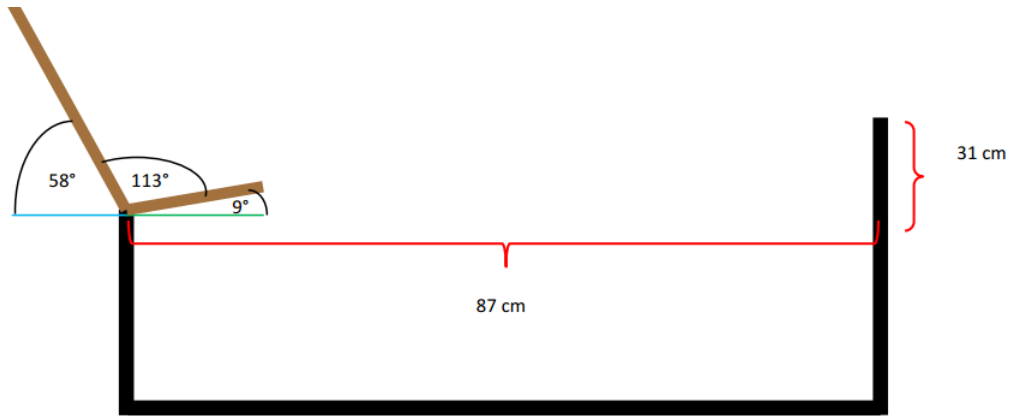


Ilustración 23. Esquema de ángulos y distancias. Fuente: Elaboración propia. Autor: José Tomas Escala



Imagen 13. Prototipo alfa Vehiculo Ackiu. Fuente: Elaboración propia. Autor: Jose Escala



Imagen 14. Dirección prototipo alfa. Fuente: Elaboración propia. Autor: José Escala



Imagen 15. Pruebas estáticas de prototipo alfa. Fuente: Elaboración propia. Autor: José Escala



Imagen 16. Tracción biomecánica delantera. Fuente: Elaboración propia. Autor: José Escala



Imagen 17. Análisis sistema de dirección. Fuente: Elaboración propia. Autor: José Escala

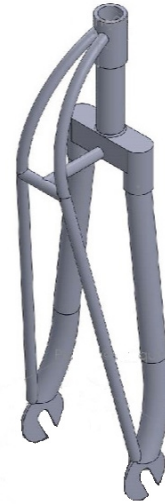


Imagen 18. Diseño horquilla trasera. Fuente: Elaboración propia.

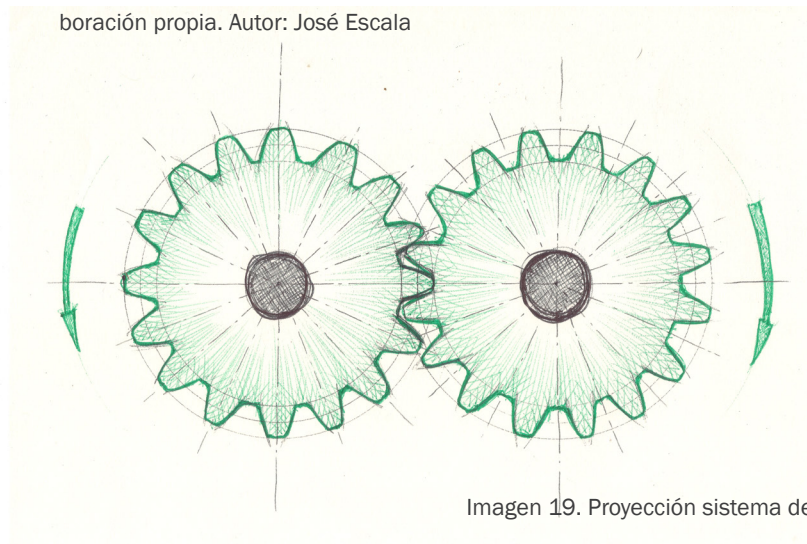
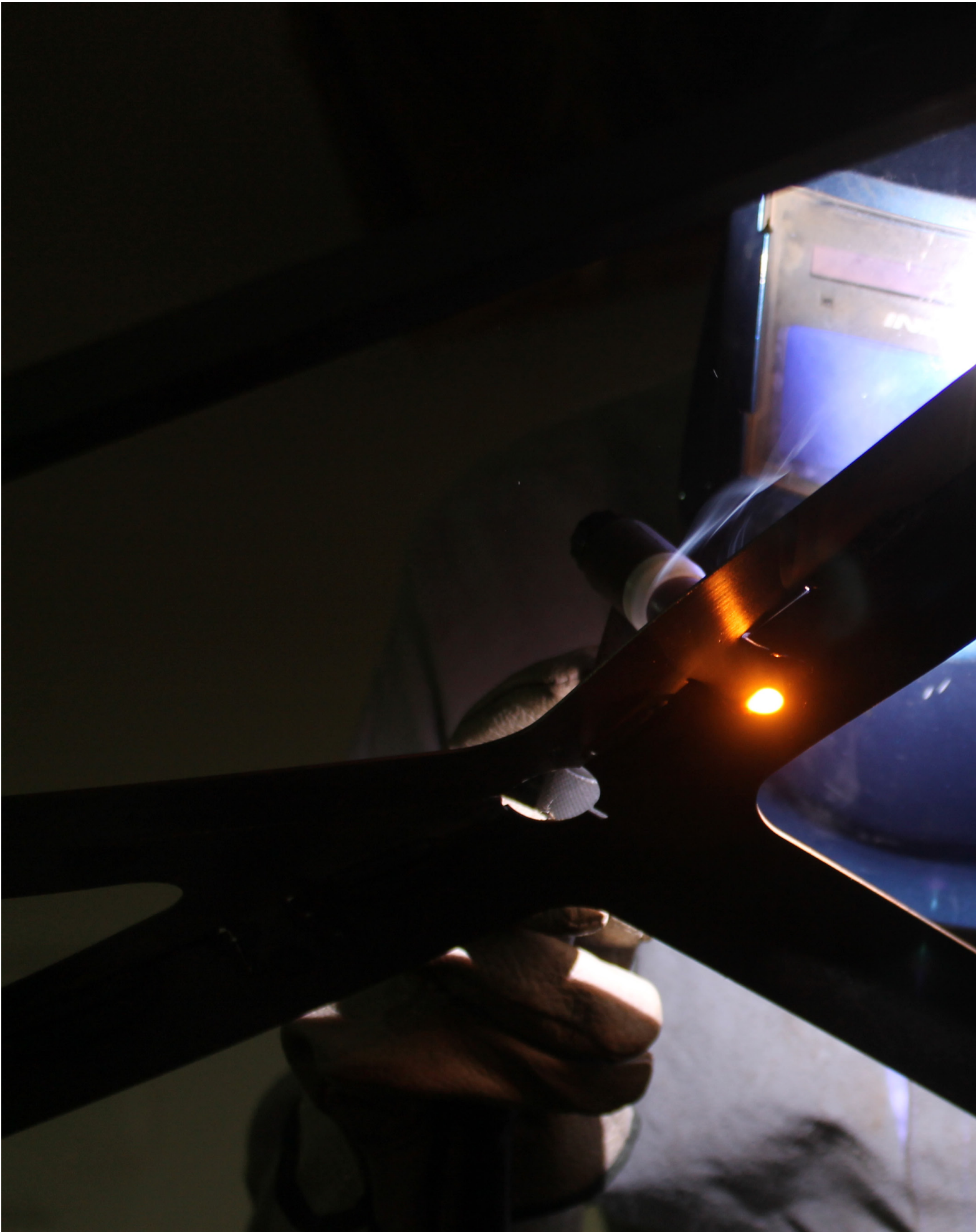


Imagen 19. Proyección sistema de dirección. Fuente: Elaboración propia

luminarias que se alberga en el carenado del vehículo, como tercero está el acelerador, que va situado en los mandos de control. Y por último esta la batería, que al tener el peso de 15kg presenta una variable importante en la estabilidad del vehículo, decidiendo posicionarla horizontalmente para que su centro de masa quede lo más cerca posible del suelo, aportando a la estabilidad y control del vehículo.

De esta forma, para los componentes restantes del sistema eléctrico, teniendo estos un reducido tamaño, se propone que sean albergados en un panel eléctrico, de manera que al acceder para la mantención del sistema estén todos los componentes agrupados, optimizando el tiempo en instancias de carrera.





DESARROLLO DE PROYECTO

Explicación detallada del proceso de la investigación.

DESARROLLO DE PROYECTO

Explicación detallada del proceso de la investigación.

DESARROLLO DE PROYECTO.

...”La experimentación es una parte natural del proceso de diseño.”...

(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

rando que la sexta alude al inicio de producción definitiva de un producto, la cual no es abordada por el presente proyecto, teniendo en cuenta que el experimento es una pieza única y de carácter académico.

Diseño del experimento

Para efectos de la experimentación, y en virtud de abordar el proyecto de una manera controlada, se decide enmarcar el diseño del experimento en un proceso genérico de desarrollo extraído de los autores Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger en la quinta edición de su libro Diseño y desarrollo de productos, contando de una secuencia de pasos útiles para el aseguramiento de la calidad, la coordinación, la planeación, administración y mejoras del proyecto. (Diseño y desarrollo de productos, Ulrich y Eppinger)

Dicho proceso genérico consta de seis fases, graficadas en la ilustración 24, de las cuales solo se abordara hasta la quinta etapa, conside-

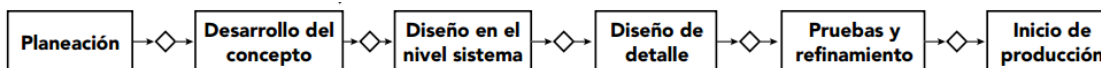


Ilustración 24. Esquema proceso genérico de desarrollo de productos. Fuente: Diseño y desarrollo de productos. Autor: Karl T Ulrich y Steven D Eppinger (Eppinger, 2013)

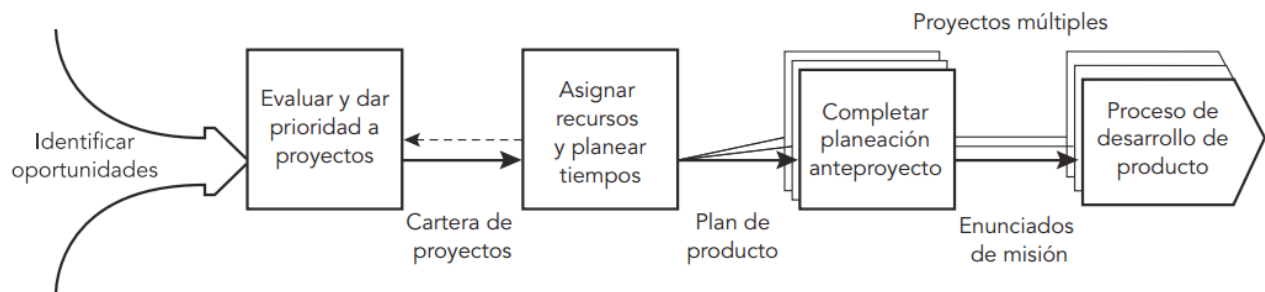


Ilustración 25. Esquema Planeación del producto. Fuente: Diseño y desarrollo de productos. Autor: K T Ulrich y Steven Eppinger. (Eppinger, 2013)

PLANEACIÓN DEL PRODUCTO.

En esta etapa del proceso de planeación del producto se identifica el objeto a desarrollar, que para efectos del presente proyecto es la carrocería de un vehículo híbrido, además se hace una aproximación de las tecnologías a utilizar para la producción del mismo.

Finalmente como entregable de la etapa se obtiene una declaración de la misión, que precede al proyecto, y está en relación con el encargo, enmarcándose en sus requerimientos. En el siguiente cuadro se muestra como Ulrich y Eppinger abordan el proceso de planeación de un producto;

Identificar oportunidades

Entendiendo oportunidad como “una correspondencia inicial entre una necesidad y una posible solución” (Eppinger, 2013), y considerando el carácter académico del proyecto, es que se reconoció la instancia de poder generar una exploración de un sistema de construcción a través de la fabricación de la carrocería en cuestión, que permitiera dar respuesta a la necesidad de desarrollar el experimento en un tiempo reducido y con una capacidad productiva inserta en la austeridad del contexto universitario.

Es por esto que se aprovecha la instancia académica para la generación de conocimiento en el área de materiales y procesos industriales,

diseñando un sistema de ensamble en el que mediante una lógica secuencial de construcción, las partes y piezas puedan posicionarse entre sí, en virtud de la optimización de los costos y tiempos de fabricación.

Evaluar y dar prioridad

La estrategia competitiva abordada para el desarrollo del proyecto es de liderazgo tecnológico que se enfatiza en la investigación básica y el desarrollo de nuevas tecnologías así como la aplicación de estas tecnologías en el desarrollo de productos.(Eppinger, 2013)

Asignar recursos y planear tiempos

Asignación de recursos; El primer recurso a considerar es la infraestructura, ya que se cuenta con las instalaciones del taller Protean para la construcción del prototipo, disponiendo de máquinas y herramientas, además de los laboratorios de la facultad. Y por último una asignación monetaria del mismo proyecto para la compra de materiales y el consumo de procesos aludidos a la manufactura del prototipo.

Programación del proyecto; El factor principal para la programación del proyecto está condicionado por las fechas de carrera en la cual está inserto el proyecto de vehículo. Véase en más profundidad en el sub-capítulo Plan de trabajo.

Declaración de la misión:	Desarrollar una carrocería cuyo sistema de ensamble prescindiera de una matriz de armado, en el que mediante una lógica de construcción, las partes y piezas puedan posicionarse entre sí.
Descripción del producto:	<ul style="list-style-type: none"> > Contener al piloto en una posición de pedaleo recumbente > Almacenar todos los componentes elementales para el funcionamiento del vehículo > Para ser usado en un contexto de carrera
Propuesta de valor:	<ul style="list-style-type: none"> > Bajo costo de producción > No requiere de matricería > Armado manual
Suposiciones y restricciones	<ul style="list-style-type: none"> > Piezas procesadas con tecnologías CAD - CAM > Tecnología de unión por soldadura
Involucrados	<ul style="list-style-type: none"> > Operaciones de manufactura > Operaciones de servicio

DESARROLLO DE CONCEPTOS.

...“El bosquejar es una especie de discusión basada en imágenes con uno mismo o con los demás - una forma de anotar las ideas, la reordenación y mejorarlas. Solo en una etapa posterior se dimensiona el diseño, dibujado con precisión, y se codifican en una superficie paquete de moldeado”...

(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

La fase de desarrollo de concepto se divide en dos etapas, la primera alude a la generación de conceptos y la segunda a la selección del concepto a trabajar, para posteriormente seguir el plan de desarrollo.

En la actividad de generación de concepto se efectúa una descripción aproximada de las tecnologías a ocupar, que para efectos del presente proyecto están enmarcadas en los procesos del trabajo de los metales.

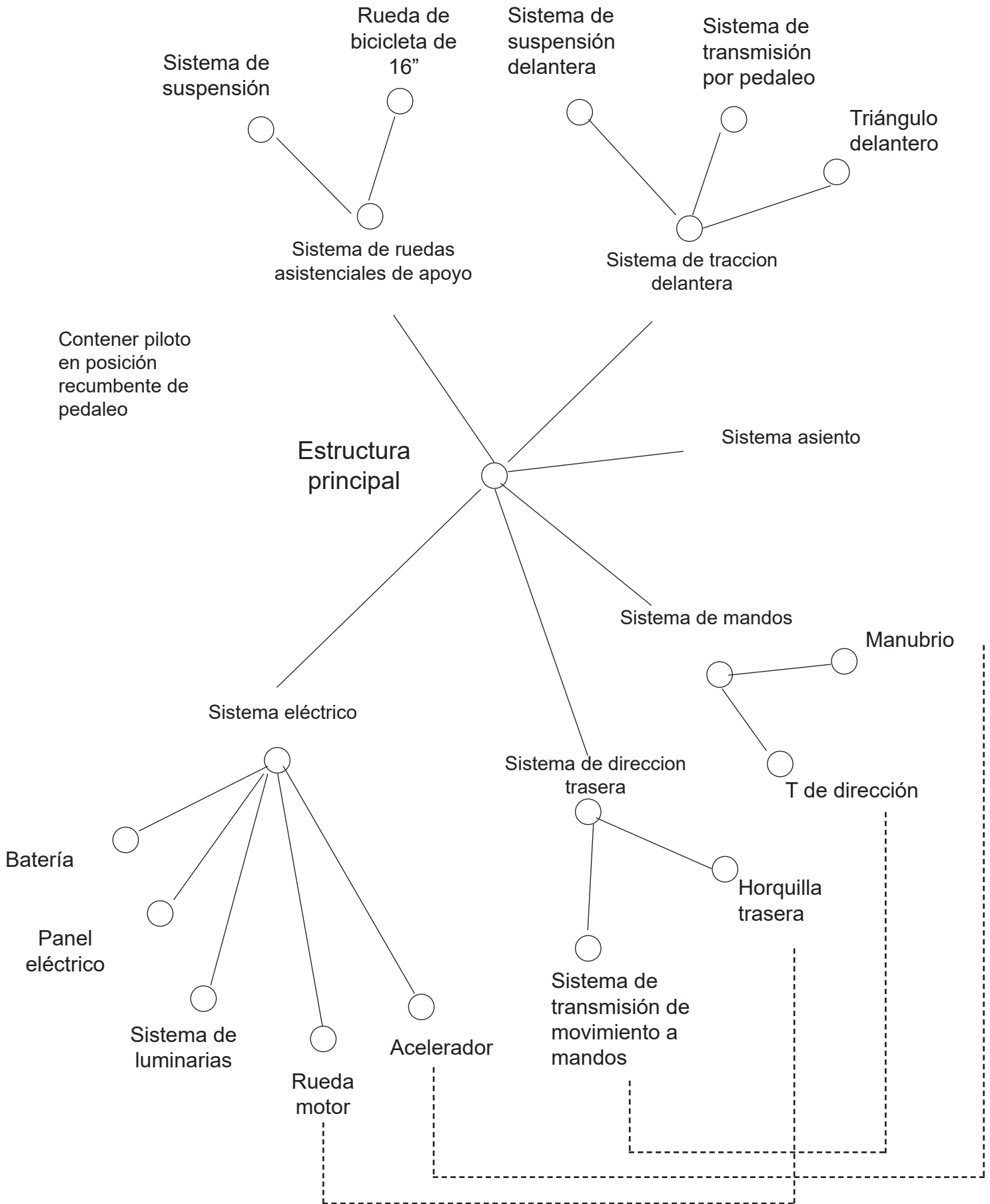
Y finalmente la etapa de selección del concepto, se enfrenta entendiéndola como el proceso para evaluar con respecto a las necesidades del proyecto, que se llevó a cabo realizando una comparativa de las fortalezas y debilidades de las posibilidades, para poder seleccionar uno o más conceptos a desarrollar.

Generación de conceptos

Aclarar el problema

La aclaración del problema está dado por el encargo que se traduce en componer la estructura principal del vehículo conteniendo al piloto y los componentes vitales para su funcionamiento, aspectos restringidos por el estudio de la configuración del vehículo en cuestión. (Véase en más profundidad en capítulo configuración Ackiu)

Al presentar la complejidad anterior se decide aplicar una descomposición del problema general en sub-problemas más sencillos de modo que estos se puedan solucionar de manera más enfocada y sistémica. Enfrentándose a ella desde los aspectos funcionales de la carrocería y desde la perspectiva de la manufactura de la misma.



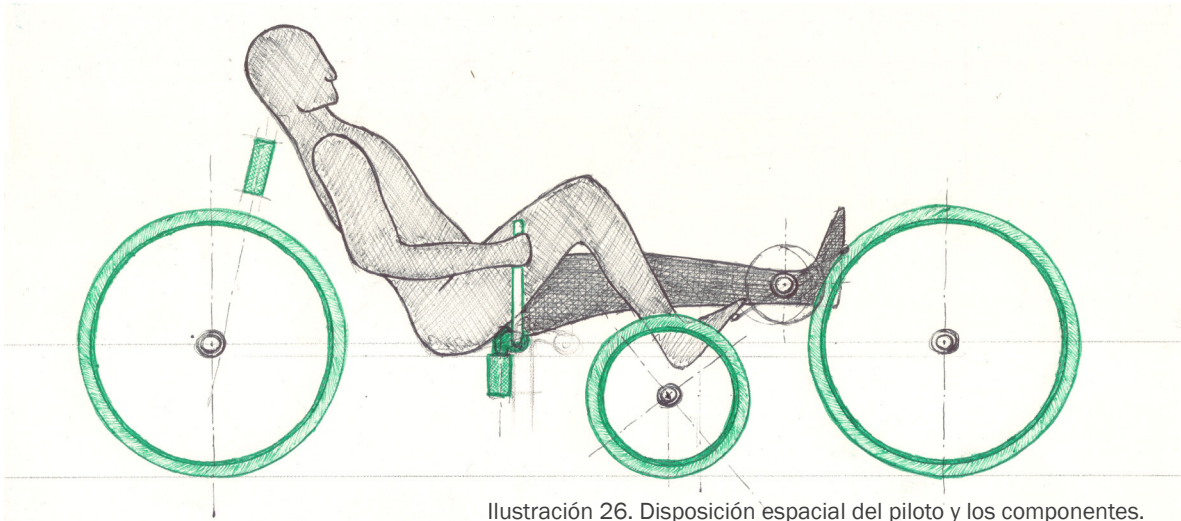


Ilustración 26. Disposición espacial del piloto y los componentes.

Fuente: Elaboración propia.

Descomposición del problema

Aspectos funcionales de la carrocería:

-Contención del piloto en posición recumbente de pedaleo; Este sub problema es uno de los de mayor importancia dentro del desarrollo de la carrocería, ya que tiene intrínseca relación con el usuario primario, siendo este el piloto como fuente energética biomecánica del vehículo.

-Sistema de tracción biomecánica delantera; Aunque este sub problema esta abordado por otro equipo de trabajo, tiene directa relación con el desarrollo de la carrocería al tener que ser albergado por el mismo, además de tener en cuenta los requisitos del sistema de pedaleo y la suspensión delantera.

-Sistema de mandos; Este sub problema también es desarrollado por otro equipo de trabajo, sin embargo tiene relación con el desarrollo de la estructura, ya que el sistema se alberga en la misma, permitiendo su funcionamiento.

-Sistema asiento; Al igual que los anteriores este sub problema está desarrollado por otro equipo de trabajo en proyecto de título, por lo cual se integra al desarrollo de la carrocería albergándose también en la mismo.

-Sistema de dirección trasera; Como los anteriores sub problemas, este también está desarrollado por otro equipo, el mecánico, y desemboca en una horquilla, la cual a su vez soporta la rueda motor del vehículo, por lo tanto se relaciona con el desarrollo de la carrocería en el cómo se incorpora en la estructura.

-Sistema eléctrico; Este sub problema esta abordado por el equipo eléctrico, que como resultado del diseño eléctrico del vehículo, dictamina los componentes eléctricos a soportarse en la estructura.

-Sistema de ruedas asistenciales de apoyo; El sub problema de las ruedas asistenciales de apoyo está restringido por el estudio antecedente de la configuración experimental del vehículo (véase en el cap. Configuración vehículo), entregando componentes a incorporar en la estructura con un comportamiento dinámico.

-Sistema antivuelco; Aludiendo a la seguridad del piloto en un eventual volcamiento, choque lateral o choque frontal, dicho sistema es uno de los requisitos impuestos por la organización de la carrera solar atacama para poder entrar en competencia.

Aspectos de manufactura de la carrocería:

Formato de material

En virtud de responder al requerimiento del encargo que especifica que la carrocería del vehículo debe ser en un metal ferroso para poder efectuar reparaciones en un contexto de carrera, a la vez responder a la capacidad productiva disponible, que para efectos del caso se cuenta con una máquina soldadora Compactweld de 20 a 100

amperes marca Indura (soldadura al arco), y por último, que la adquisición de materiales tenga que ser enmarcada en la oferta local de insumos que se decide considerar como posible formato del material a ocupar; la plancha de acero, la tubería de acero y la perfilera media de acero.

Tipología constructiva

En base al análisis de las tipologías estructurales de vehículos en los antecedentes del presente proyecto, se considera pertinente utilizar el principio estructural de mallas espaciales, ya que tiene una mejor solución a las demandas de alta rigidez y la optimización del peso, aspectos a considerar en el desarrollo de un vehículo propulsado por tracción humana.

Dicha mallas espaciales, también llamadas mallas reticulares se las puede considerar como un conjunto de barras articuladas entre sí que soportan cargas que pueden estar aplicadas en sus nudos(Feijóo, 2014), considerando que la barra, siendo un elemento estructural, se materializa como un sólido de forma prismática cuyas dimensiones transversales son pequeñas en relación a las longitudinales.

Buscar externamente

En esta etapa se busca información acerca de soluciones existentes enfocadas al problema general y los sub-problemas, para lo cual se efectuó un levantamiento de los referentes a utilizar para la proyección de la carrocería.

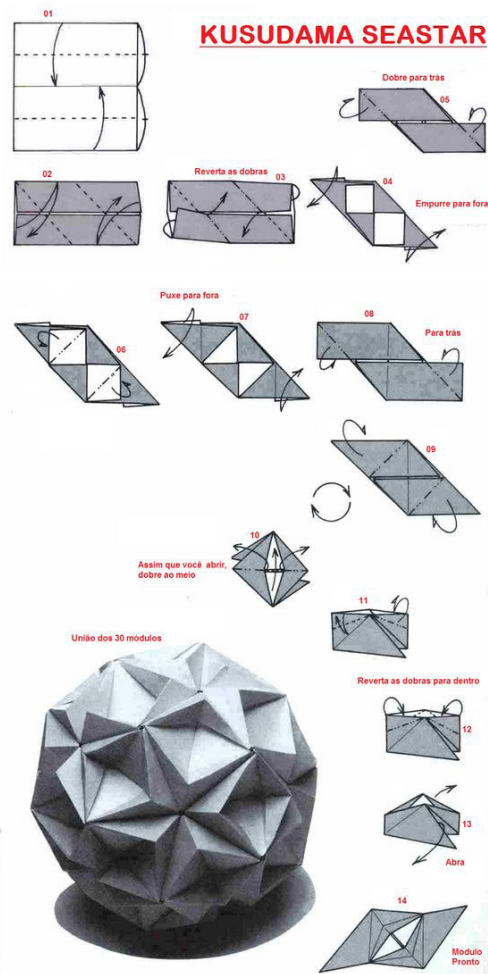


Imagen 20. Origami. Fuente: http://adobracya.blogspot.cl/p/blog-page_7503.html (adobracya)



Imagen 21. Silla papton. Fuente: <https://eltornilloquetefalta.net/2011/02/01/papton-una-silla-de-carton/> (Wearmouth)

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Origami:

También conocido como papiroflexia, es un arte de origen japonés que consiste en dar a un trozo de papel, doblándolo convenientemente, la forma de determinados seres u objetos, sin usar tijeras ni pegamento para obtener figuras de formas variadas, muchas de las cuales podrían considerarse como esculturas de papel. (Kasahara, 2004)

Origami en cartón:

Papton es una silla de cartón realizada a base de pliegues, creación del estudio Fuchs Funke, su peso total es de tan sólo 2kg y forma parte de la colección permanente de Hamburg MHG.



