

**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO EN
UNA PLATAFORMA PLM POR MEDIO DEL DESARROLLO DE UN CONCEPTO
DE VEHÍCULO AGRÍCOLA MULTIPROPÓSITO**

**PABLO GAVIRIA MEJÍA
ALEJANDRO HERNÁNDEZ ÁLVAREZ**

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2011**

**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO EN
UNA PLATAFORMA PLM POR MEDIO DEL DESARROLLO DE UN VEHÍCULO
AGRÍCOLA MULTIPROPÓSITO**

**PABLO GAVIRIA MEJÍA
ALEJANDRO HERNÁNDEZ ÁLVAREZ**

PROYECTO DE GRADO

**Asesor
PROF. LUIS FERNANDO SIERRA
Diseñador Industrial**

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2011**

Nota de Aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Medellín, 18 de Octubre de 2011

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todas las personas que colaboraron al desarrollo del presente proyecto, en especial a:

Luis Fernando sierra

Álvaro Guarín

Integrantes proyecto ARMO

Ricardo Mejía

Semillero de Movilidad

Grupo de Investigación de Tecnologías para la Producción

Grupo de investigación en de Diseño (GRID)

Sergio Aristizábal

Pedro Sanín

Santiago Ruiz

Claudia Valencia

Nicolle Osorio

Nuestras familias y amigos

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. ANTECEDENTES	4
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVO GENERAL.....	7
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
5. ALCANCE	9
6. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	10
7. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO	11
7.1. INVESTIGACIÓN	11
7.1.1. ¿Qué es el PLM?.....	11
7.1.2. Metodologías de diseño.....	13
7.2. SELECCIÓN.....	18
7.2.1. PLM	18
7.2.2. Metodología de diseño.....	19
7.3. ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA IDP A LA PLATAFORMA ARAS INNOVATOR.....	20
8. MONTAJE EN LA PLATAFORMA.....	23
8.1. DEFINICIÓN Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS.....	23
8.2. FAMILIARIZACIÓN	25

8.2.1. Identificación de las actividades con necesidad de elementos de familiarización	25
8.2.2. Creación de elementos de familiarización	26
8.3. ADECUACIÓN DE LA PLATAFORMA ARAS	30
9. EJECUCIÓN DEL PROYECTO ARMO	33
9.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	35
9.1.1. Ejecución de la actividad	35
9.1.2. Evaluación de la actividad	35
9.2. ANÁLISIS DE USUARIO/CONTEXTO	36
9.2.1. Ejecución de la actividad	36
9.2.2. Evaluación de la actividad	36
9.3. ESTADO DEL ARTE	37
9.3.1. Ejecución de la actividad	37
9.3.2. Evaluación de la actividad	38
9.4. Revisión Bibliográfica	38
9.4.1. Ejecución de la actividad	38
9.4.2. Evaluación de la actividad	39
9.5. SÍNTESIS DE REQUERIMIENTOS	40
9.5.1. Ejecución de la actividad	40
9.5.2. Evaluación de la actividad	40
9.6. SÍNTESIS FUNCIONAL	41
9.6.1. Ejecución de la actividad	41
9.6.2. Evaluación de la actividad	43
9.7. SÍNTESIS FORMAL	44

9.7.1. Ejecución de la actividad	44
9.7.2. Evaluación de la actividad	46
9.8. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.....	46
9.8.1. Ejecución de la actividad	46
9.8.2. Evaluación de la actividad	47
9.9. PRE-EVALUACIÓN CONCEPTUAL	48
9.9.1. Ejecución de la actividad	48
9.9.2. Evaluación de la actividad	49
9.10. SÍNTESIS DE IDEAS SELECCIONADAS	49
9.10.1. Ejecución de la actividad	49
9.10.2. Evaluación de la actividad	51
9.11. EVALUACIÓN DEL CONCEPTO FINAL	51
9.11.1. Ejecución de la actividad	51
9.11.2. Evaluación de la actividad	52
9.12. MODELACIÓN PRELIMINAR DIGITAL.....	53
9.12.1. Ejecución de la actividad	53
9.12.2. Evaluación de la actividad	54
9.13. VALIDACIÓN	55
9.13.1. Ejecución de la actividad	55
9.14. ANÁLISIS ERGONÓMICO	56
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
10.1. LISTA DE ACIERTOS.....	59
10.2. LISTA DE INCONVENIENTES	60
10.2.1. Proyecto ARMO.....	60

10.2.2. Plataforma PLM.....	61
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
11.1. CONCLUSIONES	62
11.2. RECOMENDACIONES.....	64
11.2.1. Para la implementación de proyectos de diseño	64
11.2.2. Para implementación del PLM en proyectos futuros	64
12. BIBLIOGRAFÍA	67

LISTA DE IMÁGENES

Ilustración 1. Ejemplo de la ubicación de la información dentro del formato de Estado del Arte	27
Ilustración 2. Ejemplo del formato para la revisión bibliográfica	28
Ilustración 3. Ejemplo de elaboración de PDS	29
Ilustración 4. Usuarios de la plataforma ARAS	31
Ilustración 5. Cronograma Project.....	31
Ilustración 6. Actividades asignadas en ARAS	32
Ilustración 7. Arquitecturas del Vehículo	42
Ilustración 8. Modelación preliminar del chasis.....	43
Ilustración 9. Mapa perceptual General	45
Ilustración 10. MoodBoards Resistencia y Modularidad	45
Ilustración 11. Sesiones de Generación de Conceptos	47
Ilustración 12. Alternativas Evaluadas	49
Ilustración 13. Tres Alternativas Seleccionadas.....	50
Ilustración 14. Propuesta Seleccionada	52
Ilustración 15. Modelación y Renders Preliminares	54
Ilustración 16. Imagen del modelo y proceso de manufactura	55
Ilustración 17. Ponderado Evaluación de las actividades	58
Ilustración 18. Utilización de ARAS.....	59

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Metodología de Análisis	10
Diagrama 2. Componentes PLM.....	13
Diagrama 3. Erkens, 1927, contribution to the education of the designer	14
Diagrama 4. Metodología de IDP Universidad EAFIT para proyecto 7 y 8	17
Diagrama 5. Metodología IDEO	18
Diagrama 6. Componentes del PLM según John Stark	21
Diagrama 7. Distribucion de responsabilidades en las etapas del proyecto	21
Diagrama 8. Detalle de actividades por fases.....	22
Diagrama 9. Flujograma de la “Etapa de Diseño”	23
Diagrama 10. Recurso humano del proyecto ARMO	24
Diagrama 11. Metodología de Trabajo con herramientas, entregables y recursos	24
Diagrama 12. Identificación de actividades grupales.	26
Diagrama 13. Síntesis Funcional y Síntesis Formal.....	44

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Diagramas

Anexo 2. Formatos de Familiarización

Anexo 3. Brief Proyecto ARMO

Anexo 4. Análisis Usuario-Contexto

Anexo 5. Estado del Arte

Anexo 6. Material Bibliográfico del Proyecto ARMO

Anexo 7. PDS

Anexo 8. Síntesis Funcional

Anexo 9. Síntesis Formal

Anexo 10. Sesiones de Diseño

Anexo 11. Propuestas

Anexo 12. Encuestas

Anexo 13. Modelación Preliminar

Anexo 14. Tablas de Evaluación

Anexo 15. Plataforma ARAS

Anexo 16. Imágenes Validación

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo Formato de Evaluación de Actividades diligenciado	34
Tabla 2. Evaluación de la actividad Justificación de proyecto	35
Tabla 3. Evaluación de la actividad Análisis de usuario/contexto	36
Tabla 4. Evaluación de la actividad Estado del Arte	38
Tabla 5. Evaluación de la actividad Revisión Bibliográfica	39
Tabla 6. Evaluación de la actividad Síntesis de Requerimientos	41
Tabla 7. Evaluación de la actividad Síntesis Funcional	43
Tabla 8. Evaluación de la actividad Síntesis Formal.....	46
Tabla 9. Evaluación de la actividad Generación de Conceptos	48
Tabla 10. Evaluación de la actividad Pre-evaluación conceptual.....	49
Tabla 11. Evaluación de la actividad Síntesis de Ideas seleccionadas.....	51
Tabla 12. Evaluación de la actividad Evaluación del Concepto Final	52
Tabla 13. Evaluación de la actividad Modelación preliminar.....	55
Tabla 14. Evaluación General de Actividades	57
Tabla 15. Evaluación de actividades por equipos	58

GLOSARIO

ARQUITECTURA DE PRODUCTO: Esquematización de las posibles posiciones de los diferentes componentes de un producto.

BRAINSTORMING: Técnica grupal usada con el objetivo de generar gran cantidad de ideas en poco tiempo y aprovechar los aportes de los otros participantes para generar más ideas.

BRIEF: Documento que recopila la información más importante de un proyecto con el objetivo de guiar al grupo durante el desarrollo de este.

CAD: (computer aided design) o en español, diseño asistido por computador.

ESTADO DEL ARTE: Hace referencia a la investigación del desarrollo de un producto o servicio, consiste en la búsqueda de los posibles competidores y los productos o servicios sustitutos de los cuales se pretende investigar y determinar cómo han ido evolucionando y solucionando los diferentes problemas, determinando actualmente cuáles son las tendencias en el mercado.

LÓGICA DE MODELACIÓN: Es la manera única en que cada persona modela en un sistema CAD.

MAPA PERCEPTUAL: Herramienta que permite identificar la posición de un producto en comparación con otros competidores o de manera ideal, mediante la percepción de ciertos atributos que los caracterizan.

METODOLOGIA DE ANÁLISIS: En el contexto de este informe se refiere a la metodología creada para el desarrollo de este proyecto.

METODOLOGIA DE DISEÑO: En el contexto de este informe se refiera a la metodología usada en Ingeniería de Diseño de Producto de la Universidad EAFIT.

METODOLOGIA DE TRABAJO: En el contexto de este informe se refiera a la metodología de diseño adaptada para la implementación en una plataforma PLM.

MOOD BOARDS: Tipo de poster de diseño que puede contener imágenes o texto, es utilizado por los diseñadores para desarrollar conceptos o comunicar ideas dentro del grupo de diseño.

PDM: (product data management) Son los software de administración de archivos de modelación CAD, que incluyen además información como planos, procesos, manufactura, instrucciones, notas, entre otras. Centralizando todos los archivos en un único sistema totalmente compatible con los software PLM.

PLM: Product Lifecycle Management (PLM) o en español, Administración del ciclo de vida del producto, consiste en la administración de todas las etapas de un producto, desde su ideación hasta su disposición final.

SISTEMA DE FAMILIARIZACIÓN: En el contexto de este informe se refiera al sistema creado para acercar a los integrantes del grupo con las herramientas de diseño, fueron propuestos para garantizar el correcto desarrollo de las actividades propuestas.

RESUMEN

El presente trabajo hace un recorrido por el proceso de implementación de una metodología de diseño, adaptada a una plataforma PLM (Product Lifecycle Management), con el fin de evaluar esta experiencia por medio del desarrollo de un vehículo agrícola multipropósito y de este modo, generar conclusiones y recomendaciones para aplicarlas a futuros proyectos colaborativos basados en software PLM. La aproximación de este escrito, plantea una metodología de análisis que se puede dividir en cuatro partes: la primera, abarca la investigación tanto de metodologías de diseño, como de la implementación del PLM, dando como resultado una metodología aplicada a la plataforma. La segunda, contiene toda la información previa a la ejecución del proyecto. La tercera, contiene una descripción y evaluación de los resultados de la ejecución de las actividades planteadas; por último la cuarta parte, presenta los inconvenientes que surgieron durante el proyecto, las conclusiones del mismo y las recomendaciones pertinentes para futuras implementaciones.

PLM, METODOLOGIA DE DISEÑO, TRABAJO COLABORATIVO, VEHÍCULO AGRICOLA, ARAS INNOVATOR

INTRODUCCIÓN

Se pretende analizar la implementación del proceso de diseño de un vehículo agrícola multipropósito, en el marco del desarrollo de un proyecto multidisciplinario, elaborado por medio de un software de gestión del ciclo de vida de producto. El proyecto de diseño del vehículo, nace como iniciativa de la universidad EAFIT y el Sena, debido a que la administración del ciclo de vida de los productos, es una estrategia que en los últimos 10 años, se ha desarrollado e implementado en diferentes empresas a nivel mundial. Actualmente hay pocos estudios desarrollados en Colombia al respecto y la necesidad de estar actualizados con las tendencias globales, es importante para ambas instituciones.

1. ANTECEDENTES

La estrategia Product Lifecycle Management (PLM) o Administración del ciclo de vida de productos, consiste, según John Stark, “the business activity of managing a company’s products all the way across their lifecycles in the most effective way”¹. Con esto el autor, se refiere a la actividad de administrar los ciclos de vida de los productos de una compañía de la manera más efectiva. Esta estrategia se encarga de administrar uno o varios productos, a través de todo su ciclo de vida, desde que surge la idea, se realiza el diseño y se fabrica, hasta su servicio y posterior disposición. Es importante resaltar que esta metodología, nace debido al aumento de la complejidad en los productos, las exigencias de calidad, la necesidad de reducir costos y tiempos de producción, la importancia de adaptar los productos a un mercado en constante cambio y la distribución de trabajo en distintas áreas, tanto geográficas como dentro de la empresa. Lo anterior propicia un ambiente colaborativo que permite la interacción de los diferentes factores relacionados con la vida de un producto.

Al ser una tendencia global, la universidad EAFIT, a través de sus diferentes grupos de investigación, evidenció la necesidad de incluir el PLM en los procesos de aprendizaje de sus estudiantes, esto con el fin de continuar formando profesionales de nivel internacional, por medio de su constante actualización tecnológica, procurando estar a la vanguardia del conocimiento, las tendencias del mercado y sus necesidades.

El PLM surge por la necesidad de administrar los procesos, el personal, los materiales, los recursos y todos los factores que intervienen en el desarrollo normal de la vida de un producto. La metodología nace como una herramienta que

¹STARK, J. *Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation*. London: Springer, 2005. p.2

facilita las labores de diseño, producción y administración de los productos. Actualmente, se puede evidenciar la importancia que tiene esta herramienta en la industria. Doug Bartholomew, en su artículo “PLM: Boeing's Dream, Airbus' Nightmare”, resalta que se han realizado inversiones de cerca de 27 billones de dólares en el mercado del PLM, además de los claros ejemplos de su implementación, en la mayoría de las empresas manufactureras incluidas en la revista Fortune 500. En esta encontramos la siguiente cita: “from Toyota (which uses Dassault's complete PLM suite Catia, Delmia and Enovia) to General Motors (a UGS client), golf club manufacturer Ping (Parametric Technology) and consumer goods makers such as Playtex (Agile Software), are at various stages of implementing PLM suites”² .

²BARTHOLOMEW, D., & duvall, M. PLM: Boeing's Dream, Airbus' Nightmare.(2007)

2. JUSTIFICACIÓN

El grupo de investigación de tecnologías para la producción, evidenció la importancia que tiene la estrategia PLM y la urgencia de integrarla en los procesos de aprendizaje en la universidad. Teniendo clara la importancia del PLM, la universidad a través del grupo de investigación de tecnologías para la producción, planteó el proyecto ARMO, con el fin de implementar esta plataforma como base para el aprendizaje y la incorporación de la metodología de diseño al proyecto y al grupo de trabajo, como parte del desarrollo del conocimiento. ARMO pretende resolver una necesidad del medio, planteada por los vendedores de vehículos agrícolas, los cuales expresan la falta de un vehículo multipropósito de medianas proporciones, acondicionado para la topografía colombiana, que permita el acoplamiento de gran variedad de accesorios para el desarrollo de diferentes actividades en el campo. Un hecho a resaltar, es que el proyecto se realizó en convenio con el SENA y en él se integraron miembros y recursos de esta institución, para el desarrollo del mismo.