Imagen 22. Origami Industrial. Fuente:<http://dornob.com/metal-origami-flat-pack-sheets-form-super-strong-shapes/#ixzz2ZrLMeSaf&i> (Dornob)



Imagen 23. Orime mouse 2. Fuente: <http://www.thecoolist.com/faceted-design-10-crystalline-creations-of-future-design/orime-mouse-2/> (thecoolist, 2016)

Origami en metal:

La compañía Origami industrial utiliza el metal en complejas estructuras portantes, innovadores y de alta calidad, doblando planchas de metal forman accesorios sencillos y económicos. Ellos emplean una combinación de aluminio, acero y aleaciones híbridas en función de las exigencias de un proyecto en particular y las propiedades físicas requeridas.

Facetado:

En su acepción más general, el adjetivo se refiere a la forma de aquellos elementos *que se componen de varios planos*. Las diferencias en el uso dependen del elemento cuya forma se califique de facetada.

Imagen 25. Torre Eiffel. Fuente: <https://www.etsy.com/es/listing/162675143/humor-frances-instante-descargar-papel>



Imagen 24. Cúpula geodésica. Fuente: <http://www.arkigrafico.com/que-es-la-cupula-geodesica/> (Arquigrafico, 2016)



REFERENTES eSTRUCTURALES

Mallas espaciales

Las mallas espaciales son una tipología constructiva que consiste en un sistema estructural compuesto por elementos lineales unidos entre sí.

Este tipo de estructuras fue desarrollado por Alexander Graham Bell hacia 1900 y BuckminsterFuller hacia 1950. Primeramente creadas para la industria naval y aeroespacial, posteriormente se aplicó en arquitectura.

Eiffel

Alexandre Gustave Eiffel fue un ingeniero francés, su fama actual se debe a su proyecto estrella, la mundialmente conocida torre Eiffel, construida para la exposición universal de París de 1889. Y se considera como referente la manera en que aplicó el acero en las estructuras arquitectónicas.

Imagen 26. Chair_One_4Star Fuente: <http://www.disenoyarquitectura.net/2010/09/silla-one-de-konstantin-grcic.html>



Imagen 27. Sillón Power Nap. Fuente: <http://www.guiaparadecorar.com/12-sillones-de-dise-no-que-invitan-al-descan-so/>

REFERENTES VISUALES

Diseñador: KonstantinGrcic

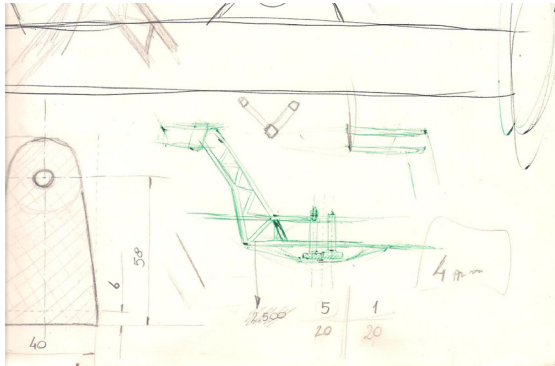
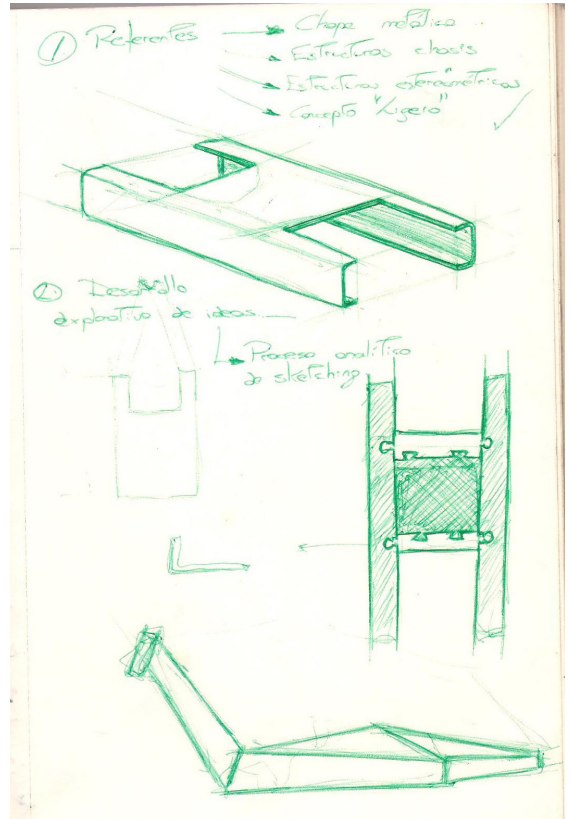
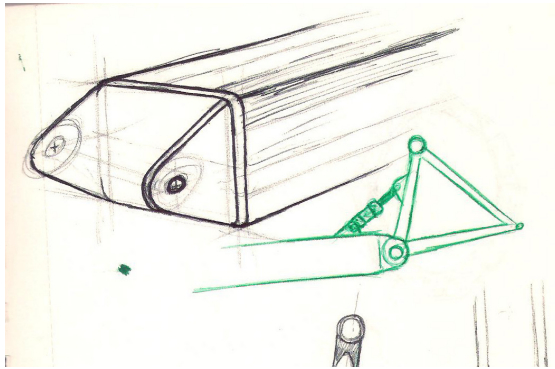
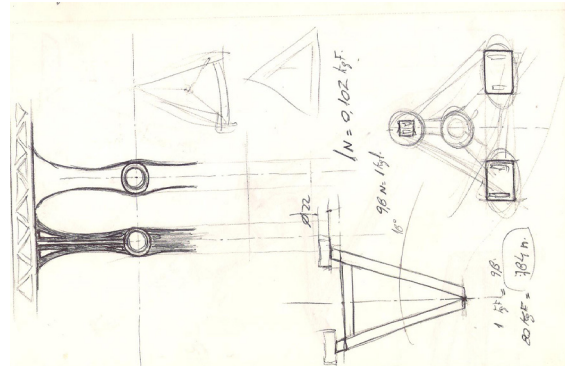
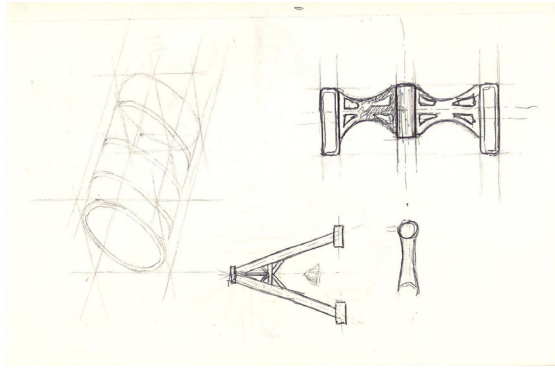
Año: 2004

Objeto: Chair_One_4Star

Diseñador: Ninna Helena Olsen,

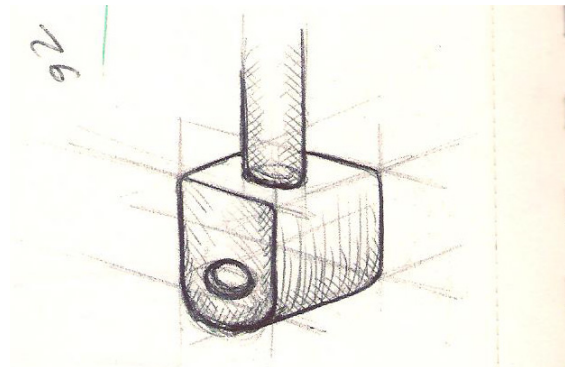
Año: 2004

Objeto: Sillonpower` nap



Buscar internamente

Esta etapa alude al uso del conocimiento personal en virtud de generar nuevos conceptos de solución y que para efectos de la presente investigación se efectuó mediante el uso de medios gráficos y físicos, como lo son los dibujos analíticos y prototipos de estudio;



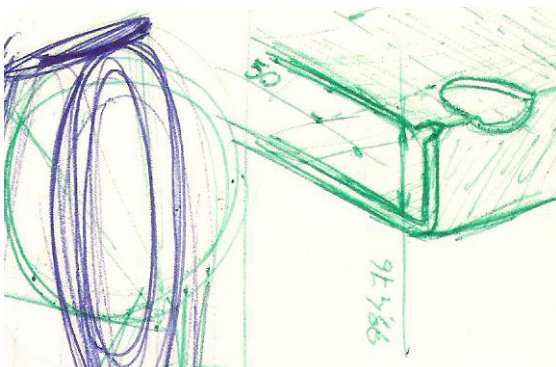
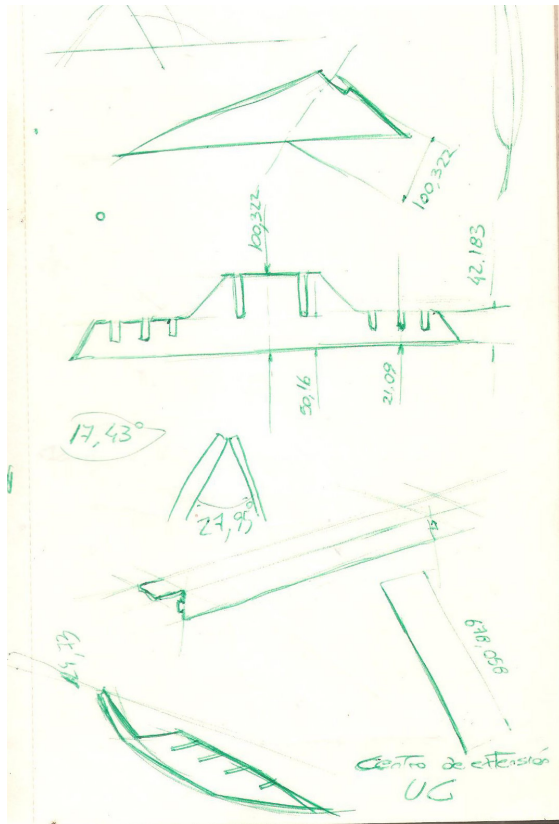
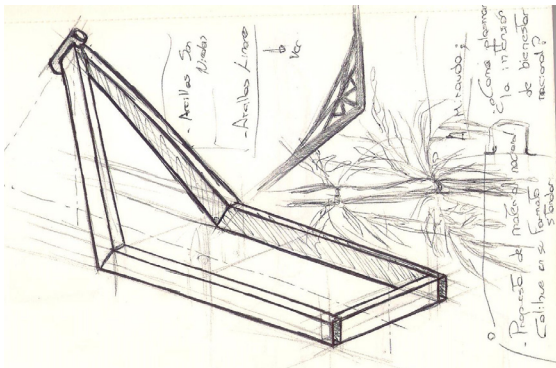
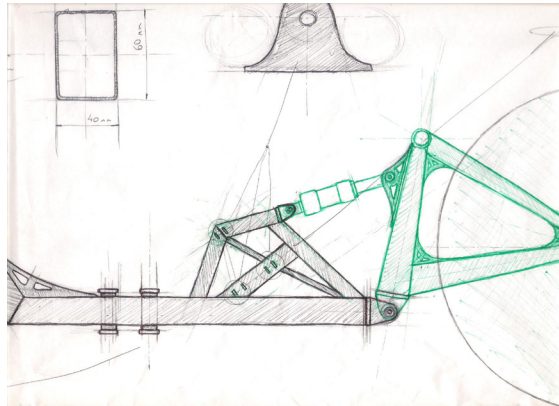
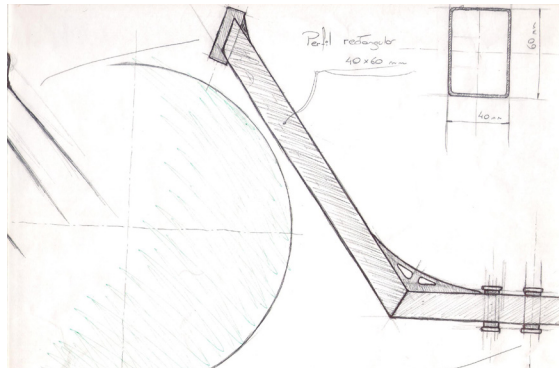
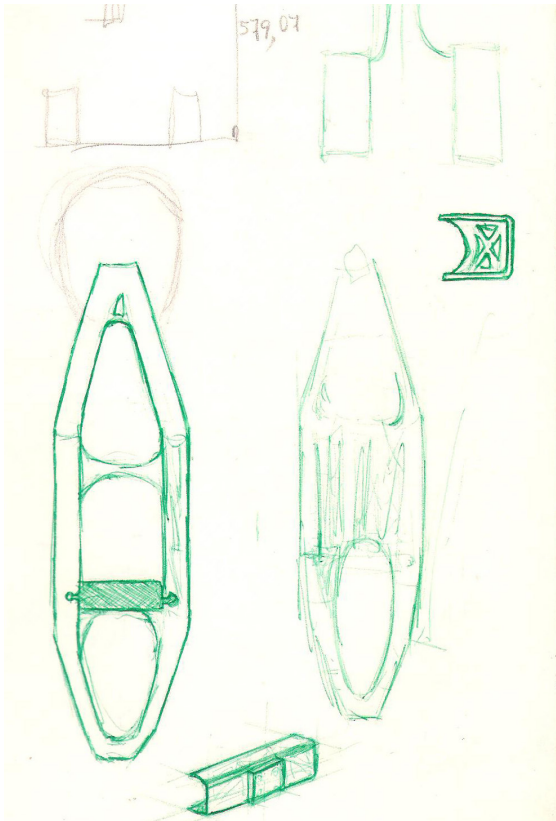
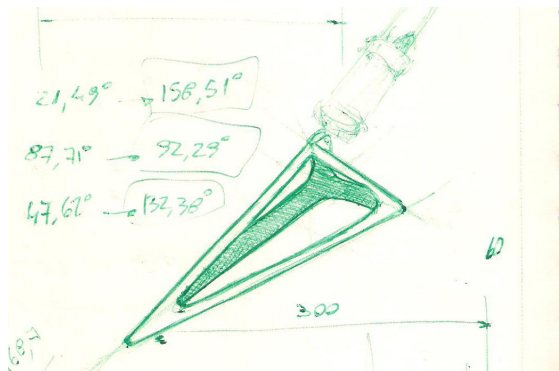
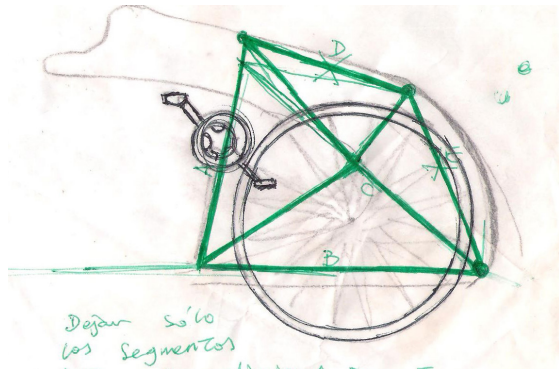
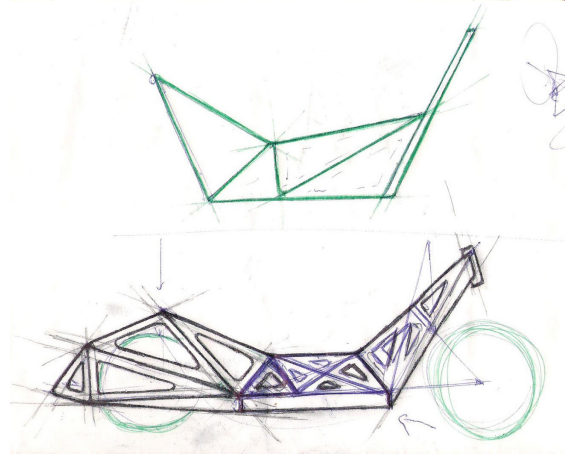
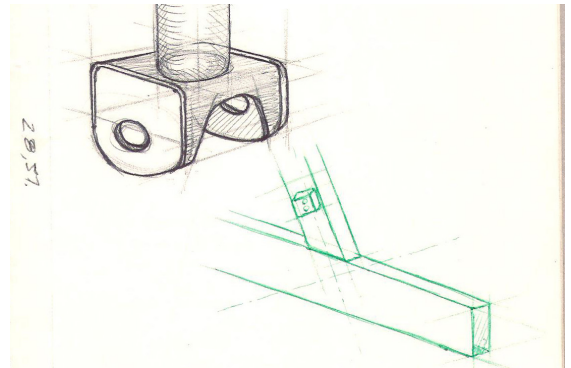
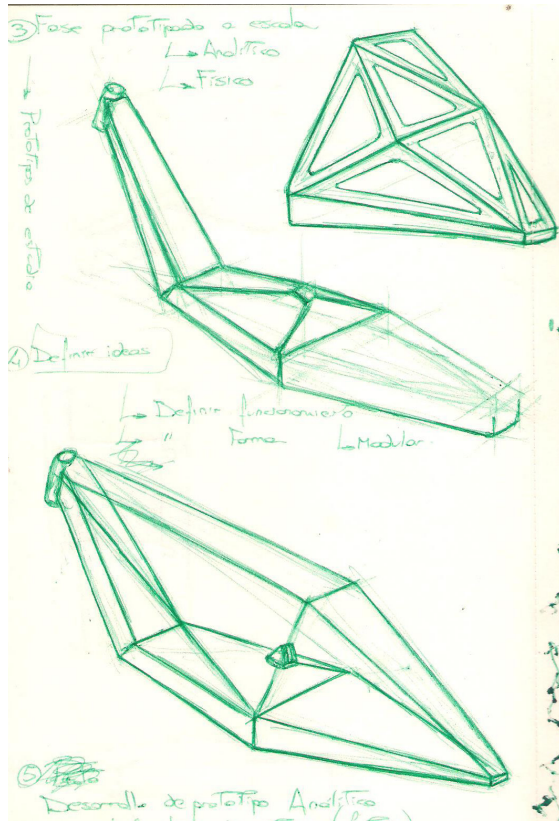


Imagen 28. Dibujos exploratorios. Fuente: Elaboración propia



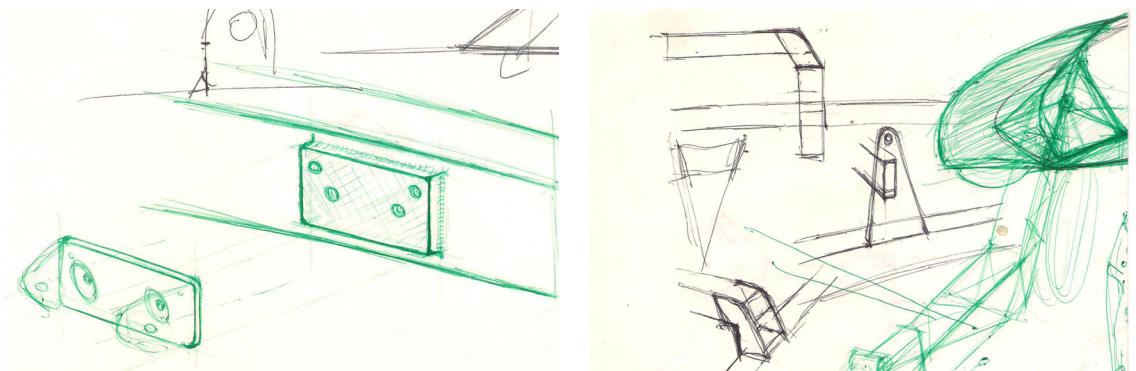
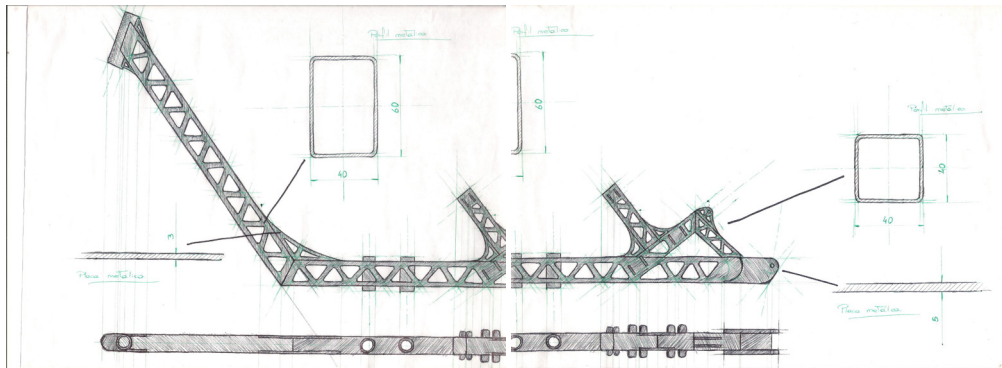
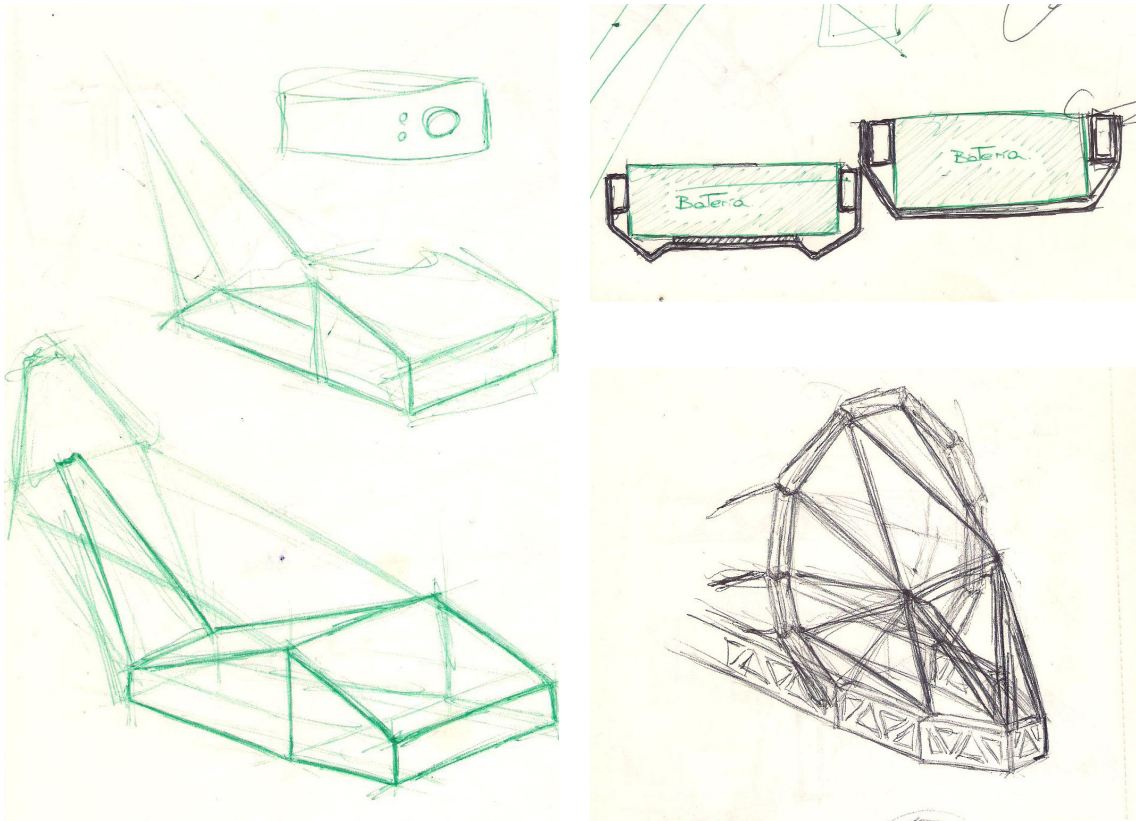


Imagen 29. Dibujos exploratorios. Fuente: Elaboración propia



Imagen 30. Exploración de la forma
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 31. Exploración de la forma
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 32. DEExploración de la forma.
Fuente: Elaboración propia.