El proyecto ARMO consistió en un proceso compuesto de tres etapas, la primera es el diseño del vehículo, la cual comprende todo el desarrollo del concepto, desde su fundamentación y contextualización en el medio, hasta el diseño del vehículo, con planos y modelación 3D preliminar. La segunda etapa del proyecto, consiste en la realización del diseño de detalle, los cálculos de ingeniería, definición de materiales, procesos de manufactura, modelación final y fabricación del prototipo. La última etapa, consiste en la validación y pruebas del vehículo.

El proceso de diseño será el tema de interés de este proyecto de grado, pues ésta etapa permite implementar los conocimientos adquiridos por los Ingenieros de Diseño durante su formación. Por lo anterior, este grupo liderará la primera etapa del proyecto correspondiente al diseño del Proyecto ARMO.

3. OBJETIVO GENERAL

Analizar la implementación de una metodología de diseño en una plataforma PLM, por medio del desarrollo de un concepto de vehículo agrícola multipropósito, con el fin de evaluar la experiencia.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Plantear una estrategia de trabajo adecuada para su aplicación en plataformas PLM, por medio de la adaptación de la metodología de diseño de productos de IDP, con el fin de estructurar un plan de trabajo en la “Etapa de Diseño” del proyecto ARMO.
- Desarrollar un sistema de familiarización con los métodos de diseño, para poder incorporar personas en el equipo multidisciplinario que nunca han tenido experiencias en este campo, esto a través de manuales, formatos y capacitaciones sobre los temas requeridos.
- Ejecutar el plan de trabajo propuesto en el proceso de diseño, de un concepto de vehículo agrícola multipropósito siguiendo la metodología planteada para llegar a una propuesta conceptual.
- Validar el resultado del proceso de diseño del vehículo a través de la fabricación de un modelo de comprobación, con la finalidad de materializar el trabajo digital para corroborar dimensiones y proporciones y así, evitar vicios del trabajo basado en medios digitales.
- Evidenciar experiencias de la aplicación de la metodología de trabajo en el proyecto colaborativo EAFIT–SENA, esto con el fin de fomentar su uso en otros proyectos investigativos de la Universidad y continuar la implementación de la estrategia PLM.

5. ALCANCE

- Registro del proceso de diseño en la base de datos de la plataforma PLM.
- Informe general con los resultados de la aplicación del proceso de diseño, que contendrá un análisis de la implementación, conclusiones y recomendaciones para proyectos futuros.
- Modelaciones preliminares del vehículo.
- Un futuro modelo físico de comprobación a escala 1:20.

6. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Se pretende, por medio de una metodología de análisis propia, observar el desempeño del proyecto ARMO en su etapa de diseño, esta metodología surge con el fin de estructurar el desarrollo del presente proyecto.

Esta metodología de análisis comprende cuatro etapas principales. La primera tiene como objetivo definir la metodología de trabajo a desarrollar, según los requerimientos de la plataforma PLM, la metodología de diseño y el proyecto ARMO. La segunda etapa, prepara los elementos necesarios relacionados con la implementación de la metodología de diseño en la plataforma PLM. La tercera, consiste en la ejecución de la metodología de trabajo y la cuarta, se enfoca en el análisis de las etapas anteriores. Cada etapa plantea sub-etapas y actividades diferentes para cumplir estos objetivos como lo muestra el Diagrama 1.

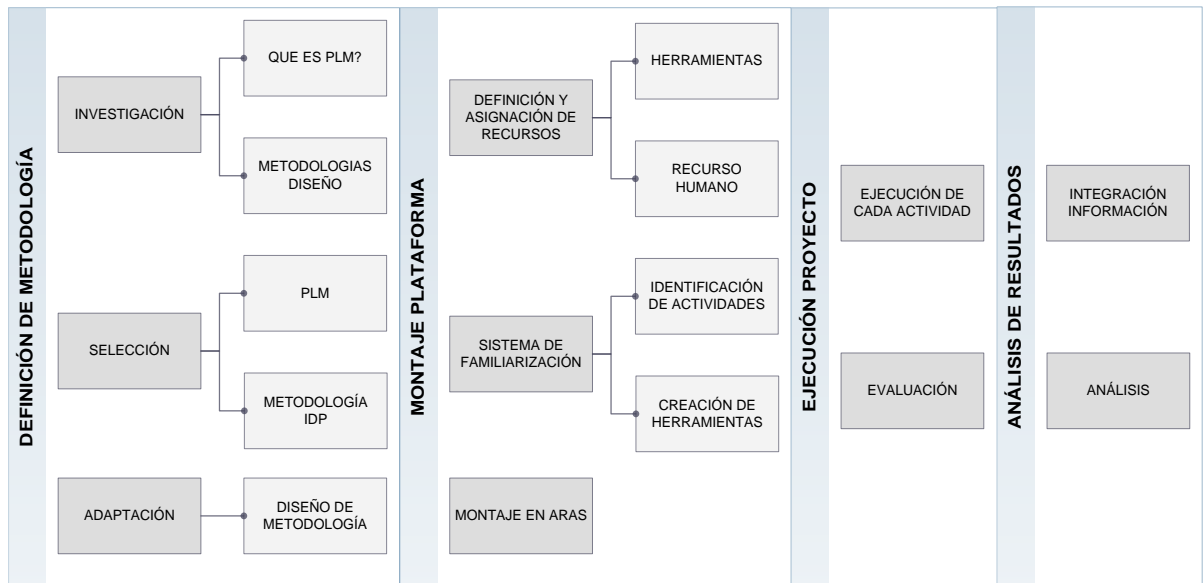


Diagrama 1. Metodología de Análisis

Fuente: Elaboración propia

7. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

En búsquedas preliminares se plantea la estrategia PLM como una guía que facilita la administración del trabajo colaborativo, pero en ninguna de las fuentes consultadas, como lo son los libros de los autores John Stark, Antti Saaksvuori, y Anselmi Ammonen, entre otras, se encontró la aplicación de una metodología específica para el proceso de diseño, es por esto, que la primera actividad del proyecto debe ser la selección y adaptación de una metodología de diseño a la plataforma PLM. A través de tres actividades se pretende encontrar una metodología de trabajo, que cumpla con los requerimientos de las plataformas de administración de ciclo de vida del producto, para el desarrollo del proyecto ARMO. La primera actividad fue la investigación sobre las plataformas PLM y las metodologías de diseño, la segunda actividad fue la selección de la plataforma y la metodología a usar y por último la adaptación de la metodología elegida a la plataforma seleccionada.

7.1. INVESTIGACIÓN

En esta actividad se profundizó en la investigación de los temas relacionados con la estrategia PLM y se indagó sobre diferentes metodologías de diseño, con el fin de tener herramientas sólidas para posteriormente integrar estos dos elementos en la ejecución de las actividades siguientes.

7.1.1. ¿Qué es el PLM?

Los productos, como las personas, tienen un ciclo de vida, esto lleva a que por naturaleza haya un flujo, para las personas hay una etapa de planeación, gestación, nacimiento, crecimiento, madurez y muerte, esto se puede llevar al ámbito de los productos y sería el que definiría el flujo de trabajo en cualquier

compañía, así pues según John Stark³ lo podemos definir en 5 etapas: 1) La imaginación, es aquella en donde se lleva a cabo el desarrollo formal y conceptual de un producto; 2) la definición, en donde se crea una exhaustiva descripción de cada detalle del producto; 3) la realización, en la cual las partes que integran el producto, son producidas y ensambladas; 4) es la que diferencia el ciclo de vida desde el punto de vista del productor o del usuario, para el primero es una etapa de servicio o soporte y para el segundo, es una etapa que podemos llamar de uso o utilización, donde las compañías no pueden pensar que el producto deja de ser responsabilidad de ellos, cuando abandona la fábrica; 5) por último, tenemos la etapa de disposición o reciclaje, donde el producto finaliza su vida de servicio.

A lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de los productos, se requiere y se genera una gran cantidad de información, que hace referencia a todos los elementos relacionados con el producto. Esta información es necesaria para todas las personas vinculadas con el mismo, además de esto, cuando una compañía posee en su portafolio más de un producto, esta información tiende a aumentar en grandes proporciones, es por eso que nace la necesidad de centralizar y administrar todos los datos que se relacionan con el flujo de trabajo de la empresa.

Según los autores John Stark, Antti Saaksvuori, Anselmi Ammonen, y algunos otros, el PLM surge de la evolución de los sistemas EDM (engineering data management) y PDM (product data management), los cuales nacieron en los años 80, cuando los ingenieros vieron la necesidad de administrar las grandes cantidades de archivos que producían los sistemas CAD (computer aided design). Con el pasar de los años, los principales desarrolladores de software, empezaron a ver la necesidad de agregar módulos a estos programas, para manejar otro tipo de información referente al producto que no fuera solamente archivos CAD, es allí donde nacen los software PLM, sistemas capaces de administrar no solo los datos

³STARK, Op. Cit., p. 17

de los programas CAD, sino también de administrar información de todo lo concerniente al producto. En el diagrama 2 se pueden ver algunos de los diferentes módulos que puede integrar una plataforma PLM y se resalta aquellos que integran los software PDM.

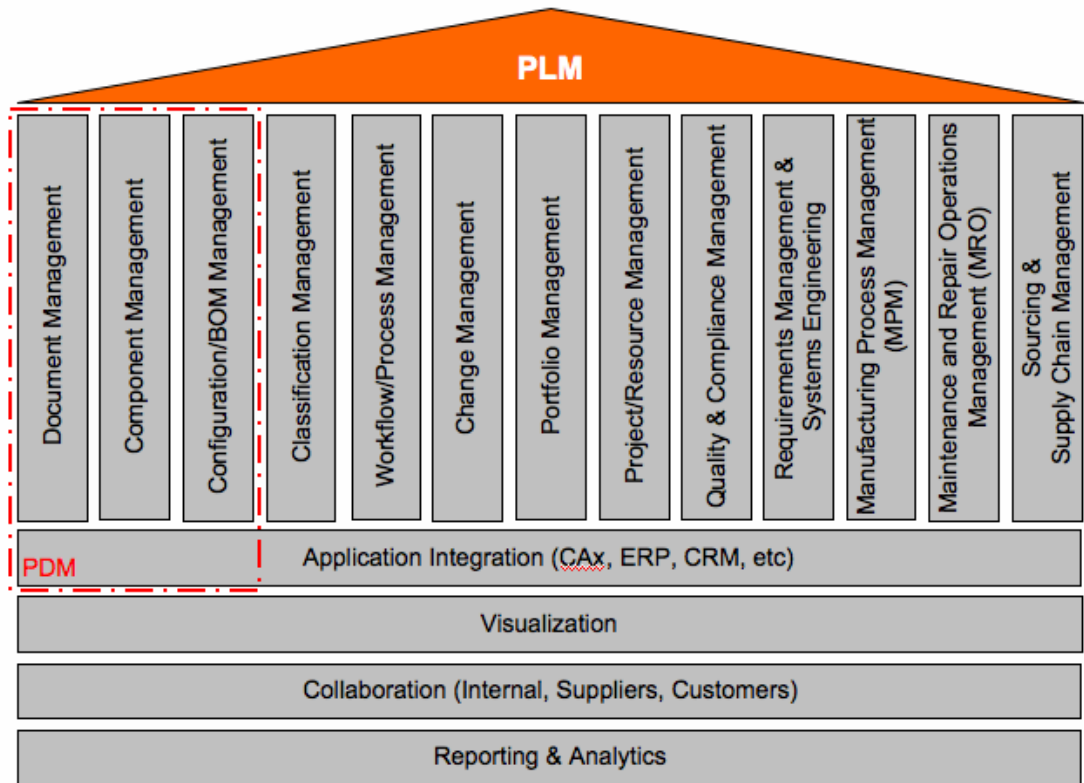


Diagrama 2. Componentes PLM.
Fuente: <http://plmtechnologyguide.com/site/>

7.1.2. Metodologías de diseño

Las metodologías de diseño, nacen de la necesidad de estructurar los procesos empíricos de creación de productos, que se desarrollaban a lo largo de la historia, en los cuales los maestros artesanos, elaboraban intuitivamente un esquema de trabajo que analizado en detalle, sigue un patrón, según Pahl y Beitz⁴ algo de esto

⁴Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. *Engineering Design : A Systematic Approach* (Third ed.), p 10

Sobre este tema Ken MBlessing, Wallace y Lucienne T. M. Afirman: “El diseño sistémico inicia alrededor de los años 50 y 60 por Kesselring, Tschochner, Niemann, Matousek y Leyer, quienes identifican las diferentes fases y pasos del proceso de diseño, además, hacen recomendaciones de cómo implementarlos.”⁶

En los años 70 la idea era racionalizar el proceso de diseño para generar un acercamiento a un método que no fuera únicamente para su aplicación en la ingeniería, algunos de los más importantes exponentes de esta época son Hansen, Rodenacker, Roth, Koller, Pahl y Beitz.

Los autores Ulrich y Eppinger⁷ hablan en su libro de una estrategia genérica de diseño, pues así, aunque una empresa crea que no la tiene, intuitivamente desarrollan un proceso básico similar al de otras empresas. Así pues, la metodología de diseño se vuelve necesaria en toda organización y aplicable a cualquier producto de la misma, esta consiste en un conjunto de pasos y actividades, que transforman una información de entrada en un producto o servicio.

- **METODOLOGÍA IDP (INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO UNIVERSIDAD EAFIT)**

La Ingeniería de Diseño de Producto, nace de la necesidad de consolidar y “conciliar” las áreas relacionadas con el diseño y producción de un producto. A grandes rasgos, se trata de unir y alinear las humanidades representadas en el arte, la estética, el lenguaje del producto, el mercadeo y demás, con las ciencias exactas como la ingeniería, matemáticas, física, química, entre otras. Lo anterior

⁶IBID. p.3

⁷ULRICH, K. T., & EPPINGER, S. D. *Product Design And Development*. Boston: Mcgraw-Hill / Irwin. 2003. p.12

sigue el lineamiento planteado por Pahl y Beitz,⁸ en su libro, "Engineering Design: A Systematic Approach", en el cual hablan de una metodología de diseño como un plan de acción concreto para el diseño de sistemas técnicos que deriva su conocimiento de la ciencia del diseño, la psicología cognitiva y la experiencia empírica en diferentes campos.

De lo anterior, la escuela de ingenierías de la universidad EAFIT, se orienta en la tarea de implementar una aproximación diferente al desarrollo de productos, una en la cual se asume que el producto debe funcionar antes de ser estéticamente agradable. La nueva propuesta integra las artes desde el punto de vista del diseño industrial, la comunicación y lenguaje del producto, desde la publicidad y la semiótica. Desde la Ingeniería y su aporte en el diseño, está muy influenciado por las metodologías de diseño propuestas por la escuela alemana de diseño de los años 70, todo esto aportado por Ingeniería Mecánica y de Producción. Con esta aproximación, se llega a una integración inicial de las áreas que son indispensables para el diseño de productos y nace en la universidad EAFIT, la carrera ingeniería de diseño de producto en el año 1999.

En sus inicios, se plantearon proyectos cada semestre, con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos en las materias y a su vez, dar una aproximación más práctica al aprendizaje. En ese entonces, no había metodologías, los estudiantes se planteaban un norte y los profesores los guiaban a través del proceso; con los diferentes proyectos se empezaron a identificar tendencias, e influenciados por el diseño sistémico, se comienza a estructurar una metodología, la cual se refina a lo largo de los más de 10 años de aplicación y validación en la universidad y las empresas de la ciudad, lo que ha permitido identificar las necesidades particulares de cada proyecto, consolidando las experiencias de estos y sintetizándolo en un modelo genérico aplicable a la gran mayoría de ellos. La metodología es

⁸Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H. Op. Cit. p. 9

estructurada de forma que todas las áreas del conocimiento relacionadas con la actividad del diseño de productos converjan en el proceso de su desarrollo.

La metodología se compone de 4 etapas generales, la primera es la investigación y profundización sobre la necesidad a suplir, la segunda es una etapa de diseño conceptual, seguida por una de diseño de detalle y se finaliza con una etapa de construcción de un prototipo y sus respectivas pruebas; este proceso se ve reflejado en la metodología expuesta en el artículo “An academic design methodology for electrical Mobility Products –From Necessity To Functional Prototype–” y el diagrama 4 ilustra su aproximación.

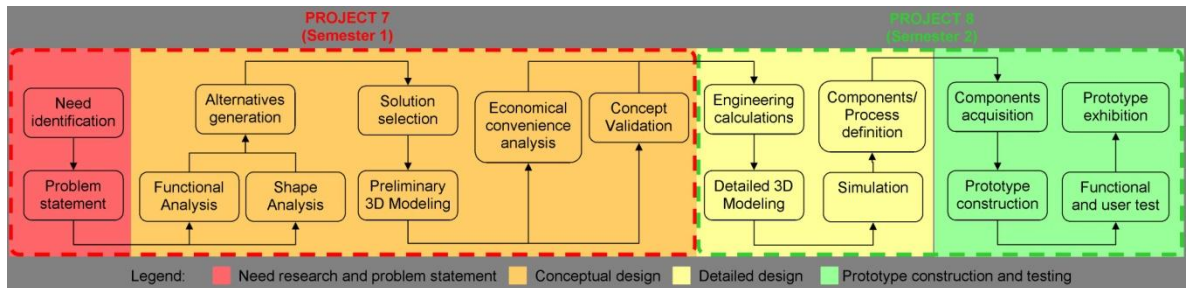


Diagrama 4. Metodología de IDP Universidad EAFIT para proyecto 7 y 8

Fuente: An academic design methodology for electrical Mobility Products –From Necessity To Functional Prototype–

- **METODOLOGÍA IDEO**

La metodología de IDEO propuesta por Tim Brown, David Kelley, Bill Moggridge y Mike Nuttall (<http://www.ideo.com/>), se compone de 5 pasos como se muestra en el Diagrama 5, los cuales aseguran el desarrollo de un producto con todas las consideraciones técnicas, teniendo como eje central la interacción con el cliente y sus necesidades.

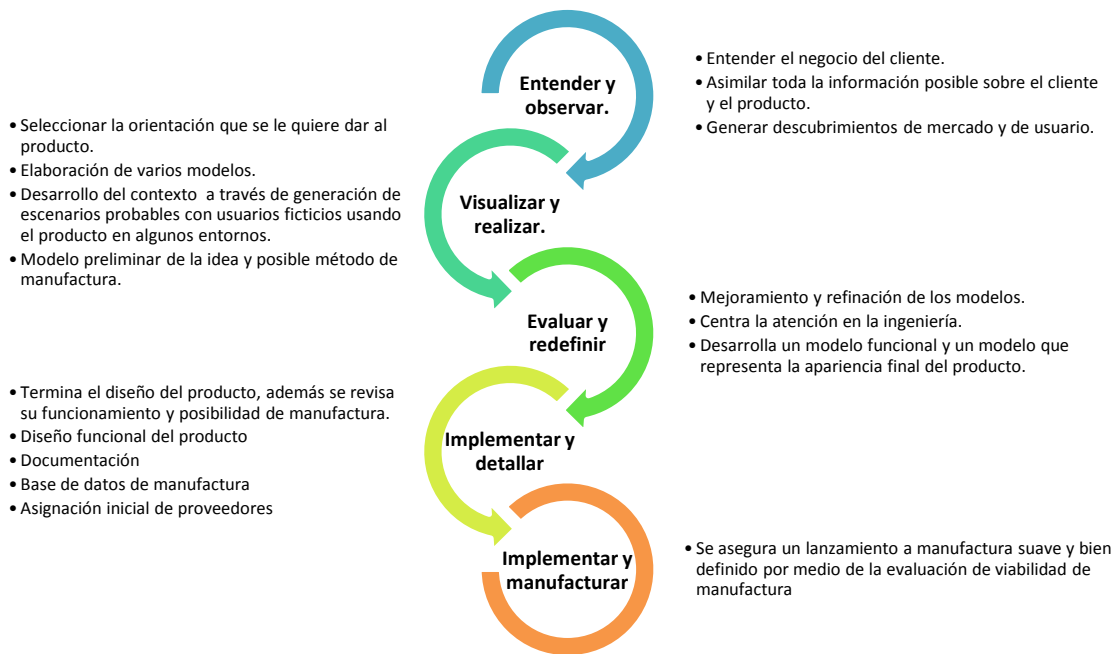


Diagrama 5. Metodología IDEO

Fuente: Elaboración propia

7.2. SELECCIÓN

Después tener claros los conceptos importantes se continuó con la selección de la metodología de diseño y la plataforma PLM más adecuadas o disponibles para el desarrollo del proyecto; además de la selección del software y la metodología se definieron aspectos importantes de su respectiva implementación.

7.2.1. PLM

Una de las condiciones iniciales del proyecto era la plataforma PLM a trabajar, la cual inicialmente se pretendía que fuera TeamCenter de Siemens. Por inconvenientes técnicos esta plataforma no estuvo lista en el momento de comenzar el proyecto ARMO, por lo que se debió utilizar la plataforma Aras

Innovator por su disponibilidad en el momento y las experiencias previas que se tenían con esta plataforma.

Sería ambicioso pensar que este proyecto abarcara toda la implementación de la estrategia PLM en todo el ciclo de vida de un vehículo agrícola multipropósito, es por eso que se decidió trabajar únicamente en las primeras dos etapas del ciclo de vida del producto definidas por John Stark: imaginación y definición; de esta manera se inicia con una aproximación a lo que sería una implementación completa de una estrategia PLM.

El caso desarrollado en este proyecto podría ser usado como punto de partida para la implementación de un software PLM en una compañía, más específicamente en el área de desarrollo de nuevos productos, entendiendo las limitaciones que implica un proyecto académico en comparación con un proyecto empresarial.

7.2.2. Metodología de diseño

Para la selección de la metodología de diseño se consideró como factor determinante el manejo de esta por parte del grupo encargado de la “Etapa de Diseño”. Se eligió trabajar con la metodología de IDP debido a que los miembros del equipo de diseño poseen un buen manejo de esta metodología gracias a que a lo largo de su formación académica, la han implementado en más de 20 ocasiones, debido a esto no se encontró conveniente la implementación de una metodología diferente.

A lo largo de la formación como ingenieros de diseño de producto los estudiantes son instruidos con una metodología de diseño planteada por los profesores de la universidad EAFIT, basados en las experiencias con proyectos ejecutados desde el año 1999 y metodologías como las de “systematic design” de Pahl and Beitz,

“product development” de Ulrich y Eppinger, “design process” de Ullman, total design de Pugh, Design for Assembly and Manufacturing de Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst y Winston A. Knight, Integrated Product Development de Andreasen y Concurrent Engineering philosophy de Andrew Kusiak⁹, junto con herramientas del diseño industrial como lo son estética, ergonomía, análisis de tendencias, entre otros; tal como se describe en el artículo An Academic Design Methodology for Electrical Mobility Products- from necessity to functional prototype-, publicado por profesores del departamento de ingeniería de diseño de producto de la universidad EAFIT.