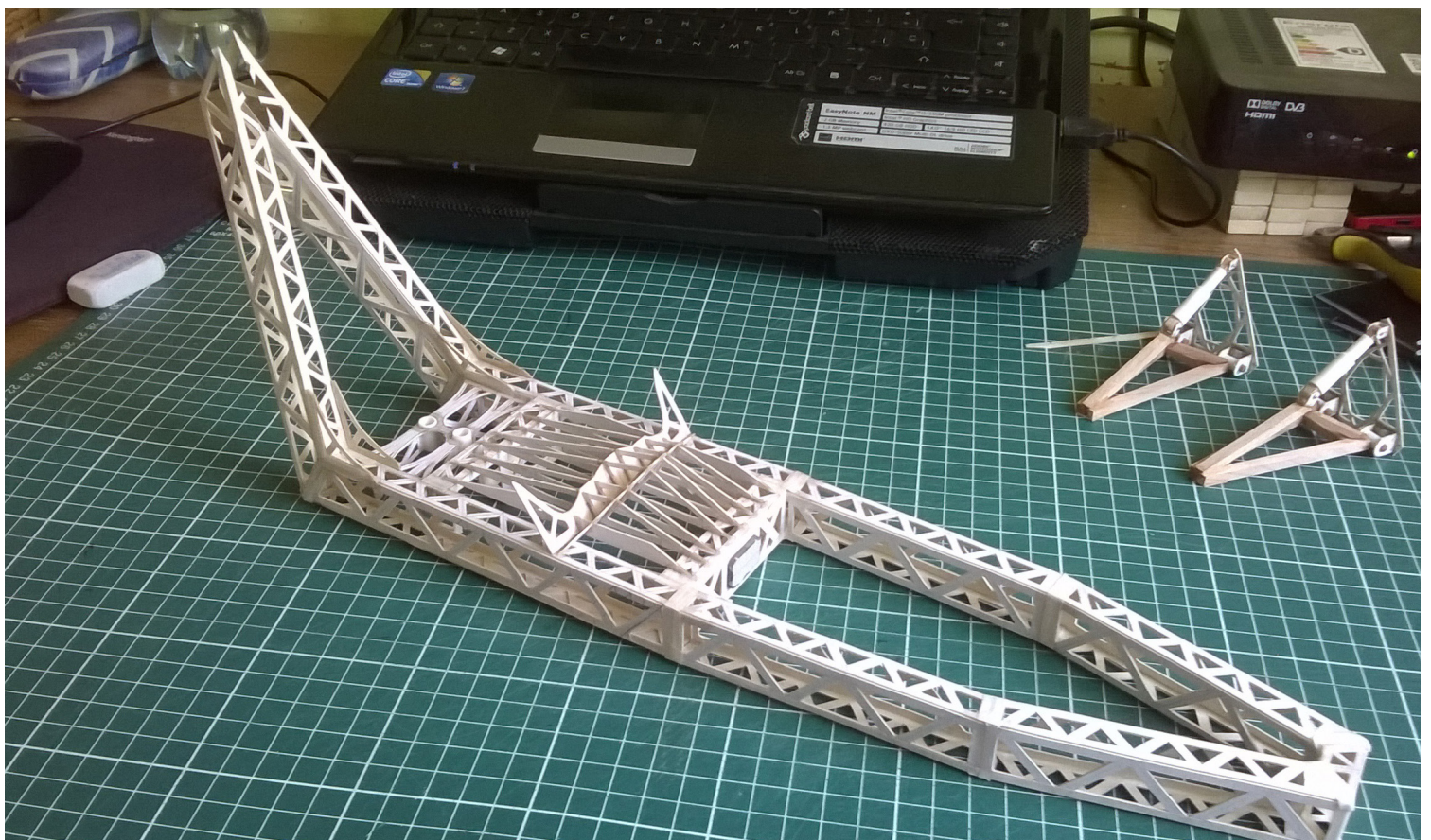
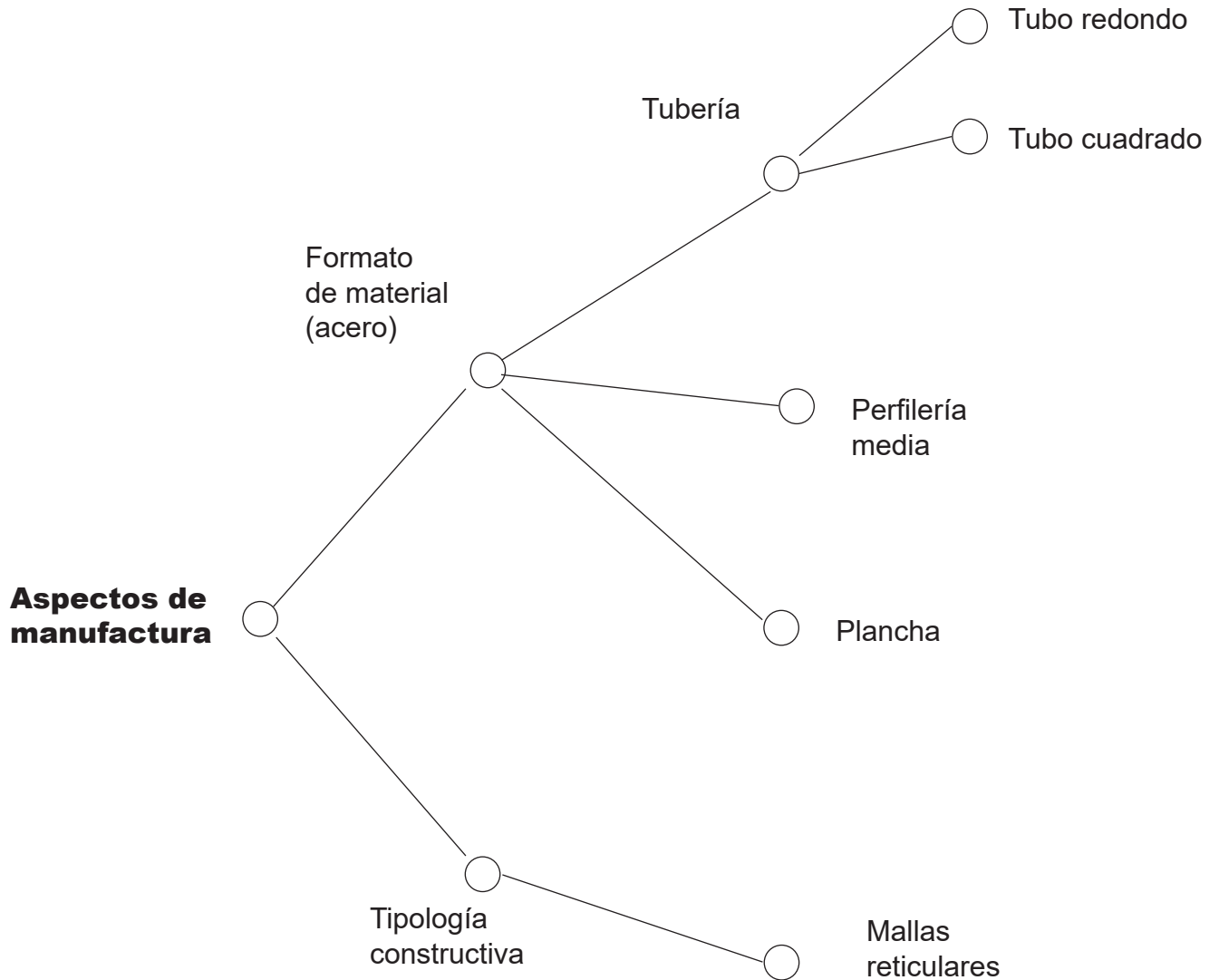


Imagen 33. Maqueta de estructura bastidor.
Fuente: Elaboración propia.



Explorar sistemáticamente

Al haber recopilado los fragmentos de soluciones a los sub-problemas, se da paso a la exploración sistemática, aludiendo a la organización de estas posibles soluciones, considerando las combinaciones de los fragmentos de solución. Para lo cual se generó un árbol de clasificación de conceptos y posteriormente tablas de combinación de conceptos para los aspectos de manufactura de la carrocería ya que los aspectos funcionales de la carrocería vienen predeterminados por la

configuración del vehículo, véase capítulo configuración vehículo Ackiu:

Tipología constructiva	Formato de material
<div data-bbox="201 537 370 640" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Mallas reticulares</div>	<div data-bbox="456 369 691 451" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Tubo redondo</div>
	<div data-bbox="456 495 691 577" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Tubo cuadrado</div>
	<div data-bbox="480 611 667 703" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Perfilería media</div>
	<div data-bbox="488 751 659 823" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Plancha</div>

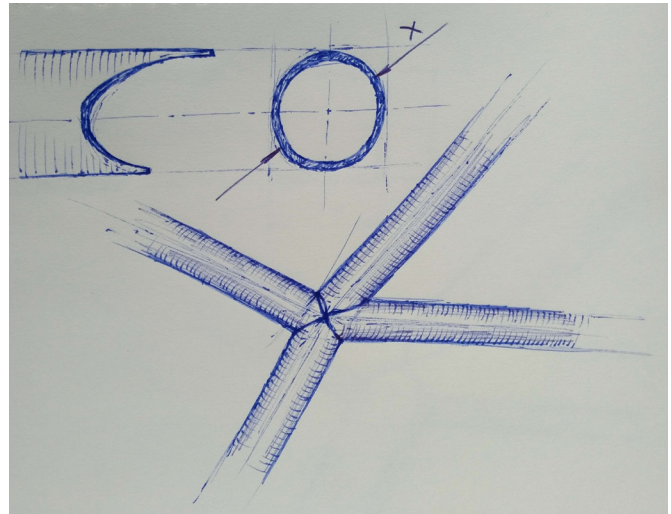


Ilustración 27. Malla espacial proyectada con tubo redondo.
Fuente: Elaboración propia

Tipología constructiva	Formato de material
<div data-bbox="201 1484 370 1587" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Mallas reticulares</div>	<div data-bbox="456 1312 691 1394" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Tubo redondo</div>
	<div data-bbox="456 1438 691 1520" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Tubo cuadrado</div>
	<div data-bbox="480 1554 667 1646" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Perfilería media</div>
	<div data-bbox="488 1694 659 1766" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Plancha</div>

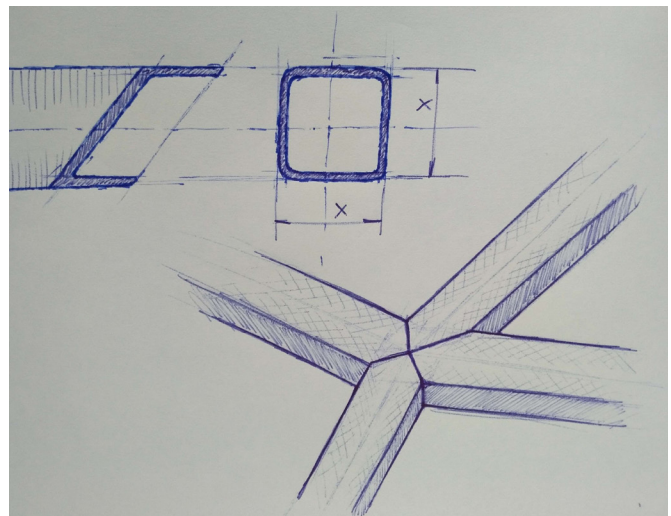


Ilustración 28. Malla espacial proyectada en tubo cuadrado.
Fuente: Elaboración propia.

Tipología constructiva	Formato de material
<p data-bbox="264 596 435 695">Mallas reticulares</p>	<p data-bbox="521 428 756 506">Tubo redondo</p> <p data-bbox="521 554 756 632">Tubo cuadrado</p> <p data-bbox="540 667 732 758">Perfilería media</p> <p data-bbox="548 810 727 884">Plancha</p>

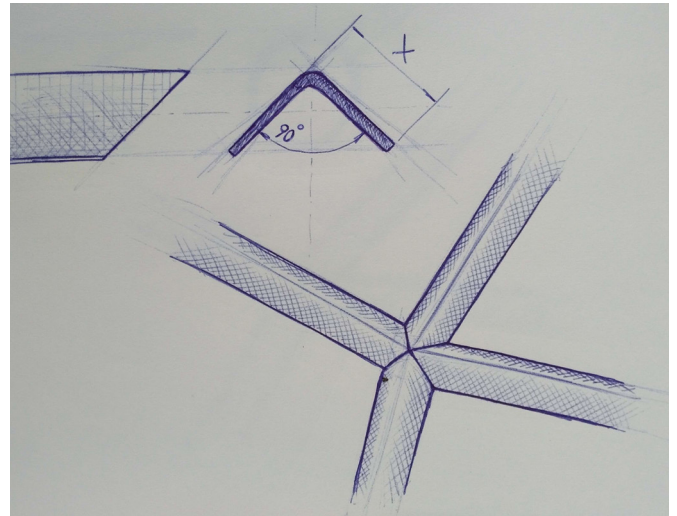


Ilustración 29 Malla espacial proyectada con perfil medio. Fuente: Elaboración propia

Tipología constructiva	Formato de material
<p data-bbox="264 1549 435 1648">Mallas reticulares</p>	<p data-bbox="521 1381 756 1459">Tubo redondo</p> <p data-bbox="521 1507 756 1585">Tubo cuadrado</p> <p data-bbox="540 1621 732 1711">Perfilería media</p> <p data-bbox="548 1764 727 1837">Plancha</p>

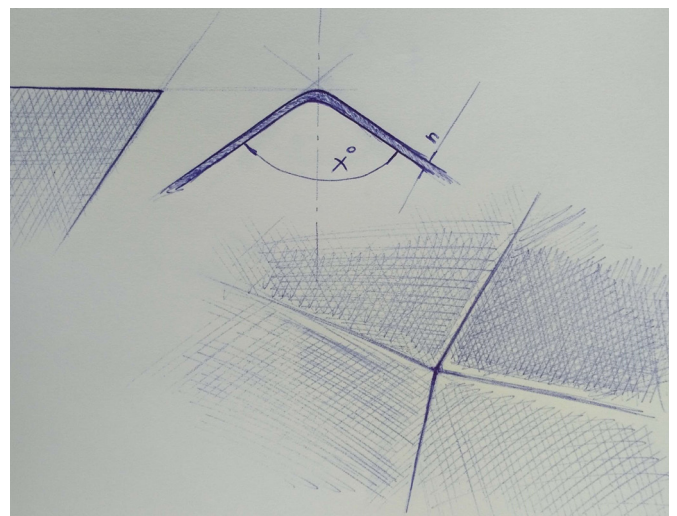


Ilustración 30. Malla espacial proyectada con plancha. Fuente: Elaboración propia.

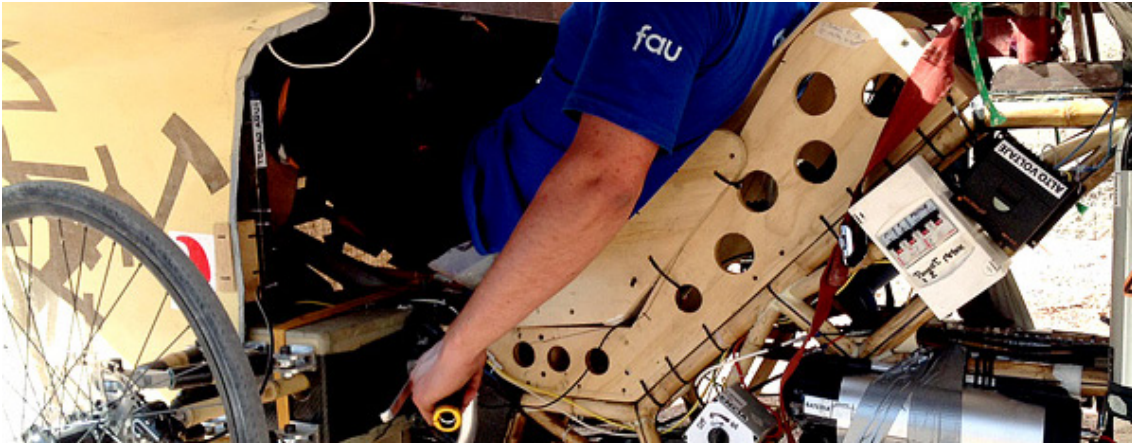


Imagen 34. Estructura principal Protean 1.
Fuente: Elaboración propia.

Selección del concepto

El método utilizado para escoger los conceptos fue de matrices de decisión, en el cual cada idea o concepto se pone a prueba contra criterios especificados de antemano. Si bien los conceptos pueden satisfacer las necesidades claves del proyecto, se debe seleccionar el mejor, el dominante o el con más potencial para su posterior investigación, pruebas y desarrollo.

Uno de los beneficios de un método estructurado para la selección es la documentación del proceso de decisión, ya que queda un registro que pueda servir como soporte de comunicación, además la selección del concepto de un producto determina de forma impresionante el costo final de manufactura. (Eppinger, 2013)

Después de una cuidadosa consideración, se escogió como concepto de referencia o comparación la estructura principal del vehículo Protean uno, contra el cual se evaluarán los otros conceptos, ya que dicha estructura está resuelta bajo la misma tipología estructural y es un modelo de una generación anterior del mismo proyecto de facultad.

+Criterios sobre los cuales se basará la selección del concepto:

-Facilidad de manufactura

-Precisión en armado

-Aplicable a tecnologías CAD CAM

-Compatible con maquinaria de la facultad

-Área poco explorada

Como resultado de la tabla de selección de conceptos, tabla 1, se evaluó que los formatos con más potencial son el tubo cuadrado y la plancha de acero, siendo este último combinable con el de perfil medio, ya que a través del prototipado de estudio se detectó que puede homologarse su principio estructural, pero con el total control del ángulo mediante el plegado del mismo.

Para seleccionar el formato definitivo a trabajar, se consideró pertinente el asesoramiento con expertos del área metalmecánica, con la finalidad de acercarse a las soluciones actuales que da la industria. Ubicando a la empresa INOX MAN, dedicada al diseño, fabricación y mantenimiento de hombros o tubos formadores de bolsas para la industria alimenticia, teniendo trayectoria en el trabajo de los metales, específicamente del acero inoxidable, y bajo su disponibilidad y recomendación se descartó la tubería cuadrada, ya que la compatibilidad con las tecnologías CAD CAM estaba medianamente explorada y no resuelta del todo.

Determinado finalmente que el formato del material con más potencial es la plancha de acero,

Criterios de selección	Conceptos: mediante la aplicación en mallas reticulares			
	Tubo redondo	Tubo cuadrado	Plancha	Perfil medio
Facilidad de manufactura	-	+	+	+
Presición de armado	0	0	0	-
Aplicable a tecnologías CAD CAM	-	+	+	0
Compatibilidad con maquinaria FAU	+	+	+	+
Área poco explorada	0	+	+	+
Suma +	1	4	4	3
Suma 0	2	1	1	1
Suma -	2	0	0	1
Evaluación neta	-1	4	4	2
¿Continuar?	No	Si	Combinar	Si

Tabla 1. Selección de conceptos de formato de material. Fuente: Elaboración propia

considerando también el uso que se le da en la industria automotriz en la conformación de piezas estructurales para las carrocerías.

También cabe mencionar que las piezas producidas de láminas de metal pueden ser rígidas y tener una buena relación resistencia-peso. (Z. Marciniak, 2002). Además de que en los últimos años se ha incrementado el número de productos que se fabrican a partir del formato de plancha, y posiblemente se deba a que el punto de partida sea un material preelaborado, lo que en cierta medida abarata los costes de producción. (Lefteri)

-¿De qué manera se puede aplicar la plancha de acero en estructuras reticulares?

Exploración sistemática de los procesos aludidos a la plancha de acero

Ya teniendo decidido el formato a trabajar, se considera necesario iterar con el mismo procedimiento de exploración sistemática y una posterior selección de concepto, pero esta vez enfocado a los procesos de transformación de la plancha de acero, utilizando la clasificación de los procesos, considerando los más oportunos y accesibles para el proyecto.

Descompuesto el espectro de los posibles procesos de transformación del material es que se decide hacer dos tablas de selección de conceptos; una enfocada a los procesos de conformación y

corte de la plancha de acero y otra para los sistemas de unión a utilizar en la carrocería.

+Criterios sobre los cuales se basara la selección de los procesos de conformación y corte:

-*Prescinda de matricería*

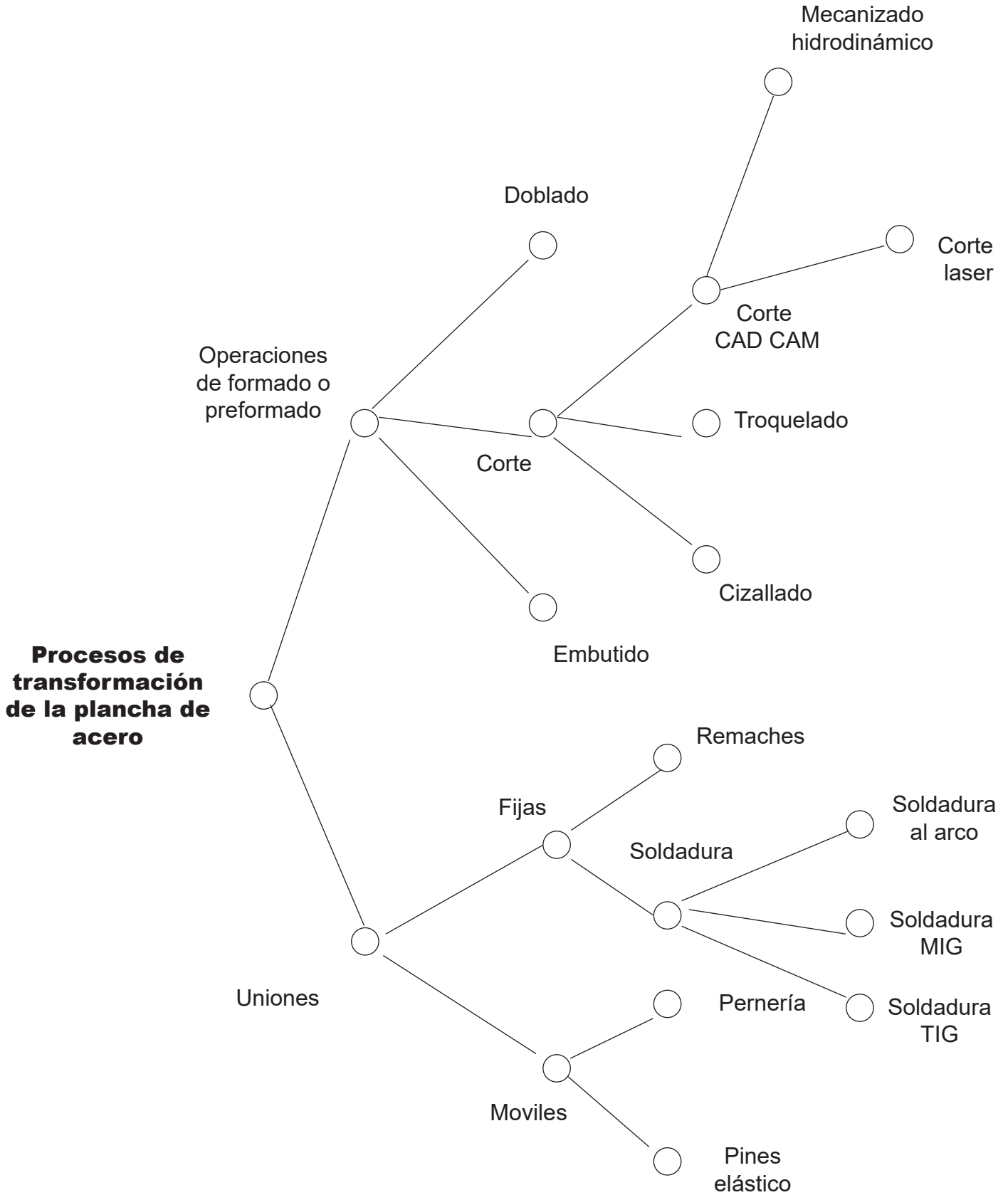
-*Control de la precisión*

-*Compatible con maquinaria de FAU*

Como resultado de la tabla de selección de conceptos se evaluó que dentro de los procesos más adecuados está proceso de doblado, a través del plegado de la plancha de acero, considerando que dentro de la capacidad productiva de la cual se dispone, integra una plegadora manual de marca ISTRIA, con una bancada de 1050 mm de largo.

Para la etapa de corte de la plancha de acero se consideraron los procesos de corte laser y mecanizado hidrodinámico, ya que siendo tecnologías de control numérico computarizado tienen un mayor control de la operación, sin mencionar la optimización del tiempo con la cual operan.

Por último, para escoger entre las dos se utilizó como criterio final la precisión y el acabado de la operación, considerando que el mecanizado hidrodinámico la más eficiente en ambos criterios, puesto que el diseño de los encastres del experimento requieren de un alto nivel de precisión para optimizar el control de la forma.



Criterios de selección	Procesos de transformación					
	Doblado	Embutido	Cizallado	Troquelado	Mecanizado hidrodinámico	Corte laser
Prescinda de matricería	+	-	+	-	+	+
Control de la precisión	+	+	-	+	+	+
Compatibilidad con maquinaria FAU	+	-	+	-	-	-
Suma +	3	1	2	1	2	2
Suma -	0	2	1	2	1	1
Evaluación neta	3	-1	1	-1	1	1
¿Continuar?	Si	No	No	No	Si	Si

Tabla 2. Selección de conceptos de procesos de transformación.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 35. Plegado de la plancha de acero.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 36. Soldadura TIG
Fuente: Elaboración propia.

+Criterios sobre los cuales se basara la selección de los procesos de unión:

-Control de la precisión

-Compatible con maquinaria de FAU

-Ligera

entes de la carrocería. Por otra parte las uniones móviles serán resueltas con pernería métrica y estas serán utilizadas en el ensamble de los componentes.

Como resultado de la tabla en los proceso de unión, considerando ensamblaje de la carrocería, que para el caso se utilizaran los dos tipos de uniones, fijas y móviles, las uniones fijas serán resueltas por soldadura TIG (tungsteno inerte gas), "la más limpia y precisa de las soldaduras eléctricas" (Michael Ashby and Kara Johnson, 2014), maquinaria disponible dentro de la Universidad, y serán aplicadas para armar los compo-



Imagen 37. Mecanizado hidrodinámico (corte por chorro de agua).

Fuente: Elaboración propia.

Procesos de unión

Criterios de selección	Remaches	Soldadura al arco	Soldadura MIG	Soldadura TIG	Pernería	Pines elásticos
Ligera	-	+	+	+	-	-
Limpia y precisa	+	-	+	+	+	-
Compatibilidad con maquinaria FAU	+	+	-	+	+	-
Suma +	2	2	2	3	2	0
Suma -	1	1	1	0	1	3
Evaluación neta	1	1	1	3	1	-3
¿Continuar?	No	No	No	Si	Si	No

Tabla 3. Selección de conceptos de procesos de unión.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO EN EL NIVEL SISTEMA.

...“La forma del producto se ve influida por muchos factores, pero el material y el proceso se encuentran entre los más fuertes.”...

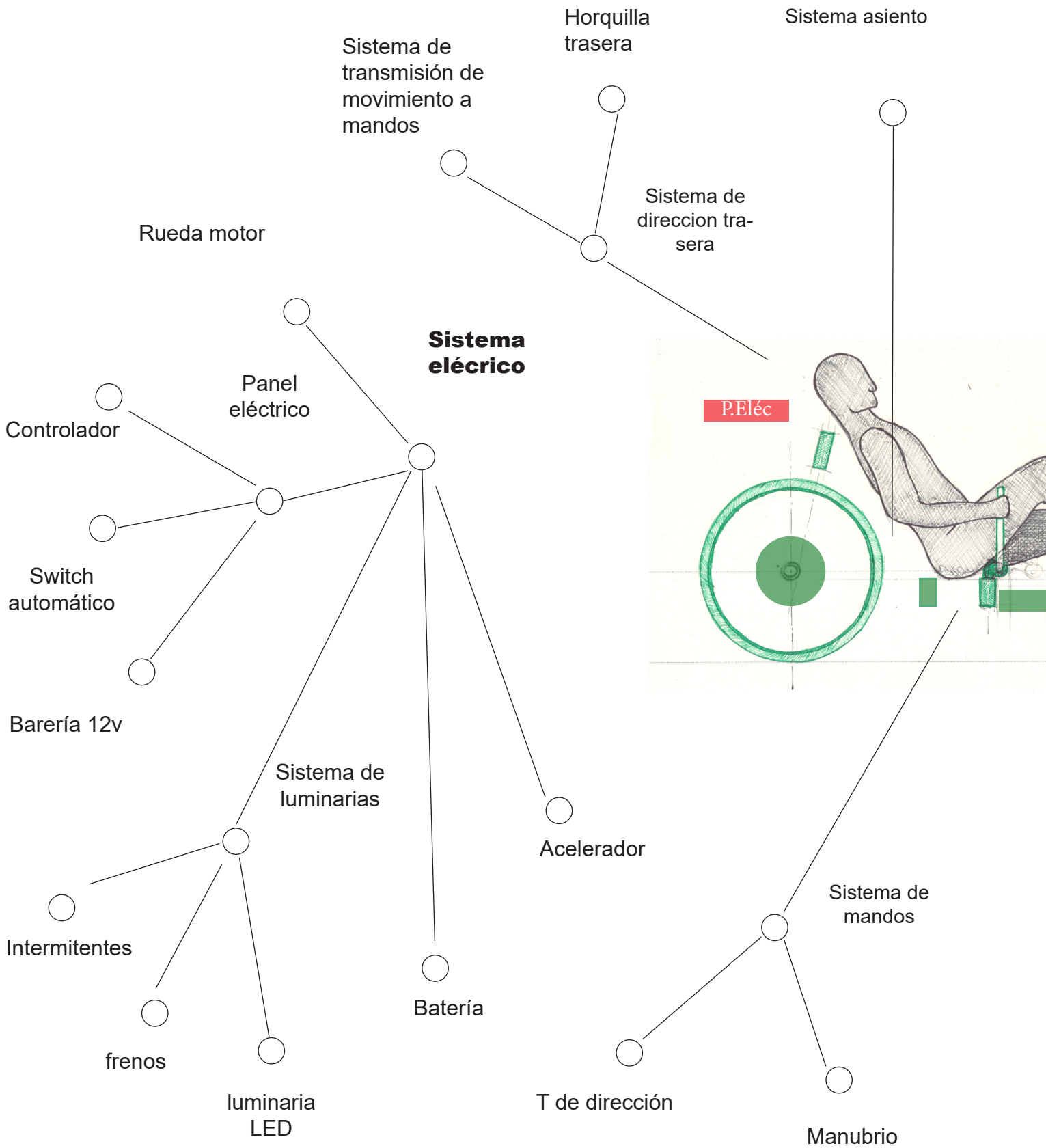
(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

de traducir en la composición de la carrocería a través de un sistema constructivo de mallas reticulares considerando integrar los componentes testeados en la configuración experimental del vehículo.