7.3. ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA IDP A LA PLATAFORMA ARAS INNOVATOR

En este punto del proceso es necesario iniciar la adaptación de la metodología al software PLM. Según John Stark:

El proceso inicia con la definición del producto, una vez este es definido se puede estructurar un ciclo de vida a partir del cual se organizan las personas que participaran en el desarrollo del producto; luego se listan todas las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto y así posteriormente asignar a las personas que hacen parte del grupo de trabajo a dichas actividades. De esta asignación se procede a agrupar a las personas con capacidades similares de manera que haya una cadena de mando y una articulación del grupo de trabajo. A continuación es necesario identificar los métodos de trabajo requeridos para realizar cada actividad, luego es preciso identificar la información que será pertinente para el soporte del producto a lo largo del ciclo de vida, para finalizar se establecen

⁹ OSORIO Gómez, Gilberto, MEJIA Gutiérrez, Ricardo y SIERRA Luis F. An Academic Design Methodology for Electrical Mobility Products- from necessity to functional prototype-. EAFIT, Medellín

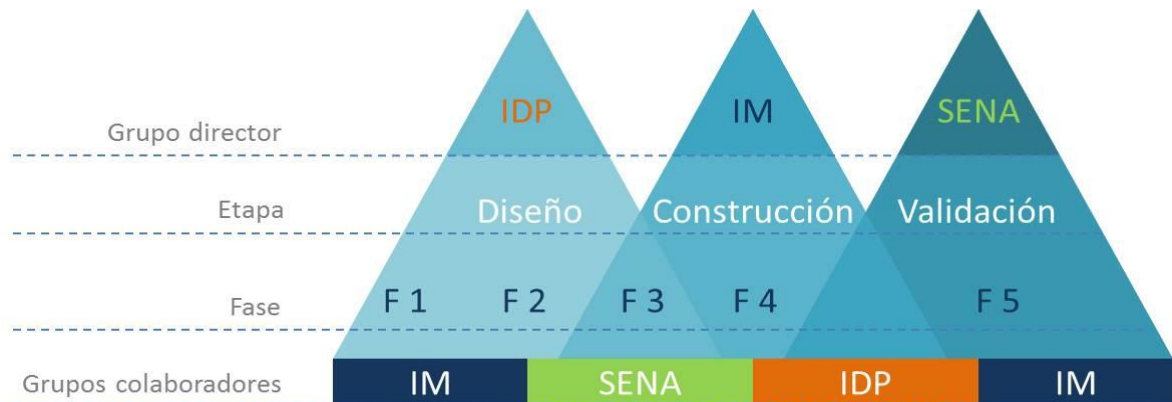
los sistemas de información necesarios para el desarrollo del proyecto.¹⁰
Ver Digrama 6.



Diagrama 6. Componentes del PLM según John Stark

Fuente: Elaboración propia

El proyecto ARMO se inicia asumiendo que el ciclo de vida del producto va desde el diseño del concepto hasta la validación y cada equipo de trabajo debe ser responsable de una etapa; el grupo de IDP de la “Etapa de Diseño”, el grupo de ingeniería mecánica de la etapa de construcción y el grupo del SENA de la etapa de validación, como se muestra en el Diagrama 7.



IM: Ingeniería Mecánica

IDP: Ingeniería de Diseño de Producto

SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje

Diagrama 7. Distribucion de responsabilidades en las etapas del proyecto

Fuente: Elaboración propia

¹⁰STARK. Op.Cit. p. 21

Para el desarrollo de la “Etapa de Diseño” era necesario adaptar la metodología de diseño al proyecto ARMO de la manera más eficiente. Guiados por los lineamientos de los directores del proyecto se optó por un enfoque ligero, tratando de no comprometer la calidad de los resultados de este y con la asesoría del profesor Luis Fernando Sierra y el ingeniero de diseño de producto Santiago Ruiz se llegó al siguiente resultado.

La división del proyecto se realizará en 5 fases, de las cuales la “Etapa de Diseño” comprende la fase uno, dos y parte de la tres, en la cual hay un periodo de transición para el inicio de la etapa de construcción y que tendrá entonces, parte de la fases tres y cuatro, por último la etapa de validación solo tendrá la fase 5 del proyecto. En el Diagrama 8 se proponen las actividades de cada fase.



Diagrama 8. Detalle de actividades por fases

Fuente: Elaboración propia

Con las actividades del proyecto definidas se planteó un flujograma de la “Etapa de Diseño”, para entender mejor como sería el flujo de trabajo, en la etapa de

interés del proyecto. Un ejemplo de flujograma es presentado en el diagrama 9. (Ver Anexo 1. Diagramas).

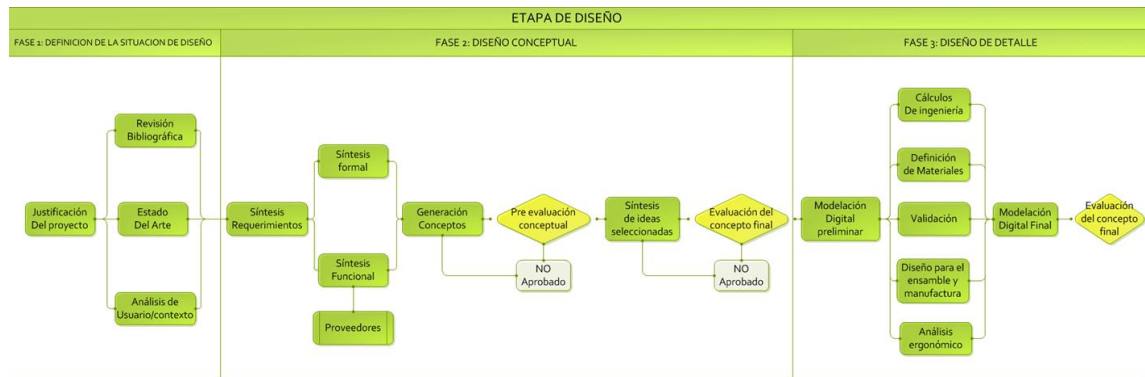


Diagrama 9. Flujograma de la “Etapa de Diseño”

Fuente: Elaboración propia

8. MONTAJE EN LA PLATAFORMA

8.1. DEFINICIÓN Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS

Con el flujo de trabajo definido se procedió a seleccionar las personas idóneas para realizar cada una de las actividades, en este caso, debido a la conformación previa de los grupos de trabajo se asignaron las tareas anteriormente descritas a los grupos que fueran más idóneos para desarrollarlas. En este punto se diverge de la forma de trabajo sugerida por John Stark, pero esto se debe a que los grupos de trabajo ya estaban establecidos de acuerdo con las áreas del conocimiento que representaban cada uno de los integrantes y la facilidad logística que tiene la estructura elegida por los directores. El diagrama 10 muestra el organigrama del proyecto.



Diagrama 10. Recurso humano del proyecto ARMO

Fuente:Elaboración propia

El siguiente paso es establecer los métodos de trabajo que se seguirán en cada una de las actividades o las que serán aplicadas transversalmente en una etapa específica o todo el proyecto, en este caso se definirán las herramientas que usaran los integrantes del proyecto en cada actividad (Ver Anexo 1. Diagramas). Un ejemplo de esto se puede ver en el diagrama 11, en donde se muestra el flujograma con el tipo de tarea y las herramientas a utilizar en cada actividad. El lenguaje de modelación usado para este diagrama es una adaptación del usado por el software “ARIS Express” de la empresa IDS Scheer.

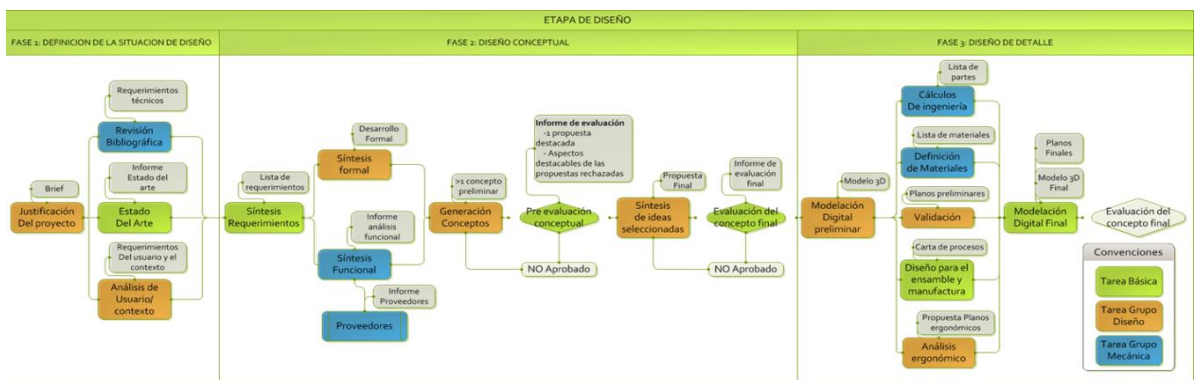


Diagrama 11. Metodología de Trabajo con herramientas, entregables y recursos

Fuente: Elaboración propia

Según John Stark¹¹ el siguiente paso es la identificación de las necesidades de información, para el desarrollo del proyecto ARMO en específico y teniendo en cuenta la metodología de trabajo se consideró que la fase de “Definición de la situación de diseño” suple este paso.