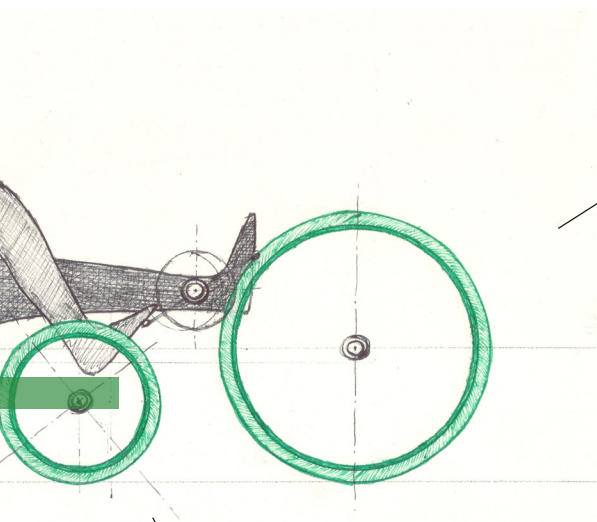
Arquitectura del producto

La arquitectura del producto es la asignación de los elementos funcionales de un objeto a los elementos de construcción físicos de éste. Para lo cual, el desarrollo se considera en términos funcionales y físicos, siendo los elementos funcionales las operaciones y transformaciones individuales que contribuyen a su rendimiento general (Eppinger, 2013), que para el caso de la carrocería pueden ser; el almacenar los componentes elementales del vehículo, el contener al piloto y permitir cierta amabilidad en la mantención correctiva y preventiva del artefacto, estos elementos se deben describir de manera esquemática para que posteriormente se puedan proyectar en ciertos componentes o principios de trabajo.

Por otra parte los elementos físicos son las partes, componentes y subconjuntos que en última instancia ponen en práctica las funciones del producto (Eppinger, 2013), algunos de estos elementos físicos son dictados por el concepto del objeto y otros se pueden definir en la etapa del diseño de detalles, que por ejemplo en este caso se pue-



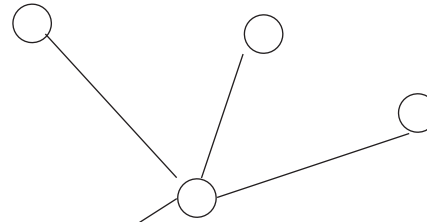
Contener piloto en posición recumbente de pedaleo



Sistema de suspensión delantera

Sistema de transmisión por pedaleo

Triángulo delantero



Sistema de tracción delantera

Agrupación de elementos

Un factor importante para la agrupación de los elementos que compondrán la carrocería es integrar espacialmente las barras antivuelco solicitadas por las bases técnicas de la carrera en cuestión (véase en más profundidad en capítulo Requerimientos técnicos para vehículos híbridos). Además de incorporar en la parte delantera un parachoques como elemento de amortiguación para efecto de posibles golpes y así proteger el resto de la estructura. Ambos delimitan la conformación volumétrica del experimento.

Para la organización espacial de los elementos se decidió agrupar los componentes por proximidad espacial generando una ruta de proyección estructural que va desde la pipa de dirección trasera, que contiene la horquilla de dirección, hasta la parte delantera de la batería en donde basculara el sistema de tracción biomecánica

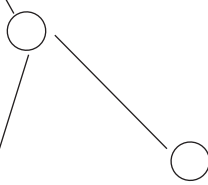
También se considera oportuno agrupar los componentes eléctricos menores junto al controlador ubicado en la parte trasera, dando como resultante la proyección de un panel eléctrico ubicado en dicho lugar.

Para efectos de la composición espacial de los elementos y para entender el comportamiento físico de las soluciones estructurales es que se considera necesaria la exploración de las ideas mediante la construcción de prototipos físicos integrales y analítico integral, con el propósito de aprender, comunicar, integrar y generar alcance

Sistema de ruedas asistencias de apoyo

Rueda de bicicleta de 16"

Sistema de suspensión



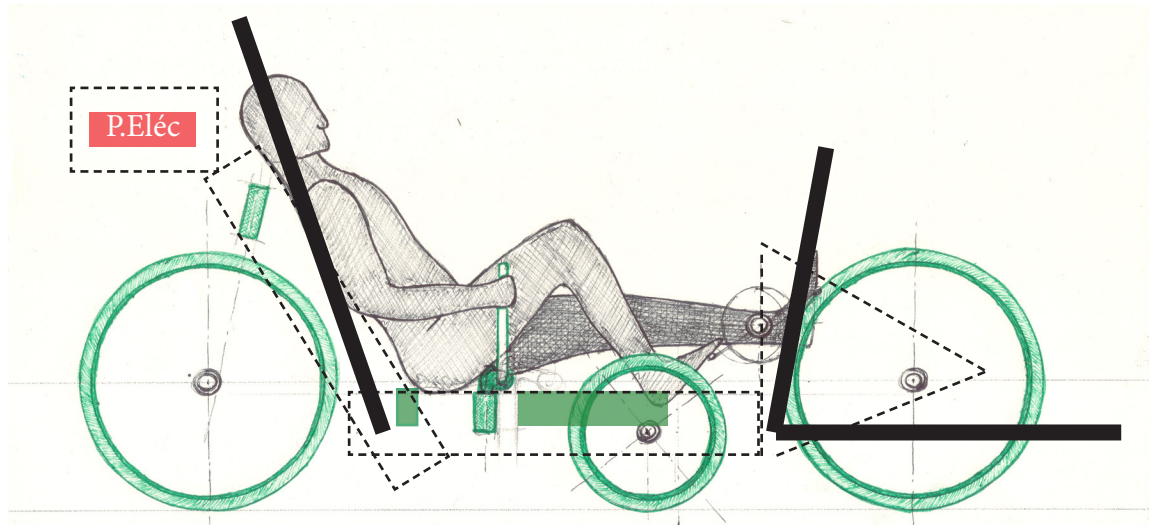


Ilustración 31. Agrupación de elementos.

Fuente: Elaboración propia.

de hitos dentro de la investigación. (Eppinger, 2013)

Disposición geométrica

... "Una maqueta es un modelo físico a escala natural construido con materiales fáciles de fabricar, como cartón rígido, madera, o espuma. Este tipo de modelos se usa para evaluar la interacción física, la escala y la proporción de determinados conceptos de diseño"...

(Rodgers, 2013)

Para la proyección de los modelos de estudio con la lógica de construcción de mallas reticulares, es que la representación de las barras se realiza con palos de brocheta, para un posterior paso a la disposición triangular de un formato de lámina representado por cartón forrado, materiales de fácil acceso y manipulación.

El bloque blanco del prototipo de estudio representa la unificación volumétrica de los componentes ubicados en la parte inferior y trasera del vehículo, siendo estos elementales para el desplazamiento del mismo soportando las cargas dinámicas del piloto. Y la estructura superior representa la ubicación de las barras antivuelco y la conexión entre estas y el parachoques.

La geometría general de la carrocería está dada por una línea proyectiva que contornea el espacio

delimitado por los elementos que componen del experimento, considerando como punto más alto la cabeza del piloto con el casco puesto, el punto de contorno delantero está dado por la rueda de tracción biomecánica y el punto de contorno trasero se condiciona con el panel eléctrico ubicado por encima de la rueda motor trasera.

Una vez realizado el esquema espacial se da paso a la aplicación del formato de lámina en la conformación volumétrica del experimento. Detectando que la parte superior del volumen, que al estar cerrada requiere de la proyección de una compuerta para el ingreso del piloto. Y en vista y consideración de la complejidad que alude dicho desarrollo, por la integración de mecanismos y el peso adicional a la estructura, es que se decide descartar dicha opción, dando paso a la modificación volumétrica del experimento para que el ingreso del sujeto no requiera de dicho desarrollo.

Para la proyección del experimento considerando las modificaciones antes mencionadas, es que se realizó un prototipo analítico integral mediante las herramientas de modelado CAD 3D, con la disposición de todas las aristas que conforman el volumen. Posteriormente, iterando en la lógica proyectiva es que se realiza un nuevo prototipo físico integral de estudio, necesario para detectar fenómenos no anticipados.

Y para finalizar la disposición geométrica del experimento se aplica el formato lámina a la estructura, permitiendo el análisis del desarrollo laminar de las partes y piezas que posteriormente

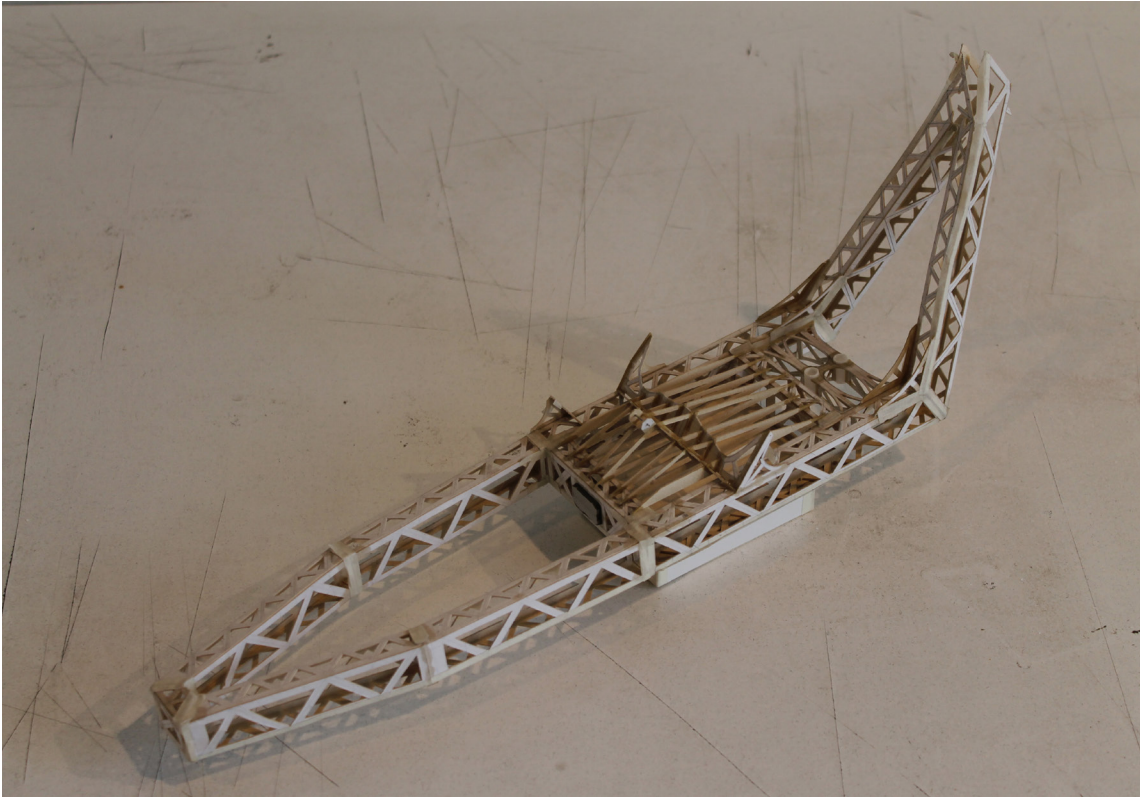


Imagen 37. Maqueta de exploración estructural.
Fuente: Elaboración propia.

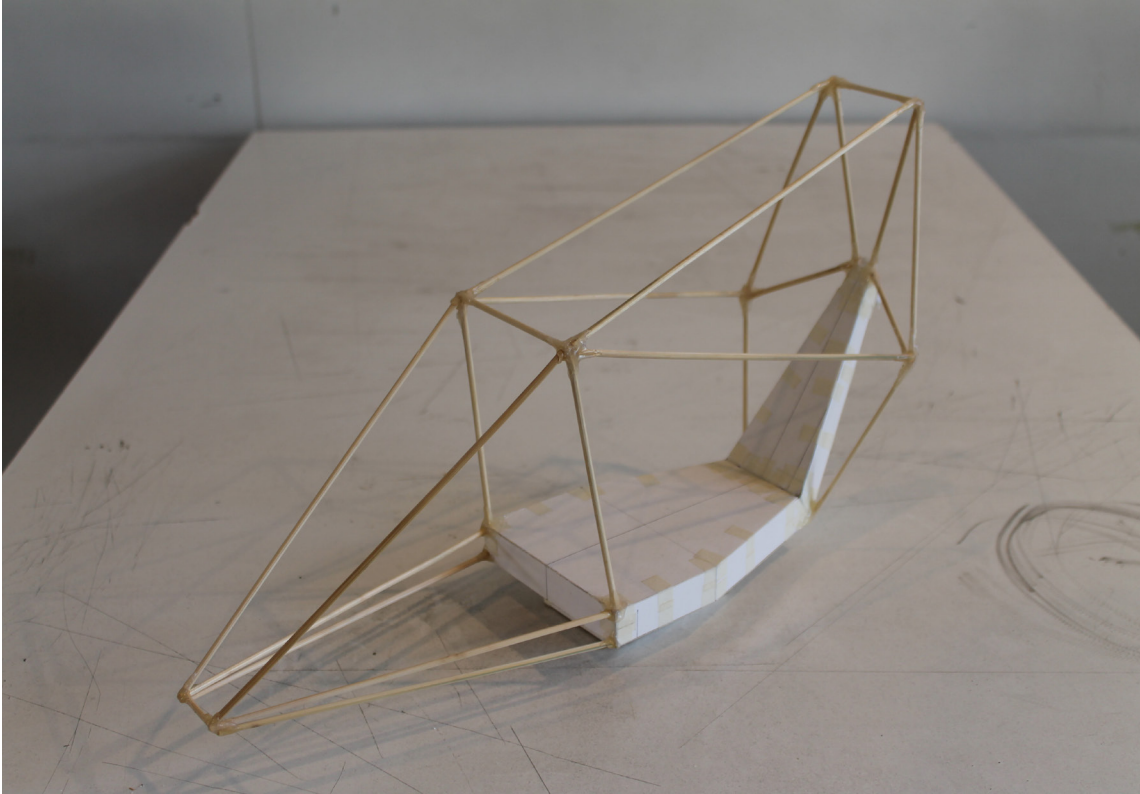


Imagen 38. Maqueta de exploración estructural. y agrupación de elementos
Fuente: Elaboración propia.

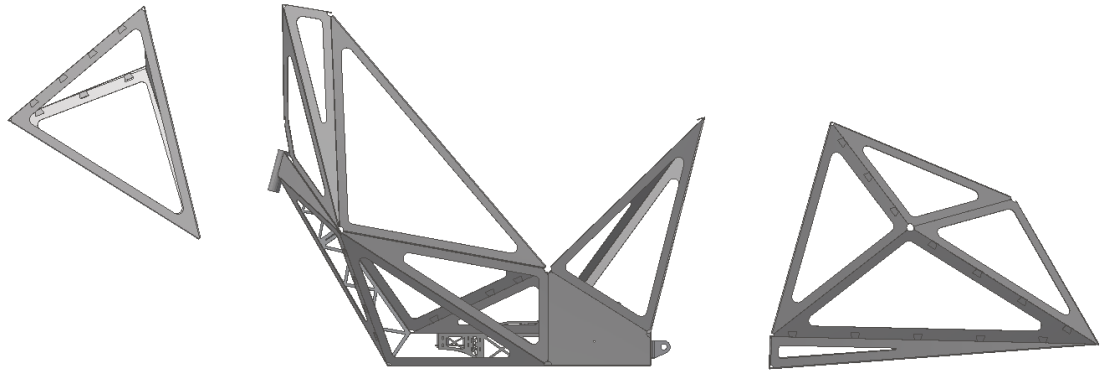


Ilustración 32. Esquema de ensamble de componentes.
Fuente: Elaboración propia.

se fabricaran. Utilizando para su fabricación las tecnologías de corte laser a disposición en las dependencias de la Facultad.

Interacciones fundamentales e incidentales

...“La arquitectura del producto es el esquema por el cual los elementos funcionales del producto se acomodan en trozos físicos y por medio del cual estos interactúan”...

(Eppinger, 2013)

Para efectos de la arquitectura del experimento se decide dividir el volumen general en trozos, siendo estos elementos físicos de construcción (Eppinger, 2013), con la intención de crear módulos que permitan una cadena productiva en la fabricación del artefacto.

La división se realizó con el criterio de generar etapas de construcción priorizando la función del trozo y se efectuó mediante dos cortes al volumen, resultando tres componentes;

1.-**La estructura central base**, que permite la función principal de la carrocería, siendo esta el contener al piloto y los componentes elementales para el desplazamiento del vehículo y su manipulación.

2.-**El parachoques**, que en un eventual golpe frontal, disiparía el impacto mediante la deformación del mismo. Además de que al sacarlo permitiría que el equipo de mantención pueda efectuar ope-

raciones mecánicas sin interferencia de la estructura.

3.-**El panel eléctrico**, siendo este el trozo que contiene algunos componentes eléctricos menores, además de soportar las luces traseras del vehículo, traduciéndose en cola del mismo.

El tipo de modularidad aplicado a la estructura del experimento, es de una arquitectura modular de ranura, ya que cada una de las interfaces de los trozos son de un tipo diferente a las otras, de modo que los diversos trozos del artefacto no se puedan intercambiar (Eppinger, 2013)

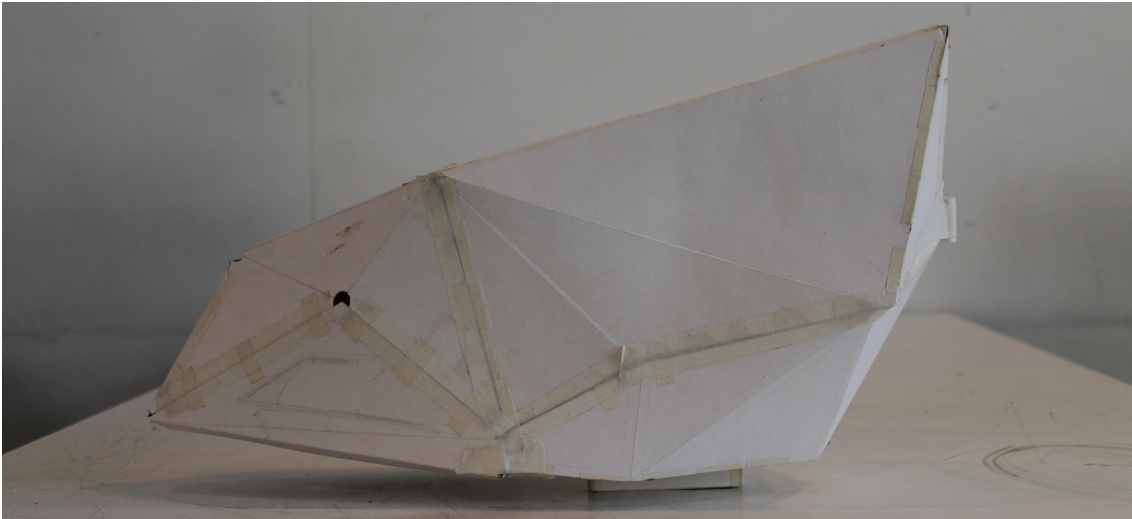


Imagen 39. Maqueta de disposición geométrica facetada.
Fuente: Elaboración propia.

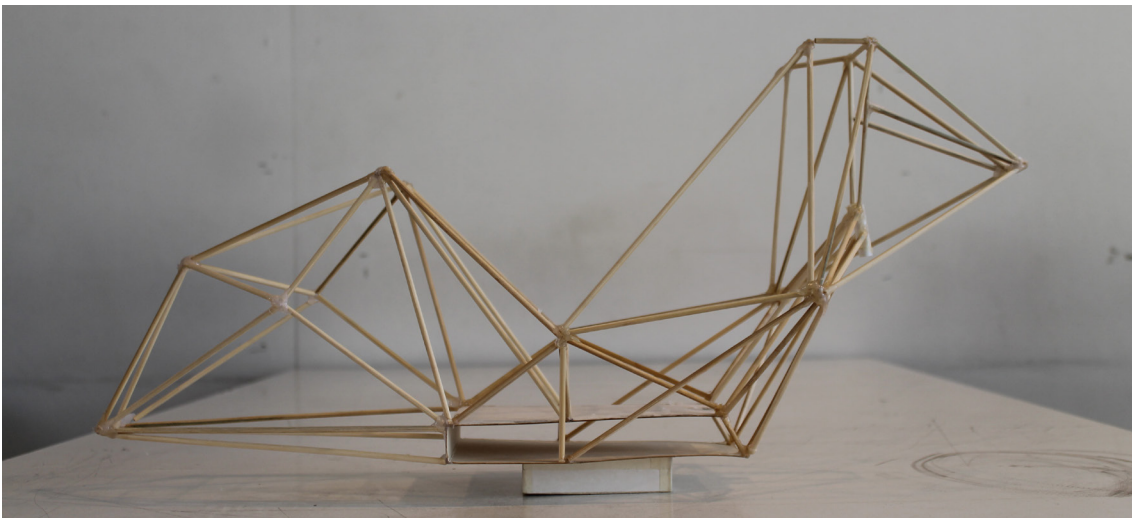


Imagen 40. Maqueta de disposición de elementos estructurales.
Fuente: Elaboración propia.

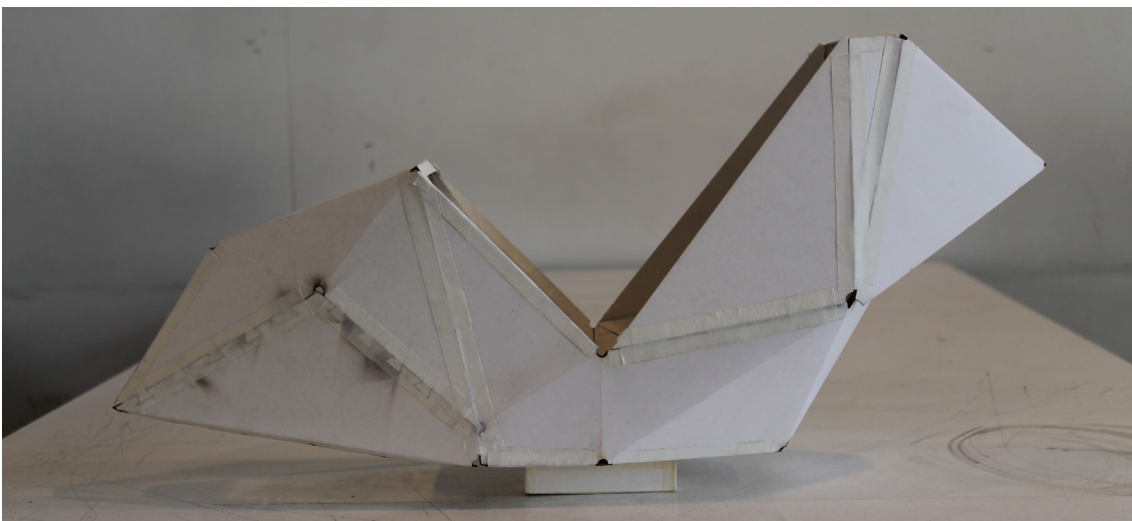


Imagen 41. Maqueta de disposición de elementos estructurales facetada.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE DETALLE.

Una vez determinada la morfología general, se da pie al primer paso para el desarrollo de los detalles, siendo este el vaciado de las caras que componen el volumen del experimento, para lo cual se hace una comparación del resultado de dicha etapa:

Esta operación está proyectada en virtud de quitarle peso a la estructura cuidando de no debilitarla, y considerando el principio estructural de la tipología de mallas reticulares, utilizando la disposición triangular de las barras, considerando que la barra siendo un elemento estructural, se materializa como un sólido de forma prismática cuyas dimensiones transversales son pequeñas en relación a las longitudinales, que para el caso dicha sección prismática es de un perfil medio.

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de la operación están orientadas por el asesoramiento de expertos en el área metalmecánica, INOX MAN, y dictaminan que el vaciado de las caras debe considerar un margen de 25mm de la arista, ya que las máquinas plegadoras comienzan a generar problemas en el montaje de las piezas con una menor medida.

Otra especificación técnica a considerar es el encuentro en los vértices de las líneas de pliegues, ya que en dichas zonas se produce un fenómeno

llamado desahogo, para lo cual se decide generar un vacío de material con la geometría de una circunferencia, que permita evitar dicho fenómeno.

Por último, considerando que para llevar a cabo la operación de plegado se debe trazar una línea guía para el montaje de la pieza a deformar, es que se decide proyectar dos pequeñas ranuras en los puntos de inicio y término de dicha línea, con la finalidad de establecer una relación óculo-manual entre la operación y el ejecutor de la máquina, optimizando los tiempos de producción.

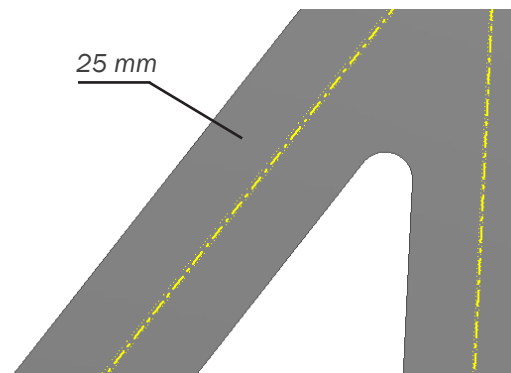


Imagen 42. distancia mínima desde la línea de pliegue. Fuente: Elaboración propia.

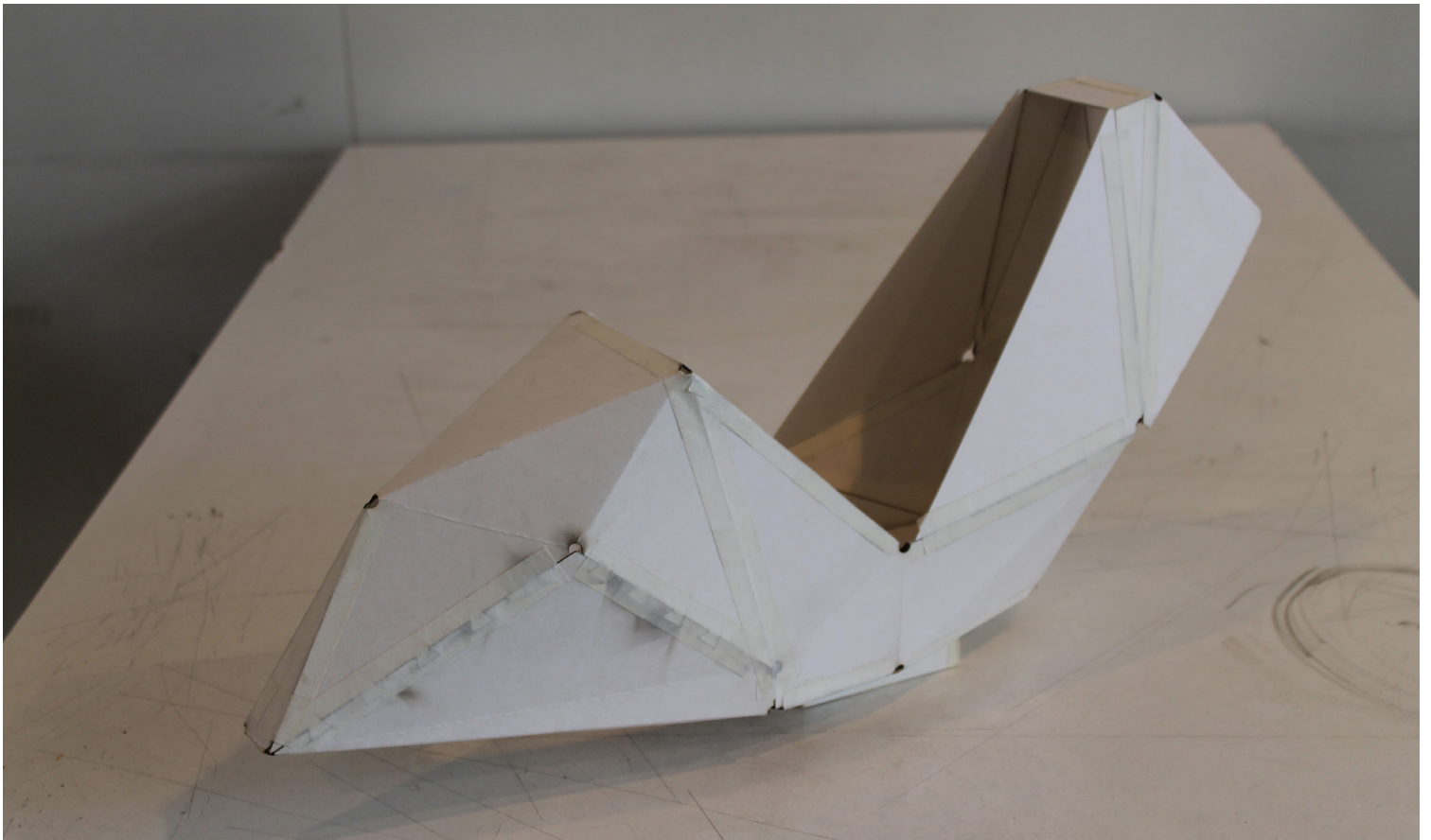


Imagen 43. Maqueta de disposición de elementos estructurales facetada.
Fuente: Elaboración propia.

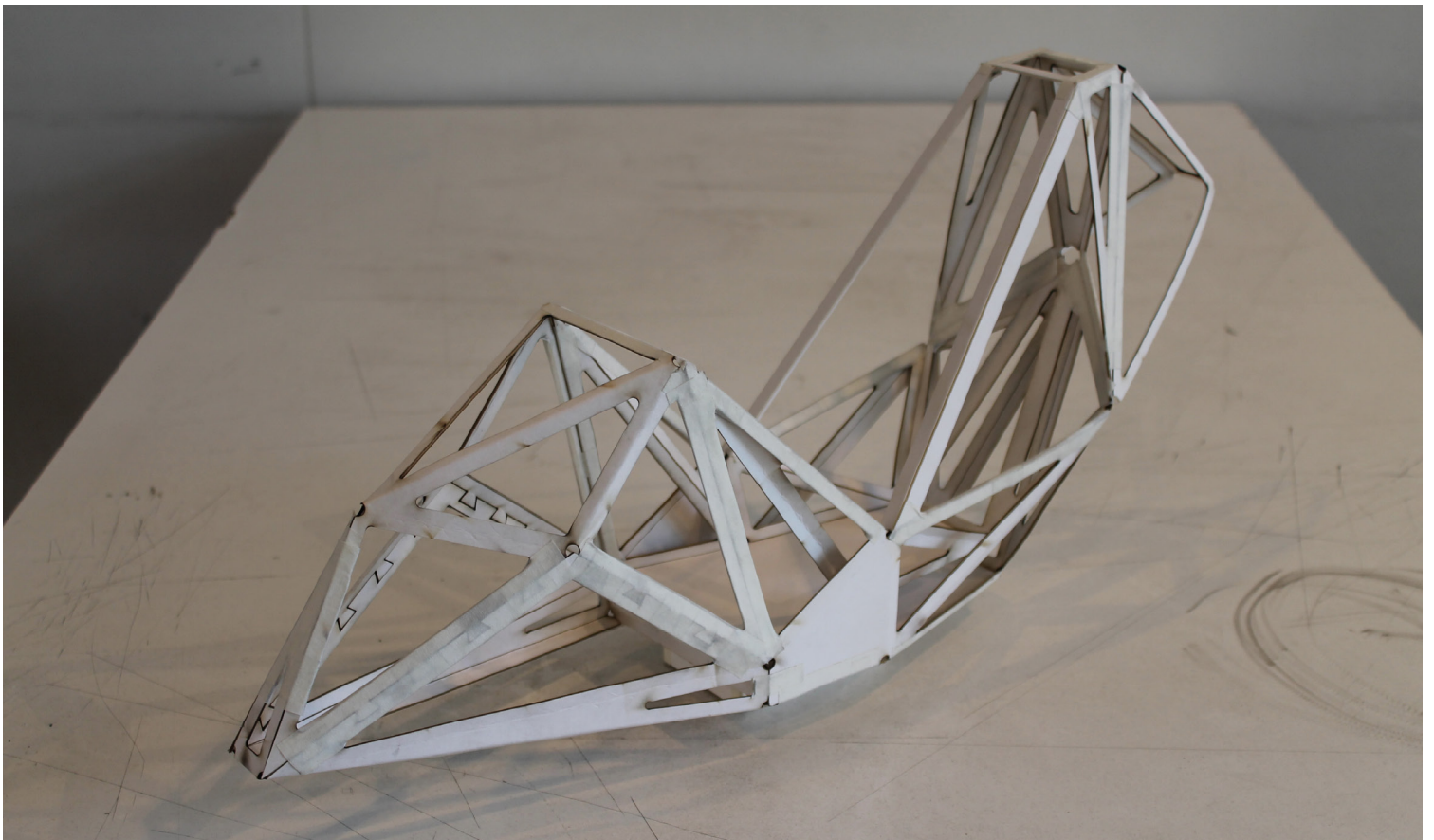


Imagen 44. Maqueta de disposición de elementos estructurales facetada-vacía.
Fuente: Elaboración propia.

Lógica secuencial de Armado

En vista y consideración del tiempo de desarrollo del experimento y respondiendo a las tecnologías actuales de modelado digital es que se realizó el desarrollo de un prototipo analítico integral del artefacto a construir, con la finalidad de planear el ensamble final e integrado del experimento además de detectar interferencia geométrica entre las piezas, también utilizar la habilidad de calcular propiedades físicas como el peso.

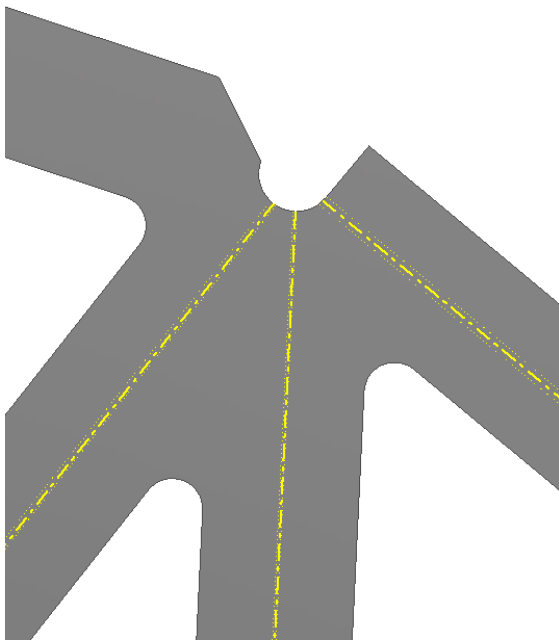


Imagen 45. Encuentro de líneas de plegue. Elaboración propia.

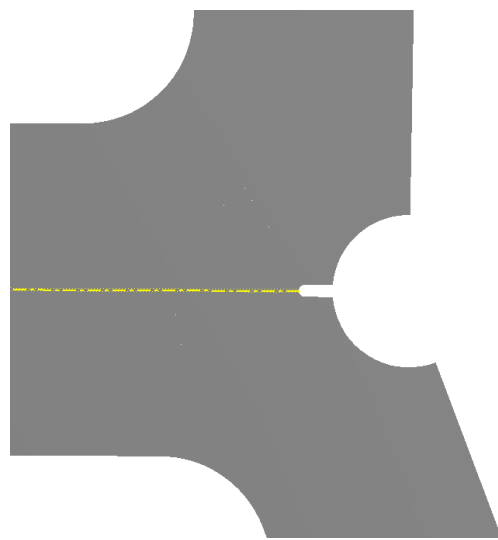


Imagen 46. Ranura en línea de plegue. Elaboración propia.

Estructura central de carrocería

espetando la arquitectura del experimento es que todo el diseño de detalles comienza con la protección de la batería, siendo este un delicado componente que se ubica en un lugar crítico, dado que por un lado está cerca del suelo exponiéndose a cualquier agente externo que lo pueda dañar, además que en su parte superior llega un vector de fuerza proveniente del amortiguador del basculante delantero, resultando la plataforma central de la carrocería. Todos los refuerzos fueron diseñados en plancha de 3mm de espesor.

Junto con lo anterior es importante mencionar que bajo el mismo sistema constructivo se posicionaron las dos pipas de dirección que transfieren el movimiento desde los mandos a la rueda trasera. Los encastres realizados para efectuar el armado fueron proyectados mediante un sistema de ranuras de 3mm de ancho para que entrase la plancha con su espesor natural.

Posterior a ello, y mediante el mismo sistema de refuerzos es que se proyecta el respaldo mediante dos piezas que trabajan de canto, y se posicionan con el desarrollo interior de la carrocería. Dicho desarrollo está proyectado para 2 mm de espesor de plancha y se alinea mediante un encastre de cola de milano que permite que las dos piezas a unir no se separen al momento de soldar, este sistema de unión es el que se efectuara en todo el resto de desarrollo del experimento. También

cabe mencionar que en esta etapa se alinea también la pipa de dirección trasera utilizando como soporte las vigas de respaldo unidas con el desarrollo interno de la carrocería.

Como parte de la secuencia de armado, sigue el ensamble del desarrollo exterior de la estructura central, en el cual se van posicionando las piezas envolviendo la plataforma central, finalizando con la unión de un travesaño delantero, el cual dicta la forma de la barra antivuelco delantera.

Posteriormente se ensambla la estructura de antivuelco trasera, la cual dicta el punto más alto del artefacto y es la pieza que finaliza la etapa de armado de la “estructura central de carrocería”, siendo este el componente elemental para el desplazamiento del vehículo.

Parachoques delantero

El parachoques está proyectado para ser unido mediante cuatro piezas plegadas, un desarrollo central, dos laterales y uno inferior, la unión de estos responde al mismo sistema de encastres por cola de milano como el componente anterior. Y su desarrollo está pensado para 1.2 mm de espesor de plancha.

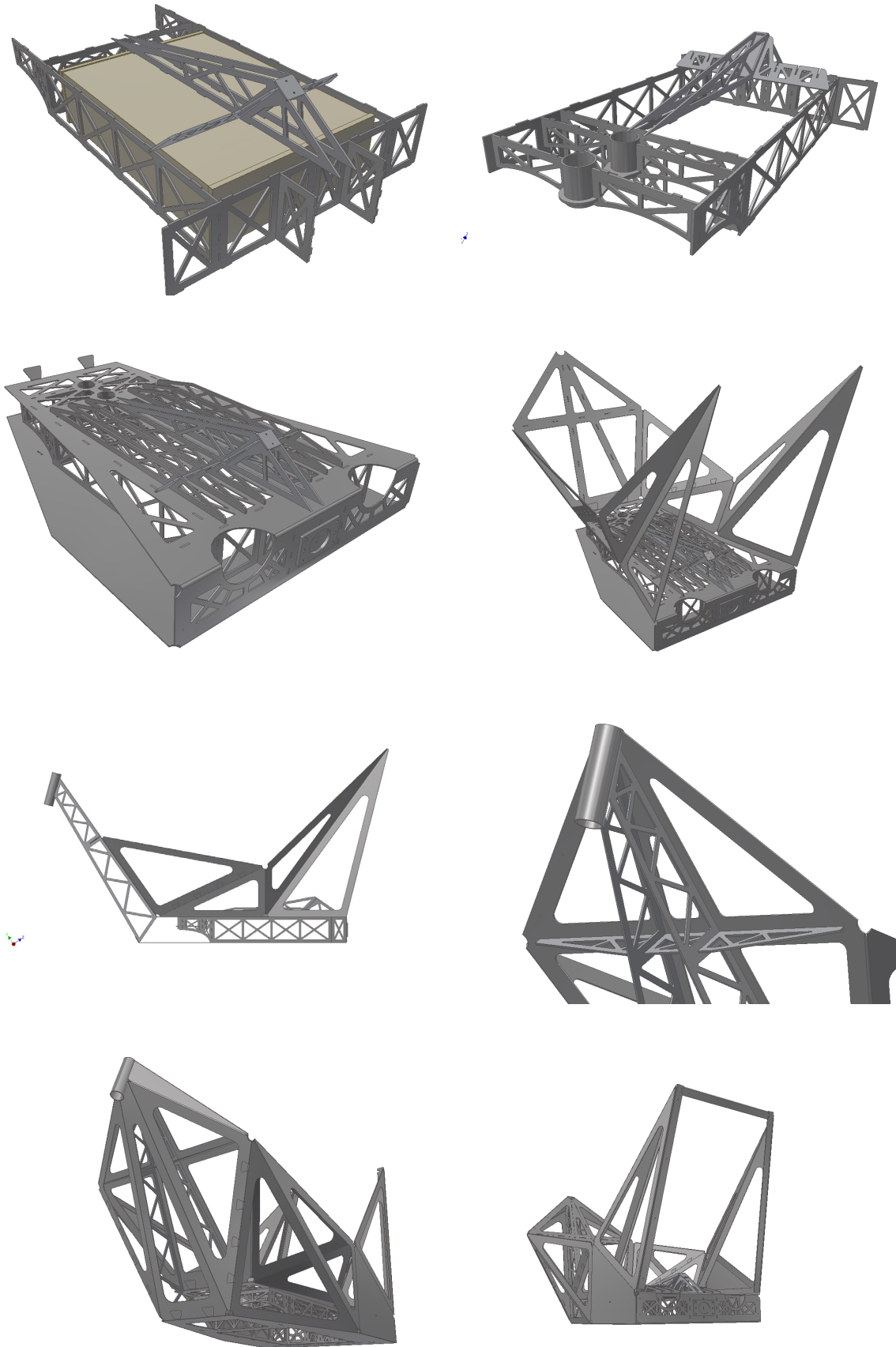


Imagen 47. Logica secuencial de armado. Elaboración propia.

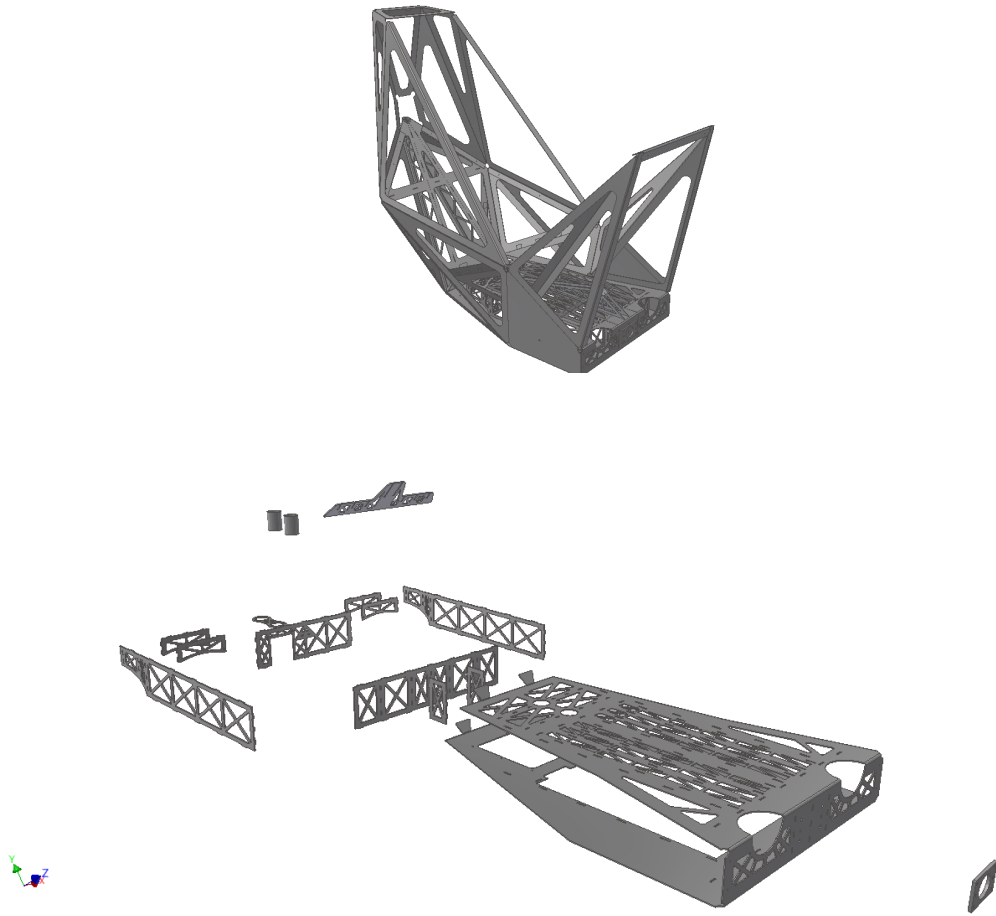


Imagen 48. Vista explosiva de plataforma base. Fuente: Elaboración propia.

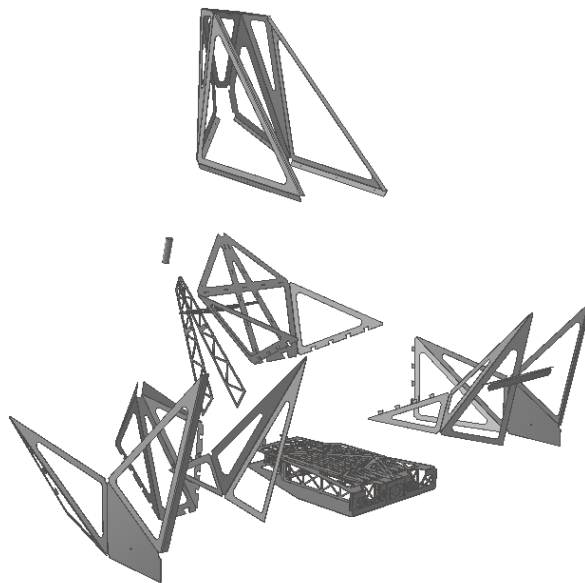


Imagen 49. Vista explosiva de estructura central. Fuente: Elaboración propia.

Panel eléctrico

La proyección del ensamble del panel eléctrico consta de tres piezas plegadas, una central y dos laterales que están encastradas de la misma manera que los componentes anteriores, y al igual que el parachoques su desarrollo es en 1.2 mm de espesor de plancha.

Para la unión móvil de los componentes del experimento se proyectó el uso de pernería métrica, con la finalidad de permitir que los componentes se puedan sacar rápidamente en caso de que se requiera, además de utilizar solo dos llaves en todo el armado de la carrocería.

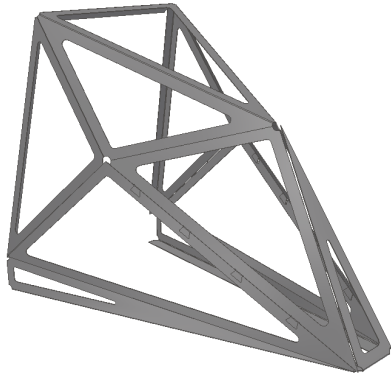


Imagen 49. Parachoques. Fuente: Elaboración propia.

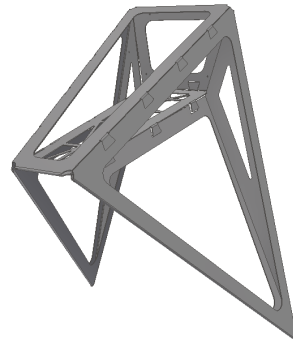


Imagen 50. Panel eléctrico. Fuente: Elaboración propia.

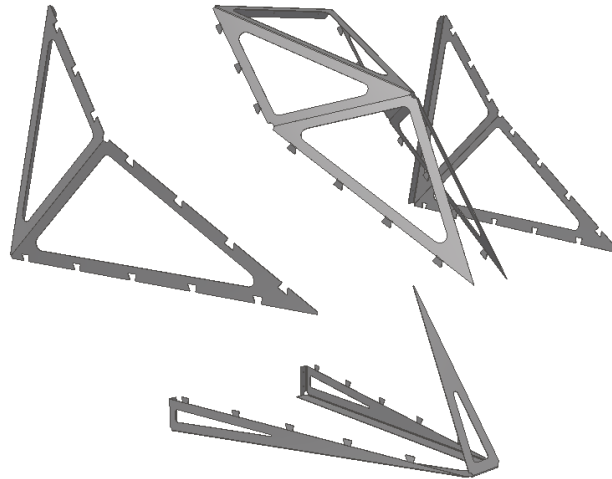


Imagen 51. Vista explosiva parachoques: Elaboración propia.

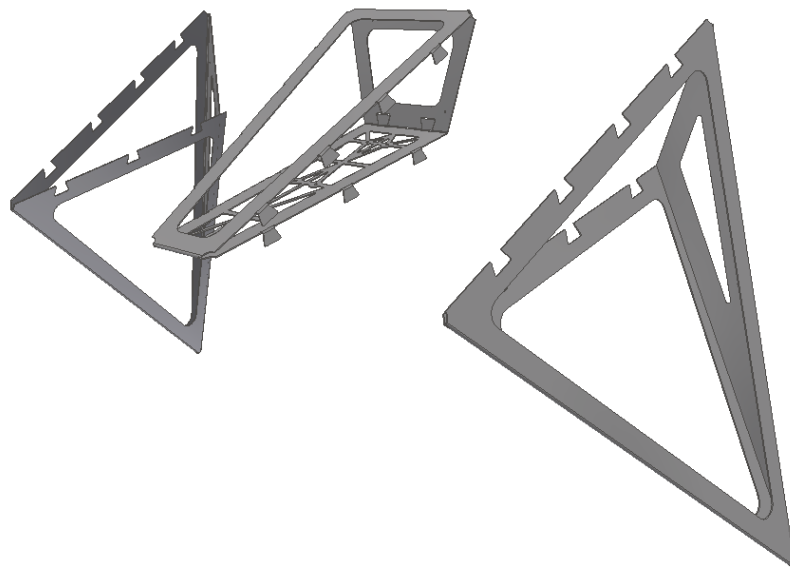


Imagen 52. Vista explosiva panel eléctrico. Fuente: Elaboración propia.

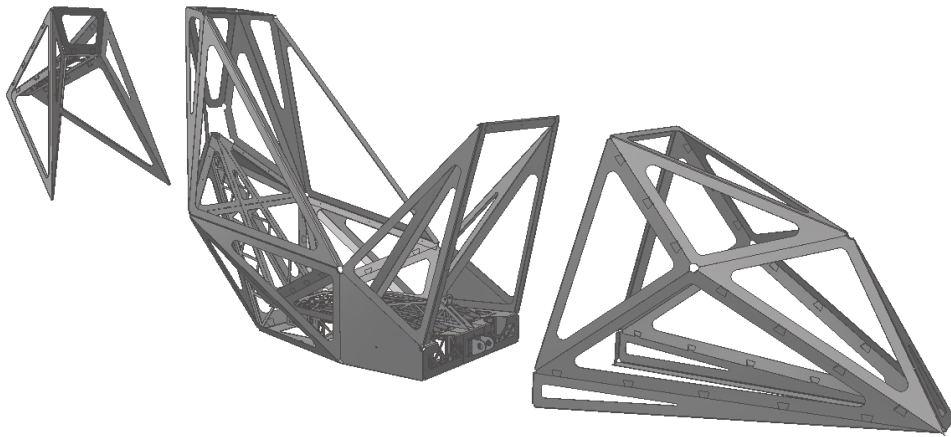


Imagen 53. Sistema de ensamble de componentes.
Fuente: Elaboración propia.

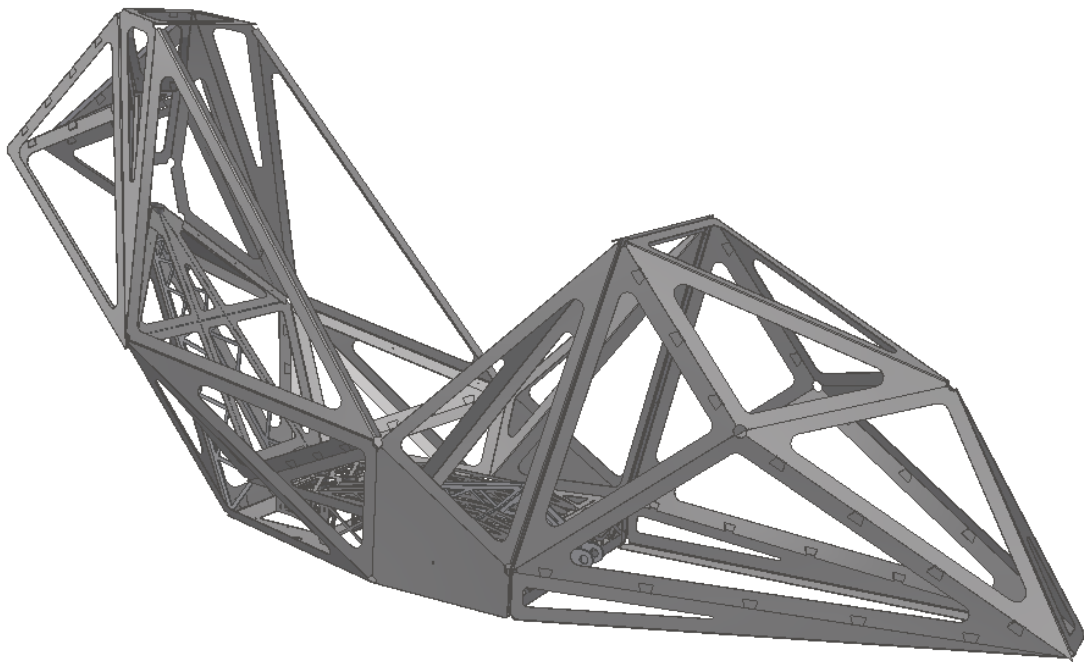


Imagen 54. Prototipo analítico integral de la carrocería.
Fuente: Elaboración propia.

Cantidad	Dimensiones	Espesor	Especificación técnica
1	Plancha de acero 1000x1000 mm	3 mm	Acero A- 36
3	Plancha de acero 1000x3000 mm	2mm	Acero A-36
2	Plancha de acero 1000x3000 mm	1,2 mm	Acero A-36
1	Plancha de acero 1000x500 mm	5mm	Acero A-36

Tabla 4. Materiales requeridos.
Fuente: Elaboración propia.

Cubicación y documentos de control

Una vez desarrollado el prototipo analítico y aprobado su construcción, es que se cubican las piezas a plegar, con la finalidad de tener un estimado de la cantidad de material que se requiere para su posterior procesamiento en tecnología de corte CAD CAM. Dicha cubicación debe ser realizada insertando las proyecciones de los desarrollos laminares dentro del formato comercial de la plancha de acero, que es de 1000 mm de ancho por 3000 mm de largo, en sus respectivos espesores de plancha.