Por último, el sistema que se seleccionó como apoyo a la “Etapa de Diseño” fue el software CAD Solid works de la empresa Dassault Systemes y Microsoft office para el desarrollo de la documentación del proyecto.

8.2. FAMILIARIZACIÓN

El objetivo de este paso es la generación de un sistema de familiarización mediante formatos y guías para la estandarización y orden de la información recogida, con el fin de asegurar en el transcurso del proyecto el previo conocimiento de las herramientas por parte de los integrantes, sobre todo de aquellos que nunca habían aplicado este tipo de herramientas.

8.2.1. Identificación de las actividades con necesidad de elementos de familiarización

Se identificaron en cada una de las etapas del proceso de diseño, las actividades donde eran necesarios los diferentes puntos de vista de los integrantes del equipo y una vez identificadas, se elaboraron formatos, manuales o capacitaciones para garantizar su buen entendimiento. En las actividades dirigidas exclusivamente al grupo de diseño, no se realizaron ningún tipo de manual o capacitaciones por el conocimiento previo de la metodología propuesta y la experiencia en proyectos de

¹¹STARK. Op. Cit. p. 22

diseño similares (Ver Anexo 1. Diagramas). En el Diagrama 12 se muestran las actividades grupales en la etapa de diseño resaltadas en color verde.

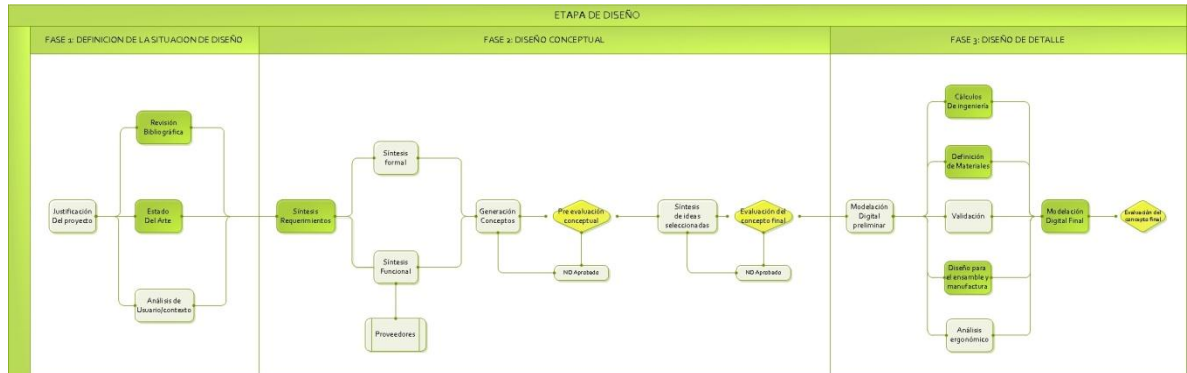


Diagrama 12. Identificación de actividades grupales.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2. Creación de elementos de familiarización

- ELEMENTOS DE FAMILIARIZACIÓN PARA LA FASE 1: DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN DE DISEÑO

En esta fase se identificó el “Estado del arte” como actividad multidisciplinaria, donde era indispensable la participación de los diferentes grupos. Con el fin de facilitar el desarrollo de esta actividad y estandarizar la entrega de la información, se creó el formato para el “Estado del arte” (Ver Anexo 2. Formatos de Familiarización) el cual contenía dos partes; la primera parte de este formato presentaba una definición concreta y puntual de lo que es el estado del arte, además enfocaba la investigación en cinco tipos de vehículos en específico previamente seleccionados para guiar el trabajo grupal en una misma perspectiva, dividiendo los tipos de vehículos en cada uno de los grupos del proyecto, por último se definía en palabras la manera de ubicar y sintetizar la información encontrada dentro del formato.

La segunda parte, era un collage del tipo de vehículo a buscar para que los integrantes de los diferentes grupos tuvieran una idea de lo que iban a encontrar. Después de esto se mostraba un ejemplo completo de cómo se debía ubicar la información dentro del formato y por último se entregaba el formato en blanco para que cada integrante de los equipos pudiera ordenar la información encontrada. En la Ilustración 1 se muestra un ejemplo de la ubicación de la información dentro del formato del estado del arte.


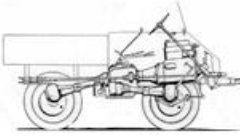
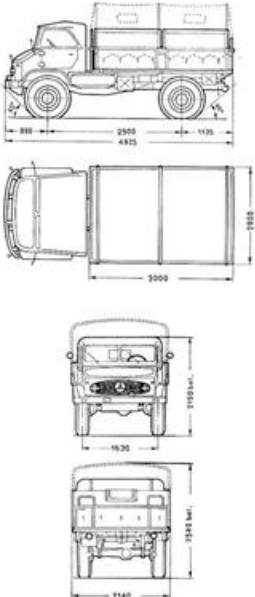
Mercedes-Benz UNIMOG modelo 404 S		
FOTOGRAFÍAS	ESPECIFICACIONES	ARQUITECTURA
	<p>Ancho 2150 mm Longitud 5030 mm Altura 2290-2650 mm Distancia entre ejes 2900 mm Pista 1630 mm Radio de giro 11,9 metros Ángulo de entrada 45 grados Ángulo de salida 46 grados Separación de tierra mínima 400 mm Peso bruto 5000 kg. Velocidad máxima 107 Km/h Motor 2195 cc RPM 5500 Potencia 82 hp Transmisión 6 velocidades</p> 	

Ilustración 1. Ejemplo de la ubicación de la información dentro del formato de Estado del Arte

Fuente: Elaboración propia

Otra de las actividades multidisciplinarias que se identificó en esta fase, fue la “Revisión bibliográfica”. Para esta actividad se realizó una capacitación por parte de personal de la biblioteca de la universidad EAFIT, donde se explicó la búsqueda en bases de datos disponibles en la universidad con el fin de encontrar especificaciones técnicas en patentes, normas, políticas y textos del país y en el

exterior, acerca del tema automotriz y agroindustrial. Además de esto se creó un formato sencillo (Ver Anexo 2. Formatos de Familiarización) para proporcionar a los integrantes una guía de búsqueda dentro de cada tema, con el fin de facilitar la lectura de los demás miembros de los grupos, buscando así simplificar y poner lo estrictamente necesario en cada formato de la bibliografía. Un ejemplo de la del formato para la búsqueda de información es mostrado en la Ilustración 2.

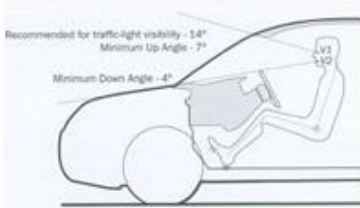
Código del documento: por definir	Tema principal: Ergonomía
Palabras relacionadas: Medidas antropométricas, ángulos de visión	Subtema: Ángulos de visión
Título: Point	
Autor: Stuart Macey	Página: 186-189
Resumen: En este documento se habla de la importancia de dimensionar los ángulos de visión en la cabina del vehículo, como influyen los espejos, el parabrisas y los demás elementos del habitáculo	
	
Conclusiones: las medidas antropométricas deben ser tenidas en cuenta, de manera que el usuario se adapte correctamente al vehículo seleccionado	
Requerimientos para el proyecto: el parabrisas debe permitir al usuario ver con un ángulo mínimo de x grados.....	
Responsable: Pablo Gaviria	

Ilustración 2. Ejemplo del formato para la revisión bibliográfica

Fuente: Elaboración propia

- ELEMENTOS DE FAMILIARIZACIÓN PARA LA FASE 2: DISEÑO CONCEPTUAL

Dentro de esta fase se identificaron como actividades multidisciplinares la “Síntesis de requerimientos” y la “Síntesis funcional”.