Finalmente se elaboran los documentos de control de la producción, siendo estos los planos de partes y piezas, planos de armado de componentes planos de ensamble. Enfrentándose a la problemática de la inexistencia de normativa para el acotado de planos del plegado de chapa metálica, es que para efectos de la investigación se elaboró una simbología como representación gráfica de los aspectos a considerar en la operación del proceso. Véase en capítulo de anexos.

Cabe mencionar que, al requerir de una tecnología que no está inserta en la capacidad productiva de la Facultad, es que se decide externalizar el proceso de corte de la plancha de acero, para lo cual se elaboraron archivos CAD de las piezas, que junto con la cubicación del material se puede cotizar en diferentes alternativas de servicio. Véase la cotización en capítulo de anexos.

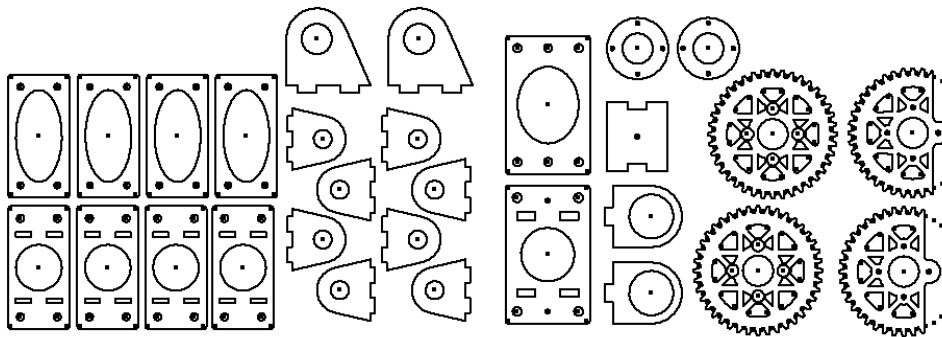
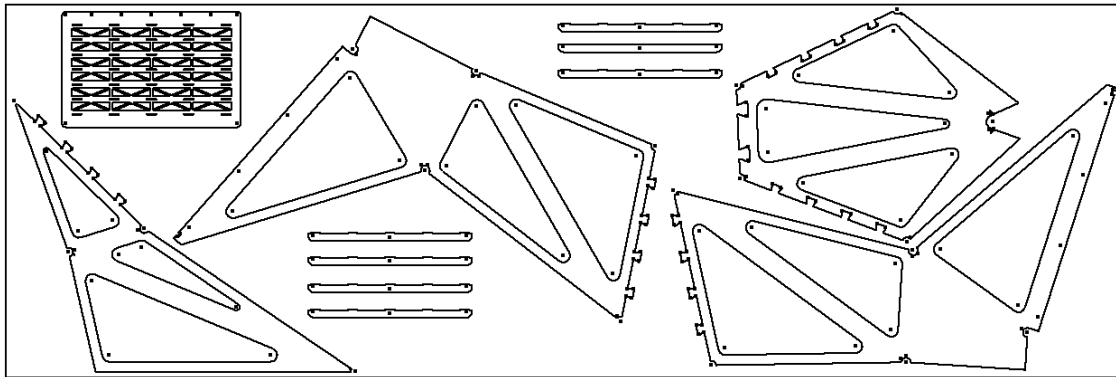
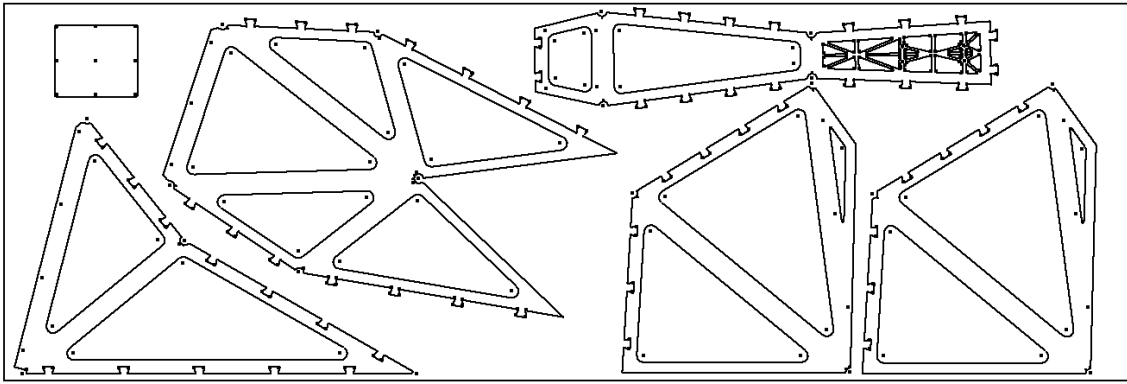


Imagen 55. Cubicación del experimento. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 56. Proceso de corte por chorro de agua.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 57. Proceso de plegado de la plancha de acero.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 58. Unión por soldadura TIG.
Fuente: Elaboración propia.

PRUEBAS Y REFINAMIENTO.

En el siguiente sub-capítulo se muestra el desarrollo de la prueba de manufactura del experimento, además de las consideraciones para sus mejoras, y posteriormente el desarrollo de su prueba en uso.

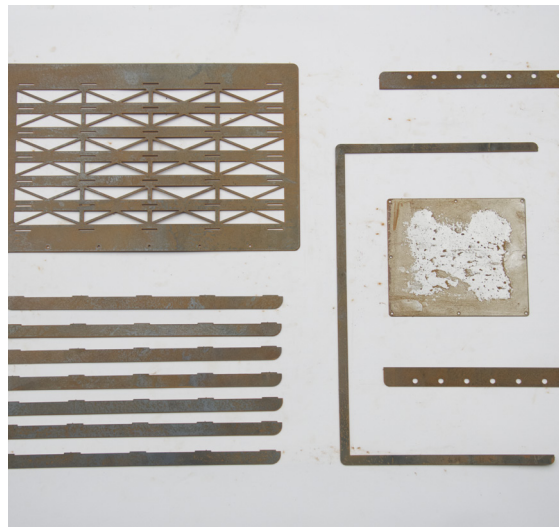
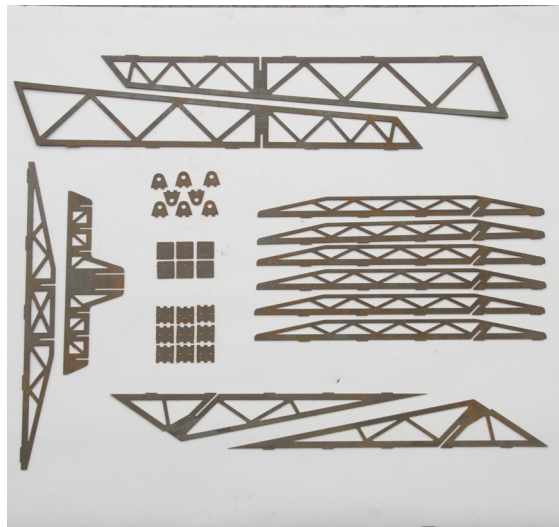
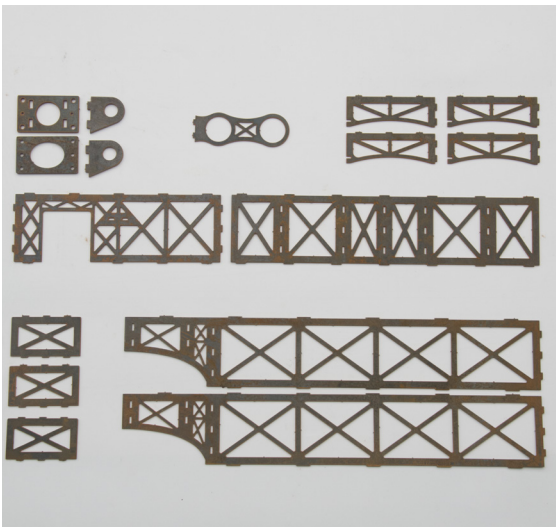
Pruebas de manufactura

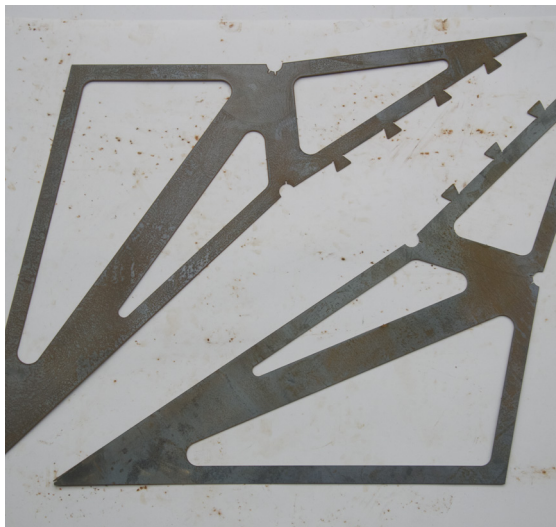
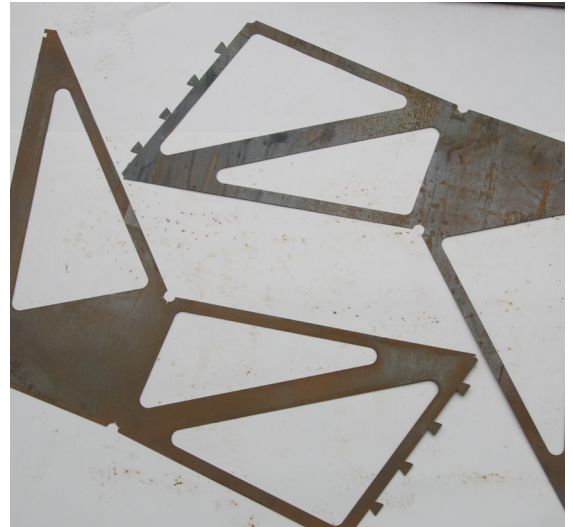
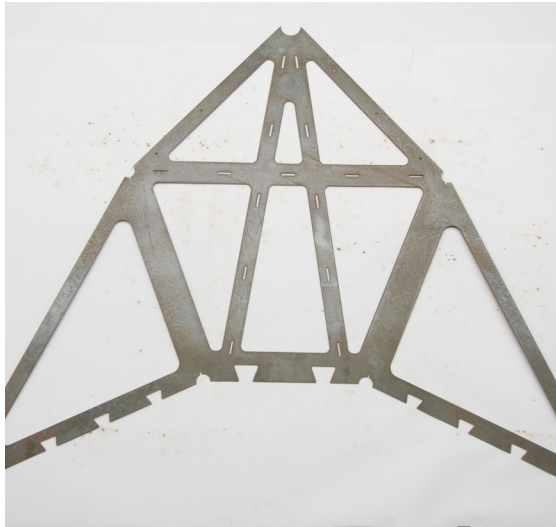
Para afrontar la manufactura del experimento se establecieron tres fases, que responden al orden de la cadena productiva anteriormente proyectada; siendo la primera el corte de la plancha de acero, posteriormente el plegado y por último el ensamble del artefacto.

Corte

Para la etapa de corte de la plancha de acero se escogió el proceso de mecanizado hidrodinámico, bajo el criterio del alto nivel de precisión con el cual opera y además del nivel de acabado de las piezas, ya que está adaptado para *“producir un chorro de agua increíblemente fino –lo habitual es que sea de 0,5 milímetros- que se hace salir de una boquilla a una presión entre 20.000 y 55.000 psi (libras por pulgada cuadrada) o, lo que es lo mismo, entre 138 y 379 megapascales, velocidades que pueden llegar a duplicar la del sonido”*.(Lefteri)Siendo este el único proceso consumido como un servicio de externos.

Una de las desventajas que presenta la tecnología en cuestión, es que el metal al tener contacto con el agua, las piezas comienzan a oxidarse inmediatamente después de la operación, por consecuencia al momento de unirlos por soldadura se considera necesario limpiarlas, evitando así la contaminación del proceso.





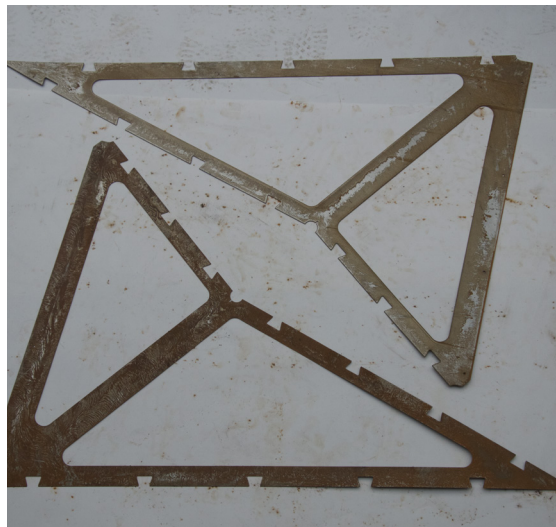


Imagen 59. Secuencia de imágenes de proceso de mecanizado hidrodinámico . Fuente: Elaboración propia.

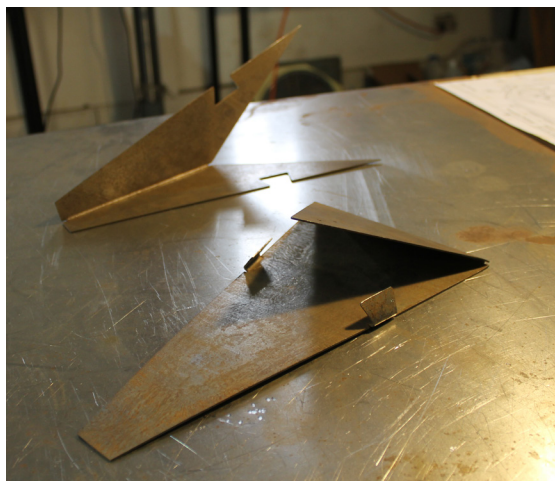


Imagen 60. Secuencia de imagenes proceso de plegado.
Fuente: Elaboración propia

Plegado

Durante la operación del proceso, las fibras externas del material están en tensiones a tracción, mientras que las interiores están en compresión. También es importante considerar que el plegado no produce cambios significativos en el espesor de la plancha de acero. (López, 2012)

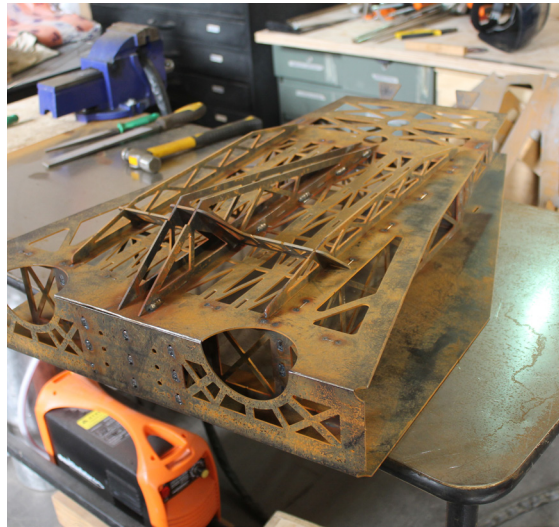
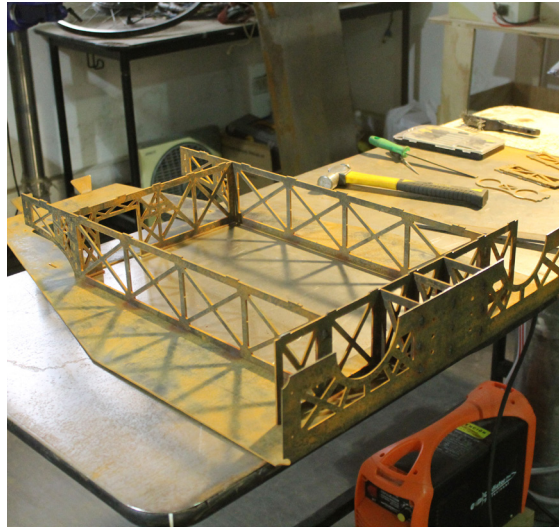
La operación se llevó a cabo con una máquina plegadora disponible en la Facultad, en la cual el desarrollo laminar de la pieza se posiciona, guiándose con las muescas indicadoras de las líneas de pliegues, bajo una muela que la prensa, posteriormente se accionan las muelas móviles mediante la palanca delantal generando la deformación voluntaria de la pieza laminar de acero. Para supervisar el plegado se midió con un goniómetro hasta lograr la geometría deseada.

En esta etapa, se detectó el problema de que existían desarrollos que tenían interferencia en la proyección de los pliegues, para lo cual se efectuaron modificaciones, cortando en las líneas requeridas de las piezas en cuestión, dividiéndolas para seguir con el proceso.

Ensamble

El ensamble del experimento se divide en dos etapas, la primera trata del armado de los componentes mediante la lógica secuencial de construcción descrita anteriormente, y la segunda trata del ensamble entre los componentes ya armados.

Una vez armada la estructura central se detectó que los pilares proyectados interferían con las manos del piloto en el viraje del vehículo, que como solución a dicho percance se decidió cortar dichos pilares, y reemplazar con un tubo cuadrado la función del elemento, pero en otra disposición.



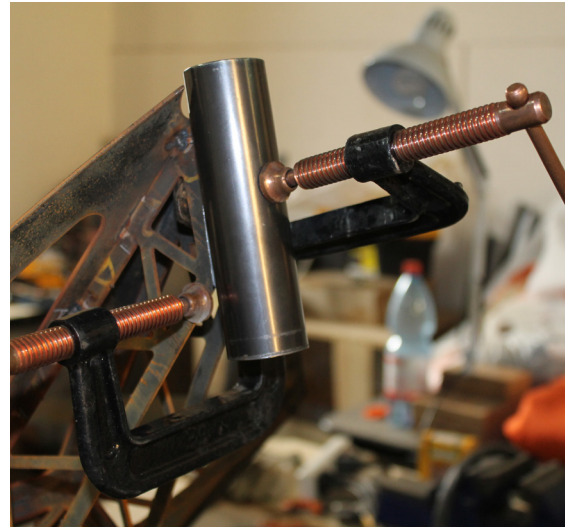
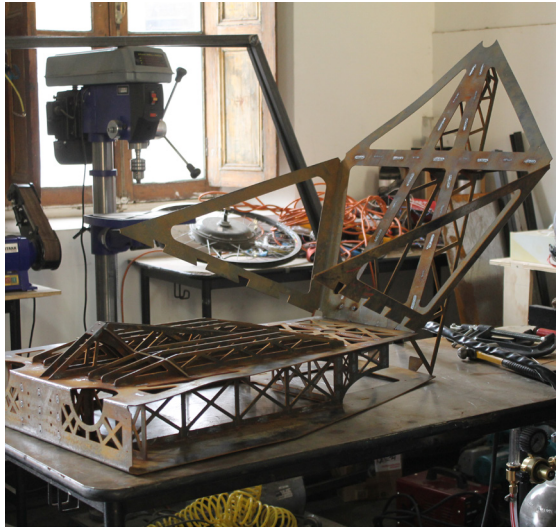




Imagen 61. Secuencia de fotos de armado y ensamble del experimento. Fuente: Elaboración propia

Pruebas en carrera

Una vez terminado el prototipo físico integral del experimento es que se lleva a la prueba en su instancia de uso, la carrera Solar Atacama, para lo cual se transportó por tierra mediante un remolque tirado por camioneta, sometimiento la maquina a vibraciones descontroladas en el traslado que comprendía el trayecto de Santiago Iquique, siendo una distancia en ruta de 1803 km aproximadamente.

Estando ya en el lugar de la carrera, la primera etapa a considerar era aprobar la revisión técnica del vehículo, la cual consistía en someter el artefacto a una evaluación llevada a cabo por expertos de diferentes áreas agrupados en comisiones, los cuales inspeccionaban los diferentes aspectos del vehículo, siendo estos el sistema eléctrico, la seguridad, ancho de trocha, largo del vehículo, luminaria, ángulos de confort del piloto, sistemas mecánicos, visión y la estructura principal del mismo, siendo este último el que involucra la investigación del presente proyecto.

La comisión evaluadora de la carrocería era compuesta por ingenieros y técnicos en mecánica, los cuales realizaban un análisis del artefacto en cuestión, que consistía en una inspección exhaustiva de la carrocería en todos sus recovecos, considerando los materiales, la disposición estructural de los elementos, las barras antivuelco y las uniones. Dicha evaluación, que para favor

del equipo fue aprobada, tuvo un alcance a mejorar, siendo este un aspecto de seguridad que comprendía en cubrir todas las aristas cortantes que pudiesen tener contacto con el piloto en un eventual choque o volcamiento, para lo cual el problema fue resuelto cubriendo dichas aristas con burletes de goma.

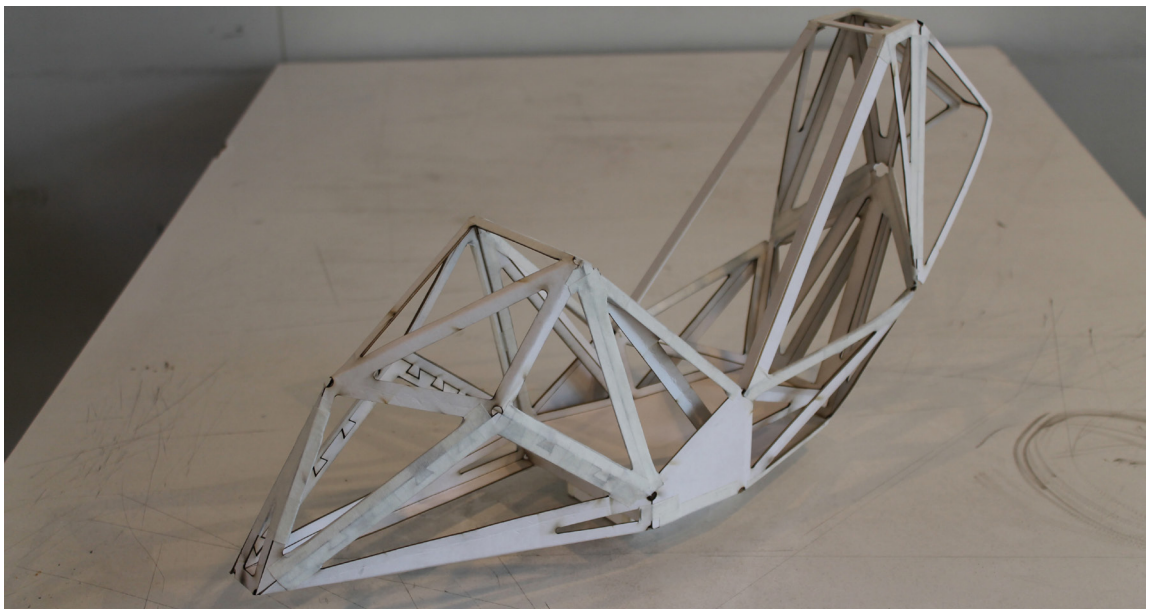
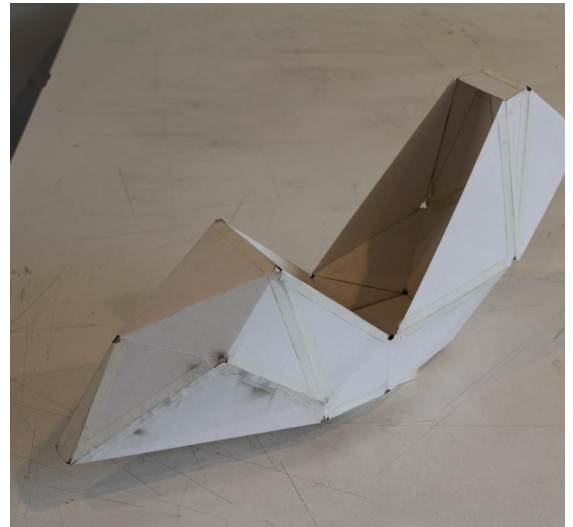
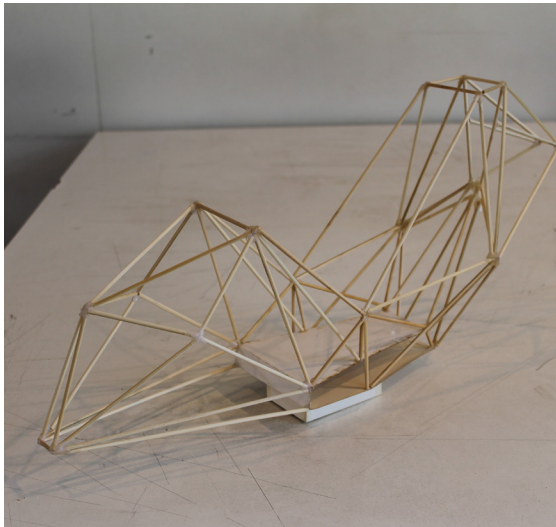
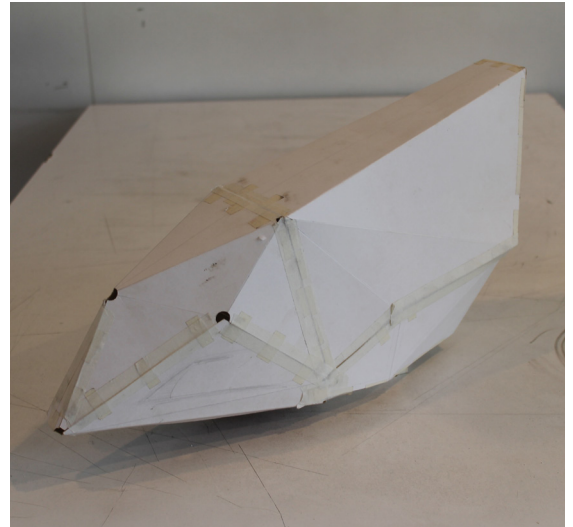
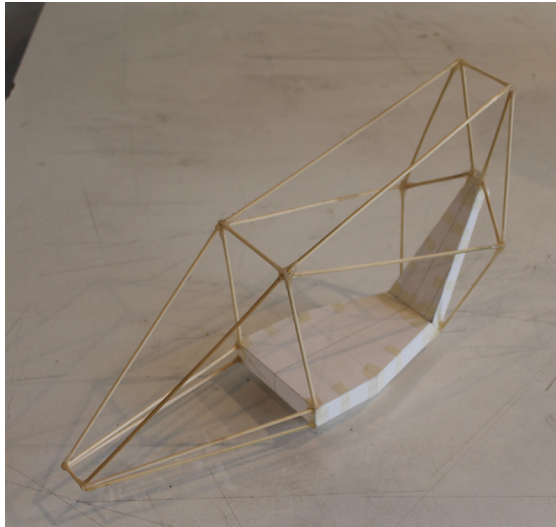
Cabe mencionar que si bien la carrocería fue aprobada en su revisión técnica, el vehículo en general no lo fue, ya que la comisión de mecánica del vehículo considero que la amortiguación de la rueda trasera no estaba del todo resuelta. Dando como alternativa de participación el incorporarse a una categoría de exhibición de carrera llamada Aventura, para lo cual el equipo Protean acepto dicha participación con la finalidad de testear las investigaciones involucradas en este proyecto de Facultad.

Finalmente, y por cuenta del equipo, se testearon las investigaciones sometiendo a la maquina a su funcionamiento deseado, el desplazamiento del vehículo dirigido por el piloto de pruebas, con todos sus sistemas en funcionamiento, recorriendo alrededor de 40 km de distancia que comprendían el trayecto entre Calama y Chiu Chiu, sometiéndose al comportamiento dinámico de la estructura, considerando el peso del piloto, las maniobras de viraje, el paso por baches y superficies irregulares.





Imagen 62. Secuencia de imágenes de pruebas del experimento en uso. Fuente: Elaboración propia



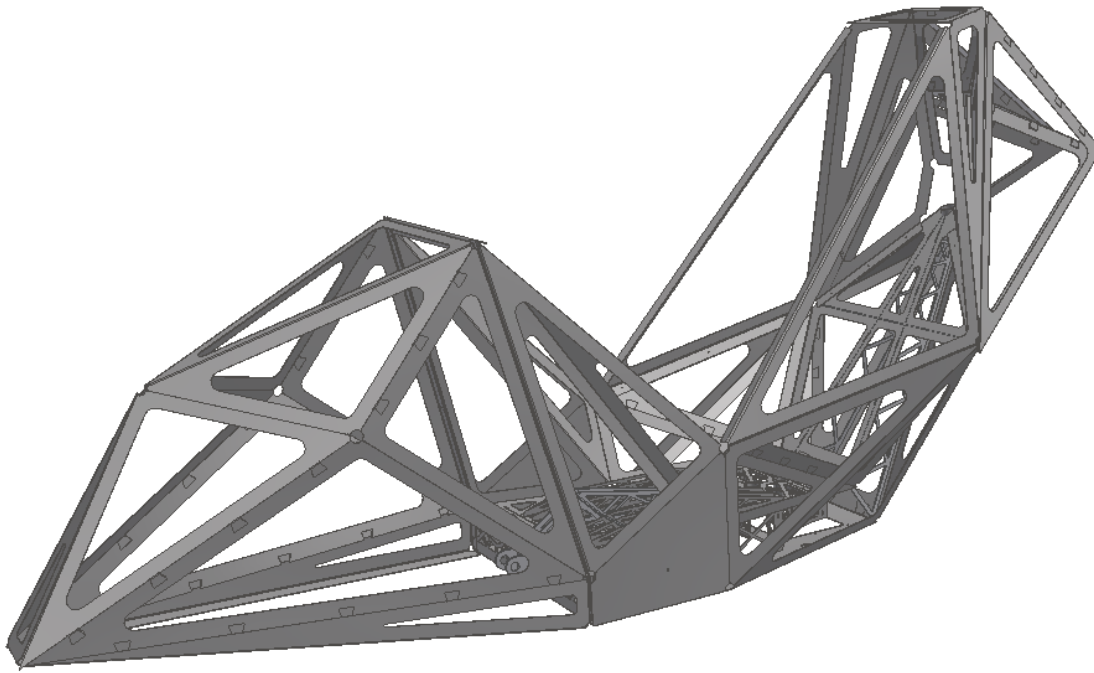
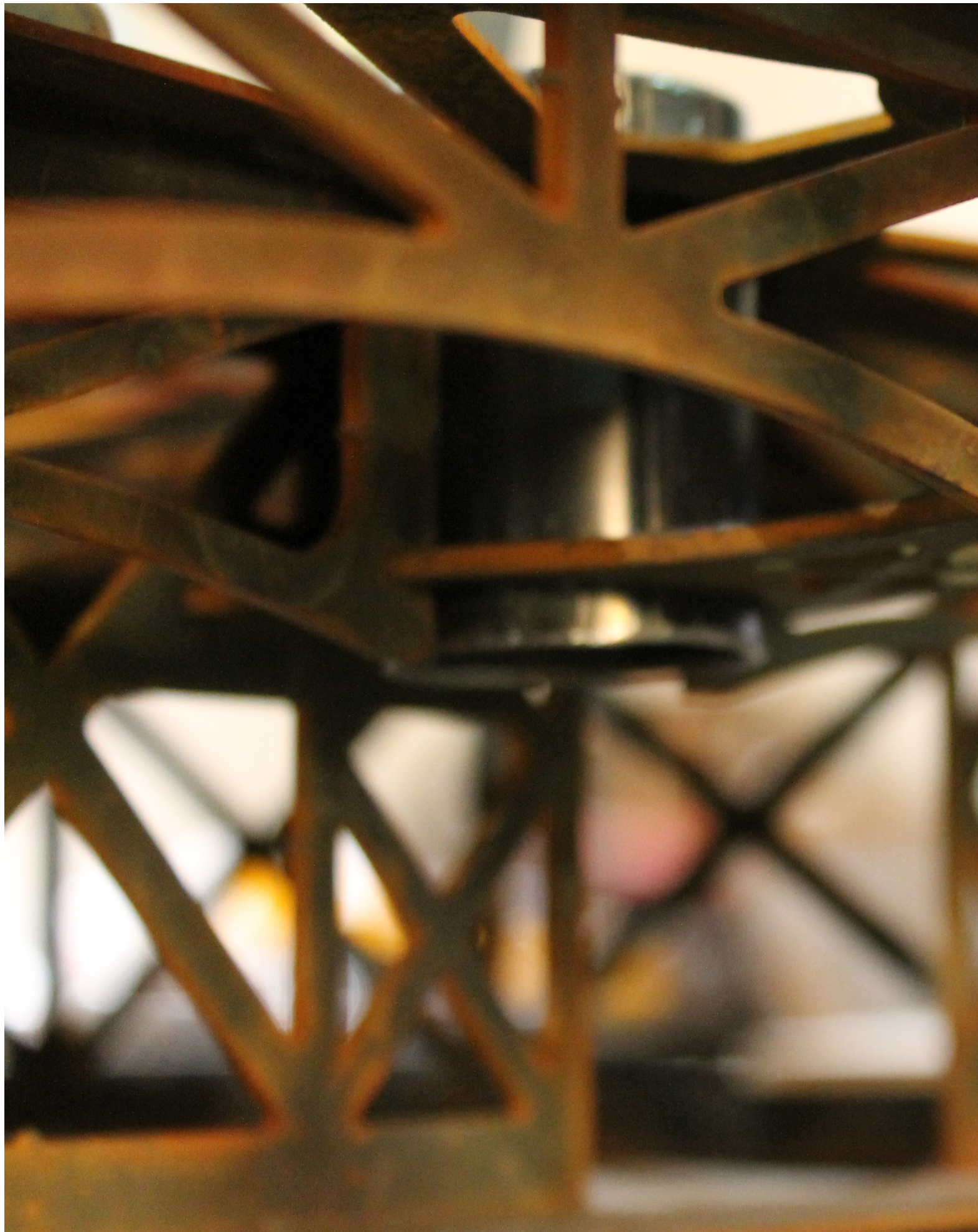


Imagen 63. Secuencia de fases proyectivas y constructivas de la carrocería.

Fuente: Elaboración propia



A close-up photograph of a metallic mechanical component, possibly a part of a microscope or a similar precision instrument. The component is cylindrical and has a hole on its left side. A horizontal rod or wire passes through this hole. The background is dark and out of focus, showing some structural elements of the instrument. The text "RESULTADOS Y CONCLUSIONES" is overlaid in white, centered on the right side of the image.

RESULTADOS Y
CONCLUSIONES

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

RESULTADOS TÉCNICOS.

Los resultados técnicos de la investigación están enfocados en la inspección de la estructura y en la evaluación del control de la forma a través del procedimiento productivo explorado. Por consiguiente, una vez de vuelta al laboratorio, se procedió a desarmar el experimento para revisar los posibles colapsos en la estructura, detectando una serie de alteraciones en la misma:

1.-Se detectaron grietas en la zona delantera de la plataforma base, por colapso de cordones de soldadura sin aporte, con la particularidad de que el fenómeno ocurrió en ambos lados de la estructura, la derecha con una distancia de 4.4mm y la izquierda de 4.7 mm, interpretando que hay atisbos de simetría. Ver imagen 64 y 65.

2.-También se localizó un error de encaje en la unión de cola de milano

3.-En el parachoques se detectó un oscilamiento en el módulo más largo de la pieza inferior, siendo esta de 1.2mm de espesor, interpretando que fue causada por la aplicación de temperatura en la operación de soldadura.

4.-Finalmente se localizó una separación de material entre las piezas de terminación aguda en el parachoques.

Por consecuencia, en las alteraciones detectadas se interpretó que algunas fueron causadas por las constantes vibraciones a las que fue sometida la estructura, la errada proyección de las fuerzas a las que sería sometido el experimento en su uso y por último la aplicación de temperatura a través de la operación de soldadura.

Posterior a ello se planificó un sistema de mediciones para evaluar el control de la simetría, que respondiera a la lógica de armado del experimento, la cual comenzaba su fabricación en la parte delantera de la plataforma base, siendo el punto centro de esta considerado como el más confiable para ser cota cero de referencia en las mediciones.



Imagen 64. Grieta izquierda plataforma base. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 65. Grieta derecha plataforma base. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 66. Error de encastrados. Fuente: Elaboración propia.

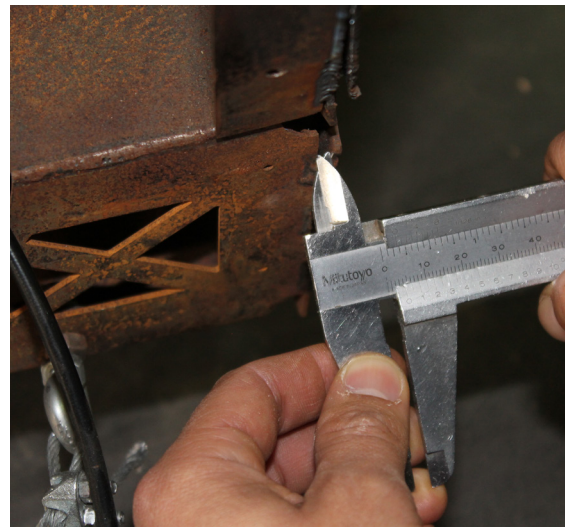


Imagen 67. Toma de medidas de grietas. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 68. Toma de datos. Fuente: Elaboración propia

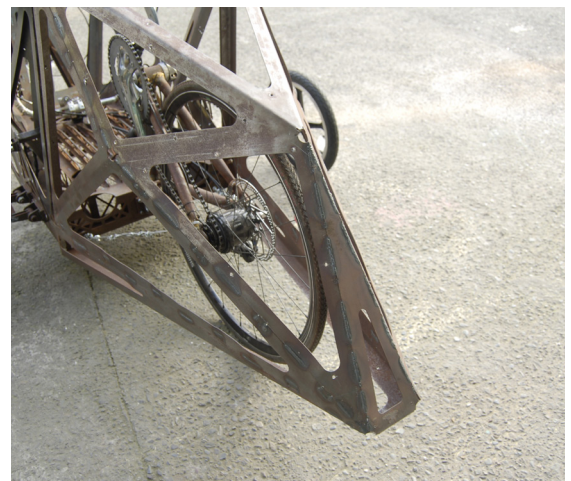


Imagen 69. Encuentros agudos de parachoque. Fuente: Elaboración propia

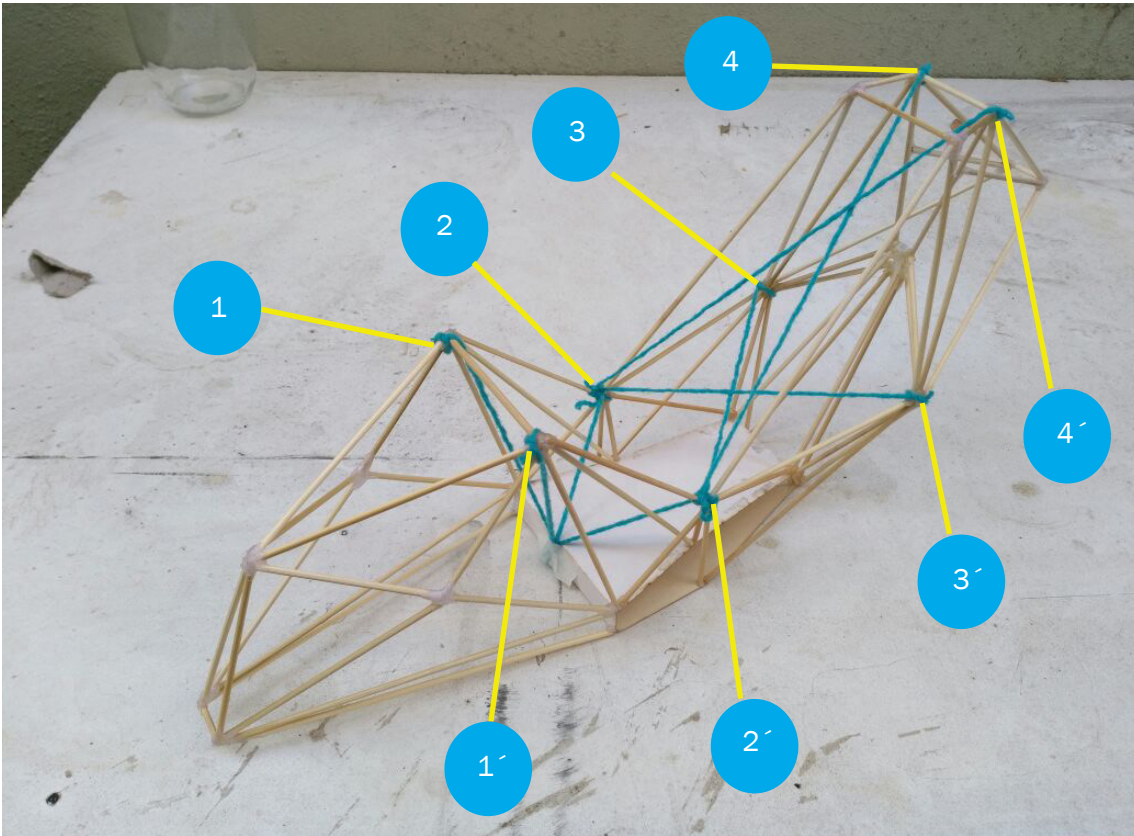


Imagen 70. Proyección de las recolección de datos. Fuente: Elaboración propia

La recolección de datos fue llevada a cabo considerando las distancias de los vértices internos de la estructura con el punto inicial de la lógica secuencial de armado, las cuales fueron comparadas con las medidas proyectadas en un modelo digital del experimento.

A continuación se presentan las mediciones a tomar, mediante uno de los prototipos de estudio a escala, que trata de la proyección de rectas imaginarias que van desde el punto antes mencionado a los vértices internos de la estructura, posteriormente se muestra una tabla con las medidas recopiladas.

En base a los datos arrojados por las mediciones, y el procesamiento de datos, es que se concluye que el sistema de construcción estudiado tiene un 2,7 % de error, o variación de la geometría deseada.

Tabla de medidas

Medidas extraídas de modelo digital 3D	Distancia lado derecho		Distancia lado izquierdo	
731,5 mm	0 → 1	717 mm	0 → 1'	714 mm
467 mm	0 → 2	455 mm	0 → 2'	454 mm
877 mm	2' → 3	862 mm	2 → 3'	864 mm
1236 mm	2' → 4	1234 mm	2 → 4'	1232 mm

Tabla 5. Recolección de datos.
Fuente: Elaboración propia.

Errores absolutos y relativos

Errores absolutos	Errores relativos
$e = f_m - f_r$	$e = \frac{f_m - f_r}{f_r}$

Tabla 6. Formulas de errores absolutos y relativos.
Fuente: Elaboración propia.

f_m = Distancia medida
f_r = Medida de construcción

Tabla de errores absolutos y relativos

Medida	Errores absolutos	Errores relativos
0 → 1 = 717 mm	717 - 731,5 = -14,5	-14,5 / 731,5 = -0,019 1,9%
0 → 1' = 714 mm	714 - 731,5 = -17,5	-17,5 / 731,5 = -0,023 2,3%
0 → 2 = 455 mm	455 - 467 = -12	-12 / 467 = -0,025 2,5%
0 → 2' = 454 mm	454 - 467 = -13	-13 / 467 = -0,027 2,7%
2' → 3 = 862 mm	862 - 877 = -15	-15 / 877 = -0,017 1,7%
2 → 3' = 864 mm	864 - 877 = -13	-13 / 877 = -0,014 1,4%
2' → 4 = 1234 mm	1234 - 1236 = -2	-2 / 1236 = -0,001 0,1 %
2 → 4' = 1232 mm	1232 - 1236 = -4	-4 / 1236 = -0,003 0,3%

Tabla 7. Errores absolutos y relativos. Fuente: Elaboración propia.

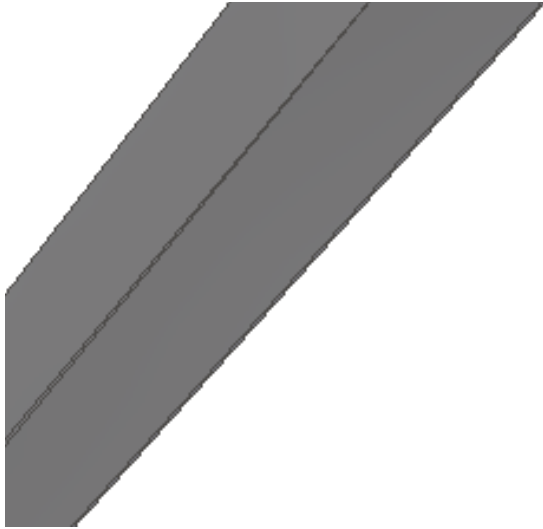


Imagen 71. Barra prismatica como vocabulario de forma. Fuente: Elaboración propia

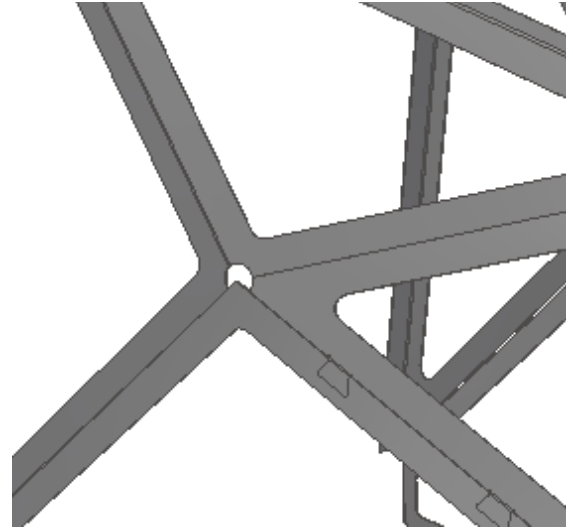


Imagen 72. Relación espacial. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 73. Vertice como vocabulario de forma. Fuente: Elaboración propia

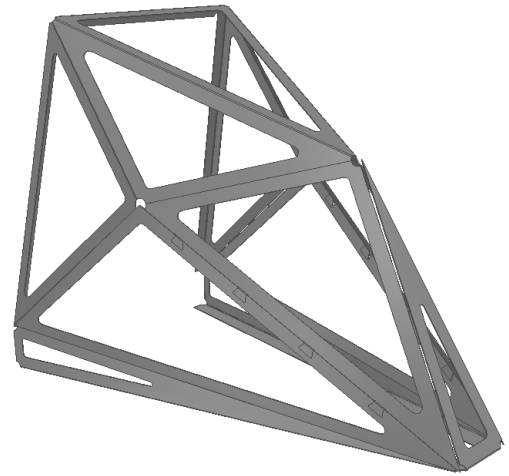


Imagen 74. Relacion espacial y reglas. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 75. Arco como vocabulario de forma. Fuente: Elaboración propia

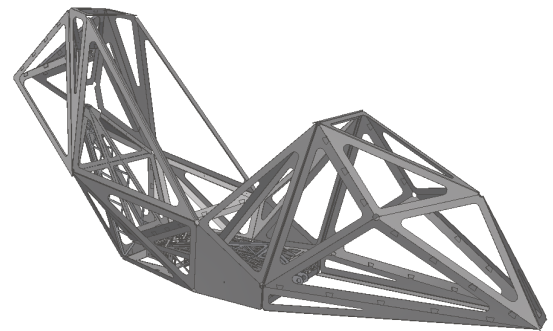


Imagen 76. Relacion espacial y reglas. Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS MORFOLÓGICOS.

...“Casi cualquier artefacto es una estructura de un tipo u otro, y aunque casi ningún artefacto está pensado de forma primordial para producir un efecto estético o una emoción, es altamente importante darse cuenta de que no existe algo así como una obra estéticamente neutra”...

(J.E.Gordon, 2004)

No siendo uno de los objetivos de la presente investigación, una evaluación cualitativa, de todas maneras se consideró pertinente incorporar los resultados morfológicos detectados a partir del experimento, ya que como consecuencia del sometimiento a la opinión del cuerpo docente, se detectó el reconocimiento de una gramática formal lograda a través del procedimiento productivo estudiado, entendiéndola como el conjunto de reglas de transformación aplicadas de forma recursiva a una forma inicial, generando nuevas formas (Stiny, 2006) la cual se compone de una serie de elementos que a continuación serán ejemplificados con el presente caso:

-Vocabulario de formas: El vocabulario está dado por un conjunto finito de elementos tridimensionales, de carácter primitivo, siendo estos las formas iniciales con las cuales se compuso el experimento.

-Relaciones espaciales: Esta alude a la mezcla del vocabulario antes descrito, que se representa por la relación entre aristas y vértices, además de los arcos que conectan dichas aristas.

-Reglas: La regla fundamental para la composición del experimento, fue la disposición triangular en la relación de los elementos, que para el caso las relaciones son aditivas y substractivas.

-Forma inicial: Como forma inicial de la composición se consideró el elemento A, siendo esta la barra de sección prismática con una geometría de perfil medio, que mediante su repetición en una retícula se puede apreciar un patrón de la misma.



CONCLUSIONES.

...“Y aquí tenemos una palabra que requiere una definición: “inspiración” – la capacidad de estimular el pensamiento creativo. Los nuevos desarrollos en materiales y procesos son fuentes de inspiración para los diseñadores de productos”...

(Michael Ashby and Kara Johnson, 2014)

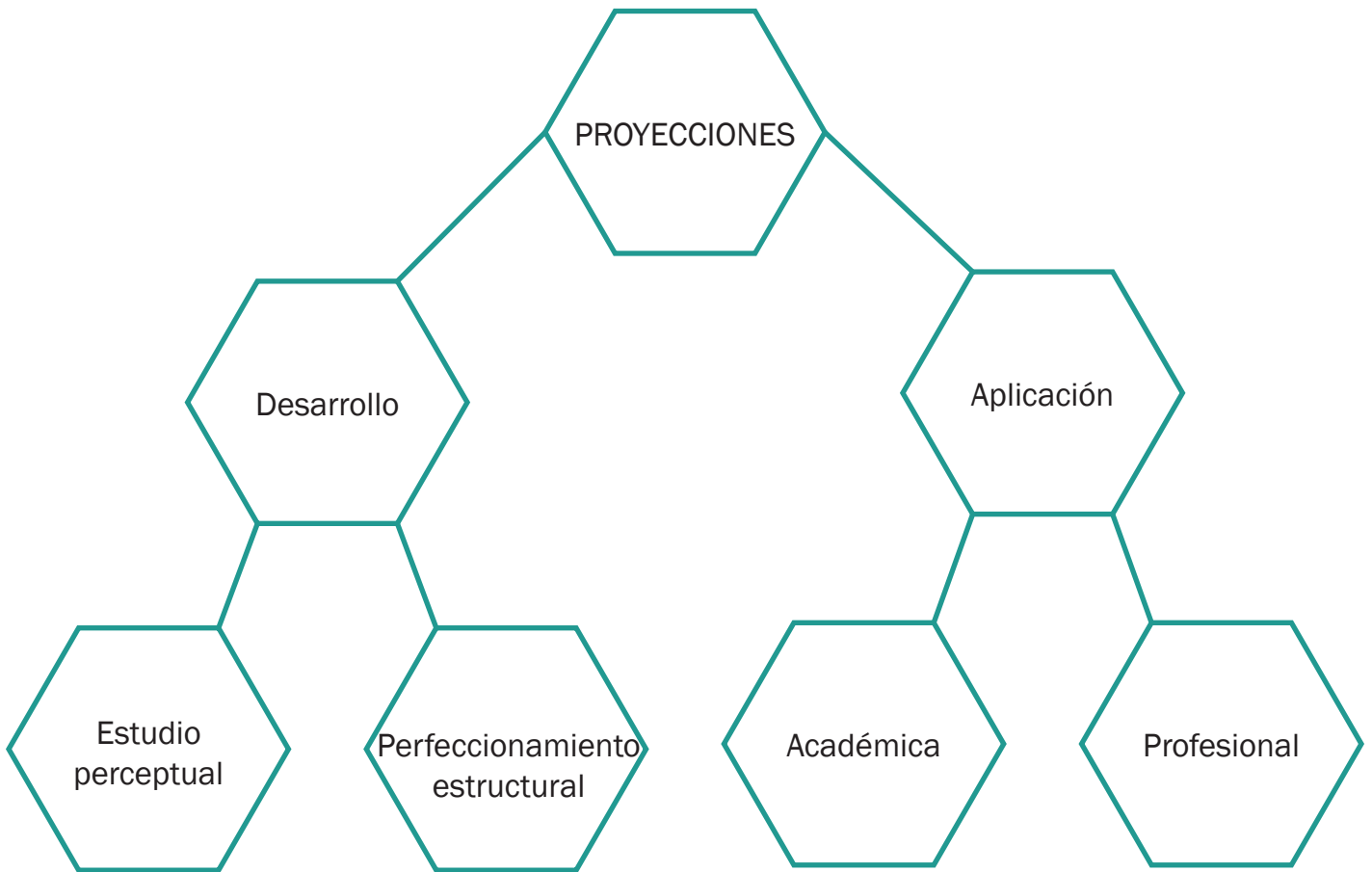
Mediante la reflexión de los resultados de la investigación, se puede concluir que el producto resultante del desarrollo del presente proyecto es la elaboración de una técnica para el trabajo de la plancha de acero en la construcción de mallas reticulares, entendiendo la técnica como un procedimiento o conjunto de reglas cuyo objetivo es obtener un resultado predeterminado de la acción racional o el de cualquier actividad manual o intelectual, considerando que es reglada, transmisible, eficaz, no es invariable y puede ser modificada o reemplazada. (Leroi-Gourhan, 1989) Contribuyendo al estado actual del conocimiento en el área de materiales y procesos industriales, proporcionando evidencia nueva sobre un tema ya tratado.

La técnica en cuestión deriva en una lectura de la forma mediada por las reglas y patrones de la conformación de la misma, poniendo en consideración la existencia de una gramática formal, detectando una oportunidad investigativa que se enfoque en el análisis y desarrollo de la mis-

ma, siendo una oportunidad para el campo del diseño Industrial de productos.

También cabe mencionar que dicha técnica puede ser considerada como una aplicación en la manufactura de familias de productos, mediante su consideración en proyectos de diseño industrial. Y si nos situamos en los nuevos campos de desarrollo actual, tiene gran potencial en la inserción de la misma en el diseño generativo, codificando sus parámetros y llevándolos a su proyección digital.

Pero la más importante aplicación, considerada por el presente autor, es su uso para el desarrollo de productos industriales con realización artesanal, en la proyección de series cortas elaboradas por pequeñas y medianas empresas del área metalmeccánica, demostrando de esta manera que la capacidad productiva nacional actual, no solo puede ser de materias primas y materiales pre-elaborados, sino que también en el desarrollo de productos como bienes de consumo.



PROYECCIONES A FUTURO.

Las proyecciones a futuro de la presente investigación se dividen en dos partes, la primera alude a seguir estudiando la técnica, y la otra a la aplicación de la misma. En el siguiente mapa conceptual se ilustra la descomposición de las proyecciones:

Continuar desarrollo de la técnica

La continuidad en el desarrollo de la técnica, alude a seguir investigando esta manera de construir con la plancha de acero, abordando dos temáticas:

-**El perfeccionamiento estructural;** que se enfoca básicamente en el levantamiento de una investigación cuantitativa abordada por el área de Diseño Industrial en conjunto con ingeniería mecánica, para que en conjunto se busquen mejoras estructurales para su posterior aplicación.

-**El estudio perceptual:** que también trata del levantamiento de una investigación, pero cualitativa, acerca del análisis perceptual de la gramática formal antes mencionada, abordada por el área de Diseño Industrial.

Aplicación de la técnica

Aplicación académico; Se refiere a considerar el experimento como material académico de apoyo

para ramos de la malla de la carrera de Diseño Industrial que aludan a las temáticas estudiadas en el mismo.

- **Materiales y procesos industriales:** en la unidad de acero, como una técnica de trabajar el formato de plancha, explicando los procesos productivos de plegado y soldadura.

-**Modelamiento:** en la unidad de chapa metálica, utilizando el prototipo analítico del experimento como aplicación del material.

-**Maquetas y prototipos:** en la unidad de metales, como técnica para trabajar la plancha de acero. Considerando los procesos productivos de plegado y soldadura.

-**Estructuras:** En el análisis de fenómenos físicos de las estructuras.



Imagen 77. Aplicación académica en clase de estructuras. Fuente: Elaboración propia



Imagen 78. Aplicación académica en clase de estructuras. Fuente: Elaboración propia

Aplicación profesional; Se refiere a abstraer la técnica del experimento y aplicarla en la construcción de diversas gamas de productos.

-Asesorías a instituciones y profesionales: brindar el apoyo necesario a instituciones o en su defecto a profesionales que requieran hacer uso de la técnica estudiada.

-Empresa de desarrollo de productos: Creación de una empresa dedicada al desarrollo de una plataforma de productos que utilice esta técnica, como por ejemplo luminarias o mobiliario.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

- Info Acero. (2000). Obtenido de http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm
- Amada miyachi. (2016). Obtenido de <http://spanish.amadamiyachi.com/glossary/glossspottwelding>
- A., M. d. (1971). Manual de automoviles y vehícuos motorizados. C.E.C.S.A.
- adobracia. (s.f.). adobracia, origamis y kusudamas. Obtenido de http://adobracya.blogspot.cl/p/blog-page_7503.html
- Arquigrafico. (2016). Arquigrafico. Obtenido de <http://www.arkigrafico.com/que-es-la-cupula-geodesica/>
- Atacama, C. S. (2015). Bases técnicas Híbrido. La ruta solar.
- bycycles, F. (2011). Flickr. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/fireflybicycles/with/8540312278/>
- desert, R. (2016). RDC Race Desert. Obtenido de <http://www.race-dezert.com/forum/threads/new-armada-engineering-trophy-truck.119258/>
- Dornob. (s.f.). Dornob, design ideas daily. Obtenido de <http://dornob.com/metal-origami-flat-pack-sheets-form-super-strong-shapes/#ixzz2ZrLMeSAf&i>
- Eppinger, K. T. (2013). Diseño y desarrollo de productos. Mc Graw Hill Education.
- Feijóo, J. C. (2014). Estructuras reticuladas.
- J.E.Gordon. (2004). Estructuras o porque las cosas no se caen. Madrid: Calamar.
- Kasahara, K. (2004). Papiroflexia, Origami para Expertos. Madrid: Edaf.
- La ruta solar. (2016). Carrera solar atacama. Soy solar, edicion carrera solar atacama , 5.
- Larburu, N. (1997). Maquinas prontuario, tecnicas, maquinas y herramientas. Paraninfo.
- Lefteri, C. (s.f.). Asi se hace. Blume.
- Leroi-Gourhan, A. (1989). El medio y la tecnica. Madrid: Taurus.

- López, B. s. (2012). Ingeniería industrial online.com. Obtenido de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/>
- Martínez, J. P. (2012). Emol . Obtenido de <http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2012/11/19/570347/el-vehiculo-de-colihue-que-atraveso-el-desierto-de-atacama-en-la-carrera-solar.html>
- Michael Ashby and Kara Johnson. (2014). Materials and design, the art and science of material selection in product design. Elsevier.
- Stiny, G. (2006). Shape, talking about seeing and doing. London: The MIT Press.
- thecoolist. (2016). thecoolist. Obtenido de <http://www.thecoolist.com/faceted-design-10-crystalline-creations-of-future-design/orime-mouse-2/>
- Thompson, R. (2007). Manufacturing processes for design professionals. Blume.
- Venezuela, U. d. (s.f.). Manufactura on materiales metálicos. Obtenido de <http://web-delprofesor.ula.ve/arquitectura/lvergara/Autogena.htm>
- Wardle, S. M. (2009). H-POINT. DesignStudio.
- Wearmouth, D. (s.f.). El tornillo que te falta. Obtenido de <https://eltornilloquetefalta.net/2011/02/01/papton-una-silla-de-carton/>
- Z.Marciniak, J. y. (2002). Mechanics of sheet metal forming. London: Butterworth-Heinemann.

ANEXOS

CLAUDIO ANTONIO VALENCIA RIVERA

El Carmen 036 - Lo Chacón

El Monte - Santiago - Chile

Fono-Fax: (56) 22 818 17 07 / 22818 14 55

R.U.T. 13.073.730-7

E-mail: corte@inox-man.cl

**COTIZACION N° 2016-299**

SERVICIO DE CORTE

Señores	: <u>UNIVERSIDAD DE CHILE</u>	Fecha	: <u>23-03-2016</u>
Atención	: <u>MAURICIO TAPIA</u>	Plazo de entrega	: <u>3 días hábiles</u>
Teléfono	: <u>9-84193915</u> FAX _____		: <u>desde la OC</u>
Referencia	: <u>SERVICIO DE CORTE</u>		
Forma de pago	: <u>DOCUMENTO A 30 DIA CONTRA ENTREGA.</u>		

Item	Q	Descripción	Precio Unitario	Total
I	1	SERVICIO DE CORTE POR CHORRO DE AGUA CORTE DE PLACAS A36 EN 5,3,2 Y 1,5MM ESP CANT PZAS: 112.- PLANCHAS A NECESITAR 1.-1000X1000X3MM ESP A36 3.-1000X3000X2MM ESP A36 1.-1000X3000X1,5MM ESP A36 1.-1000X2000X1,5MM ESP A36 COTIZADO SEGÚN ESQUEMA PROPORCIONADO POR EL CLIENTE NO INCLUYE MATERIAL.	915.500	915.500
			Sub-total	915.500
			I.V.A.	173.945
			Total	1.089.445

ATENCION

Trabajo cotizado según información técnica y especificaciones proporcionadas por el cliente.

Cualquier modificación implica una nueva cotización.

1. El valor indicado no incluye material o embalaje, salvo que se indique.
2. Al aceptar esta propuesta el cliente aprueba los planos de distribución enviados para cotizar o desarrollados por Inox-Man.
3. Si el cliente proporciona el material deberá consultar por las dimensiones requeridas y retirar el material sobrante. Se eliminarán los saldos sobrantes una vez retirado el trabajo.
4. La precisión del desplazamiento de corte es de +/- 0.127 mm por metro.
5. Validez de la oferta 10 días hábiles.
6. Indicar número de cotización en Orden de Compra.

Atentamente,

Claudio Valencia R.
E-mail: claudio.valencia@inox-man.cl
Cel.: 08-1574732

Barraca de Fierros, Ferrería
Ortuzar 1054 - Melipilla
Fonos : 02-28324602 - 02-28316055
www.fierrocor.cl - fierrocor@gmail.com

COTIZACION
N° 31736

Generó esta Cotización : 4 FRANCISCO ALVAREZ
12:01:15

Melipilla, miércoles, 7 de Septiembre de 2016

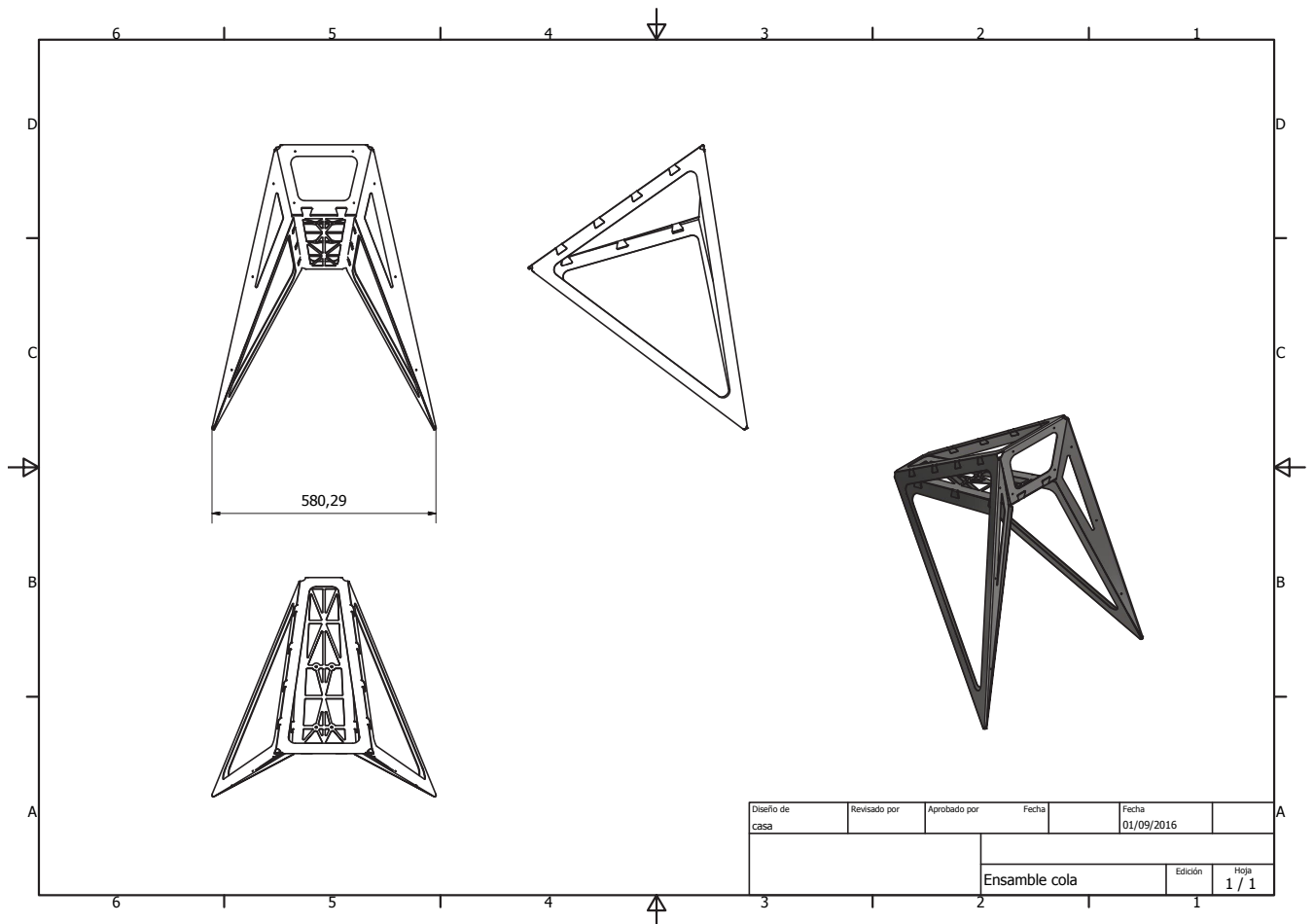
Señor(es).....: COTIZACION	RUT.....: 78.954.900-1
Dirección.....:	Comuna...: MELIPILLA
E-Mail.....: matiasjev@gmail.com	Giro.....: VARIOS
Condiciones...: Contado * Efectivo	Teléfonos.: -

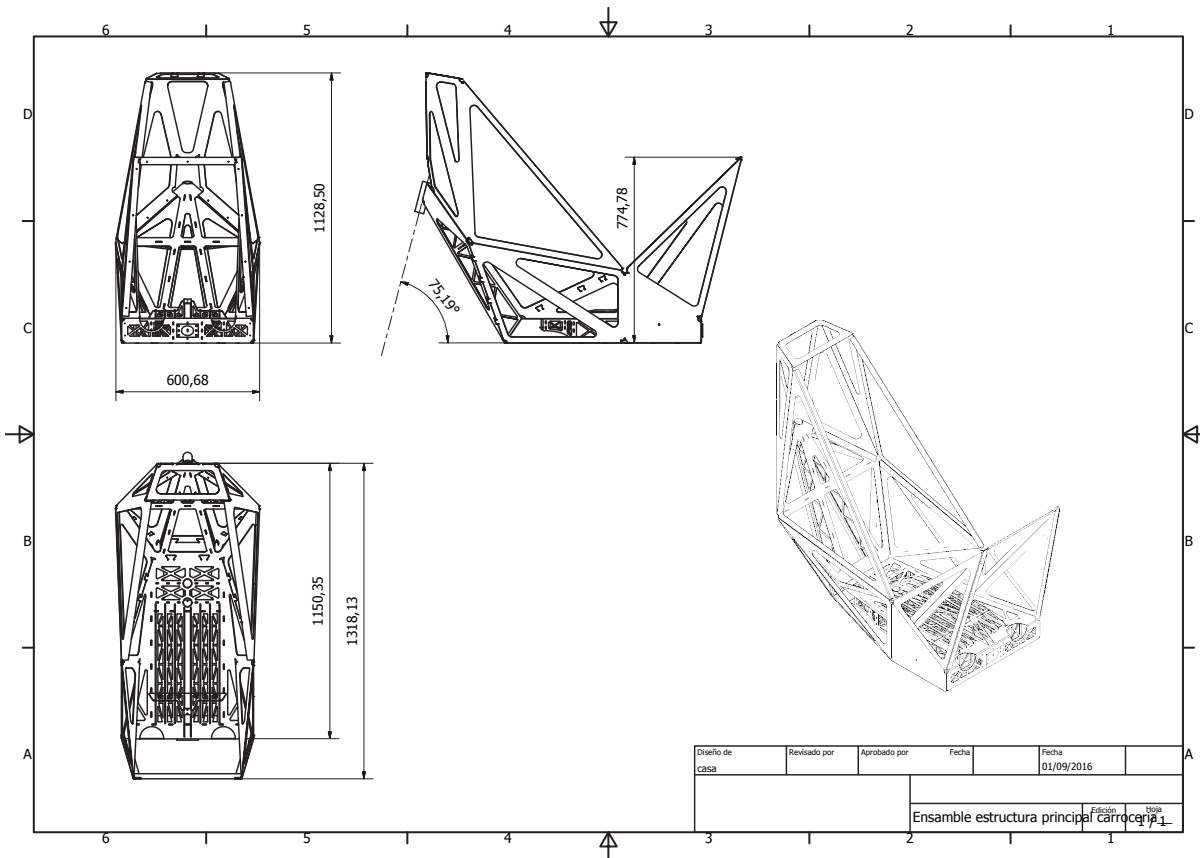
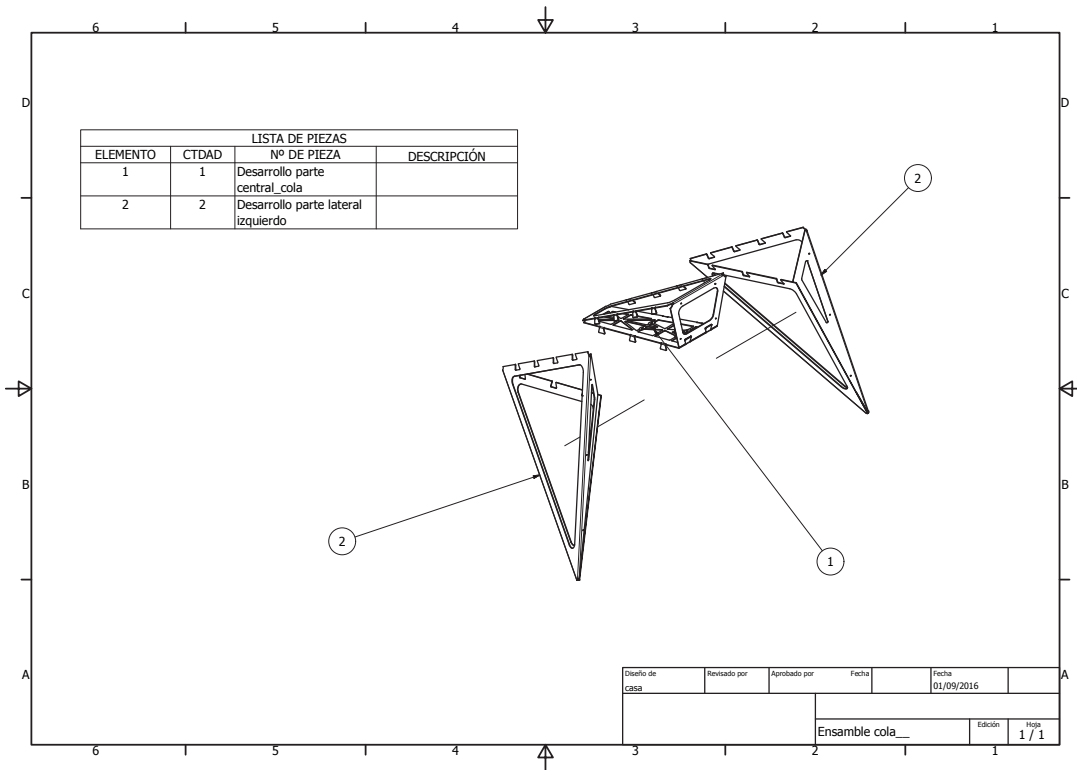
SIRVASE REVISAR ESTA COTIZACION POR LO SIGUIENTE:

Código	Cantidad	Glosa	Unitario	Total
PL-3031	,34	PL. LISA 1000 X 3000 X 3.0 MM 1 MTR	44.874	15.257
PL-2031	3	PL. LISA 1000 X 3000 X 2.0 MM	23.725,66	71.177
PL-1231	2	PL. LISA 1000 X 3000 X 1.2 MM	17.068,39	34.137
			Neto	120.571
			19% Iva	22.908
			Total	143.479

NOTA : AL ORDENAR, INDICAR EL NUMERO DE NUESTRA COTIZACION.

Descripcion	Horas	Costo Hora	Total
Material			\$ 143.479
Servicio de corte	24	\$ 45.394	\$ 1.089.456
Hora hombre Operario de doblado(4 dias	32	\$ 15.000	\$ 480.000
Honorarios soldaduras	40	\$ 6.250	\$ 250.000
Diseño un mes de trabajo	192	\$ 6.250	\$ 1.200.000
Coto Total			\$ 3.162.935





LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Plataforma	
2	1	Base soporte basculante	
3	2	Separador longitudinal_caja de baterias	
4	1	Pared interna transversal delantera	
5	2	Pared interna longitudinal_caja banco de baterias	
6	1	Pared interna transversal trasera	
7	3	Pipa de direccion	
8	1	Separador inferior pipas de direccion	
9	4	Soporte transversal pipa direccion	
10	2	viga soporte shock delantero	
11	1	Base fija soporte shock	
12	6	Pisaderas	
13	1	Soporte transversal_shock delantero	
14	2	Cuadernas_respaldo	
15	1	Travesaño respaldo	
16	1	Ensamble desarrollo interior	
17	1	Ensamble desarrollo exterior	
18	1	Travesaño barra anti vuelco delantera	
19	1	Ensamble barra anti-vuelco	

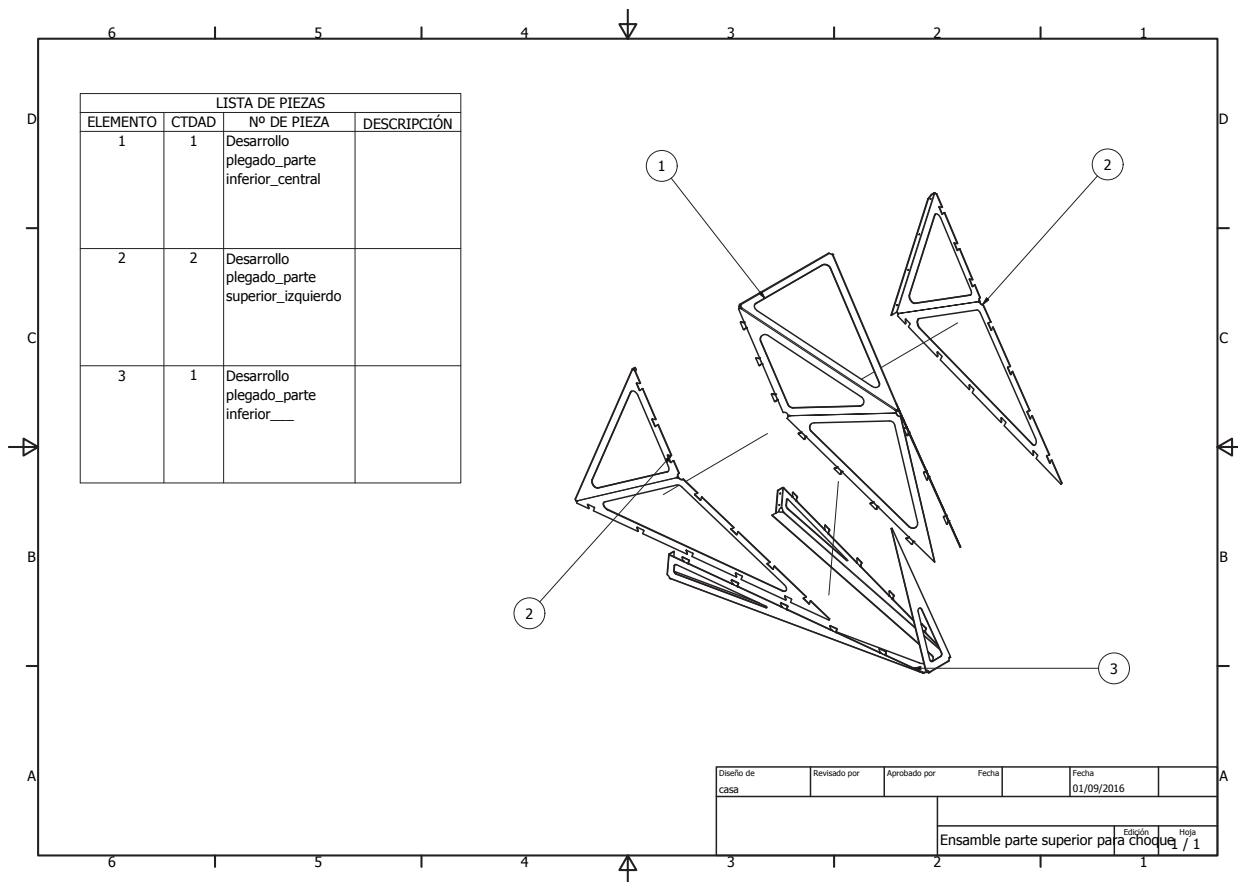
Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
casa				01/09/2016	
			Edición	Hoja	
				1	

Ensamble estructura principal carrocería

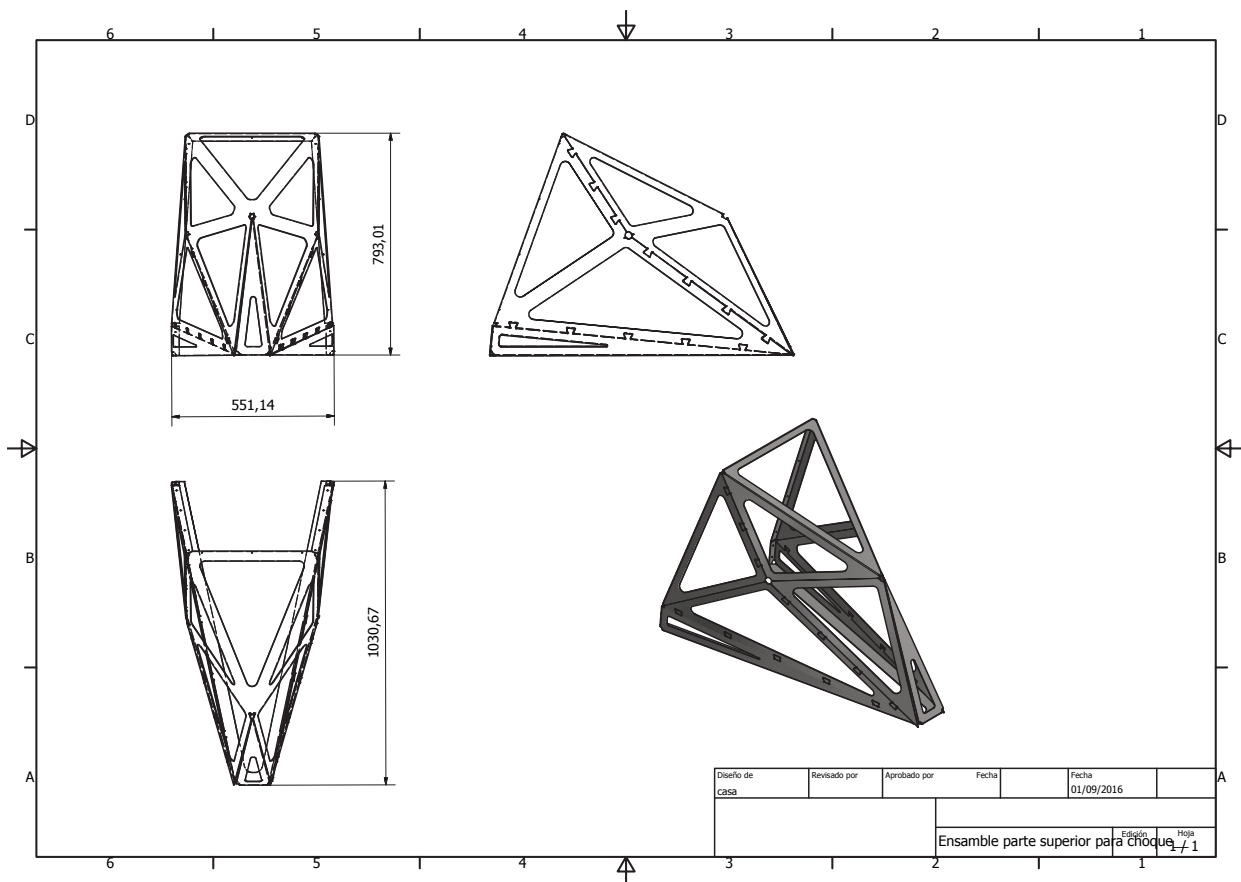
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Ensamble Base_Plataforma	
2	1	Ensamble soporte basculante delantero	
3	1	Ensamble base soporte shock	
4	1	Ensamble parte superior para choque	
5	1	Ensamble cola	
6	1	Engranaje	

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
casa				01/09/2016	
			Edición	Hoja	
				1	

Ensamble general bicho_Pablo_Explosiva



Diseño de casa	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	Edición	Hoja
				01/09/2016		
Ensamble parte superior para choque					1	1



Diseño de casa	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	Edición	Hoja
				01/09/2016		
Ensamble parte superior para choque					1	1