Para garantizar el correcto desarrollo del “PDS” se realizó un formato donde se explicaba concretamente la definición de la actividad y se mostraba un ejemplo escrito afín al tema del proyecto ARMO, como se muestra en la ilustración 3 (Ver Anexo 2. Formatos de Familiarización). Se realizaron varias reuniones donde se expusieron ejemplos de “PDS” y se explicó la manera de desarrollarlo, además se hizo énfasis en apoyar sobre todo a las personas que nunca habían hecho este tipo de actividad mediante asesorías personalizadas donde se resolvieron las dudas de los integrantes con ayuda del profesor Luis Fernando Sierra. Se entregó el formato en blanco para completar y se dividieron los elementos según las competencias de cada grupo.

UNIVERSIDAD EAFIT Abierta al mundo		PROYECTO: E-Bike	INTEGRANTES: Alejandro Hernández Juan Camilo Henao Ana María Moreno	Ricardo Carvajal Juan Carlos Hernández Sebastián Ortiz	HOJA N° 1			
		FECHA:						
D E S E M P E Ñ O	D	d	REQUERIMIENTOS	IMP	METRICA	VALOR OBJETIVO	UNIDAD	REF.
	X		El usuario podrá regular la velocidad de acuerdo con sus necesidades	5	Velocidad	0 – 30	Km/h	Requerimiento empresa
	X		El vehículo debe tener una buena autonomía	5	Distancia	40 - 100	Km	Requerimiento empresa
	X		El vehículo podrá transitar por vías inclinadas	5	Inclinación	0- 15	Grados	
	X		Los frenos deben ser efectivos	5	Distancia	0- 5.5	m	Norma NTC 4386
	X		El vehículo deberá indicar la carga de la batería	4	Eficiencia	> 85	%	Anexo 1
	X		El vehículo debe tener la suspensión adecuada	4	Recorrido	> 50	cm	Anexo 2
	X		La dirección del vehículo debe cumplir con el ángulo de giro establecido	4	Angulo	> 60	grados	Norma NTC 4386

Ilustración 3. Ejemplo de elaboración de PDS

Fuente: Elaboración propia

La “Síntesis funcional” fue una actividad grupal que se desarrolló solo por los grupos de mecánica y del SENA con el fin de entregar un análisis funcional y un informe de proveedores. En esta actividad el método familiarización consistió en capacitar a los grupos en el manejo de propuestas de arquitectura de producto, informe de componentes e informe de proveedores, de acuerdo a lo decidido por los directores del proyecto. Durante esta actividad se les brindó apoyo teórico en la realización de los informes y se realizó un acompañamiento para intentar garantizar el trabajo conjunto de los grupos.

- **ELEMENTOS DE FAMILIARIZACIÓN PARA LA FASE 3: DISEÑO DE DETALLE**

Dentro de esta fase se identificaron dos actividades multidisciplinarias: “El diseño para el ensamble-manufactura” y “Modelación digital final”. Teniendo en cuenta que la fase tres, es de transición, se espera llegar a un acuerdo con el equipo de mecánica sobre la conveniencia o no de la elaboración de elementos de familiarización, debido a la especificidad y complejidad de estas actividades.

8.3. ADECUACIÓN DE LA PLATAFORMA ARAS

El primer paso para comenzar la implementación en la plataforma PLM fue la creación del proyecto y de los usuarios como se observa en la Ilustración 4. En este punto se contó con la asesoría del ingeniero de diseño de productos, Pedro Sanín, quien es uno de los administradores de la plataforma Aras en la universidad EAFIT.

Name	Description	Is Alias
Pablo Gaviria		<input checked="" type="checkbox"/>
Luis fernando Sierra		<input checked="" type="checkbox"/>
John Albeiro Manco		<input checked="" type="checkbox"/>
German Gomez		<input checked="" type="checkbox"/>
Carlos Eduardo Palacio		<input checked="" type="checkbox"/>
Jose Libardo Duque		<input checked="" type="checkbox"/>
Carolina Rivera		<input checked="" type="checkbox"/>
Benoit Joseph Weber		<input checked="" type="checkbox"/>
Alejandro Hernandez		<input checked="" type="checkbox"/>
Sebastian Madrid		<input checked="" type="checkbox"/>
Julien Sebastian Bohn		<input checked="" type="checkbox"/>
Santiago Gil Duran		<input checked="" type="checkbox"/>
Alvaro Guarin		<input checked="" type="checkbox"/>
Innovator Admin	The Innovator administrator.	<input checked="" type="checkbox"/>
Super User	The Innovator super user with no restrictions.	<input checked="" type="checkbox"/>
Vault Admin	The Vault administrator.	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 4. Usuarios de la plataforma ARAS

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la planificación de cronograma de trabajo se realizó un boceto preliminar en Microsoft Project para establecer duraciones, fechas de inicio y actividades predecesoras. Este cronograma se muestra en la Ilustración 5.

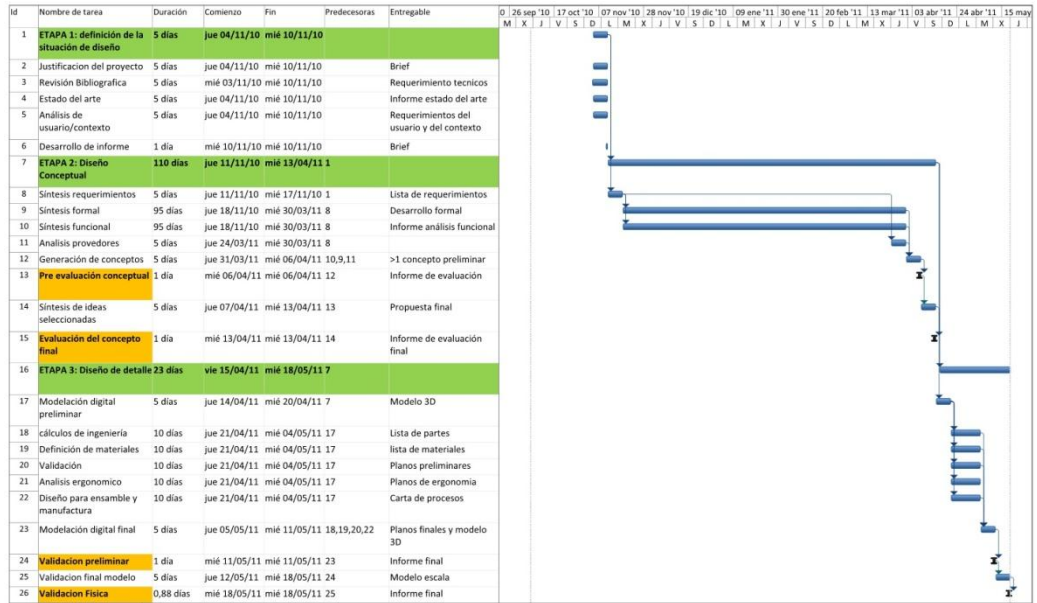


Ilustración 5. Cronograma Project

Fuente: Elaboración propia

Luego, esta información fue ingresada en el sistema para posteriormente asignar las actividades a los líderes de cada grupo, escogidos al interior de estos.

N	Project Tree	Predecessors	Leader [...]	Plan Start	Plan Finish	Duration	Hours	Attach
	1320			11/5/2010	5/18/2011	139		
	Situación de diseño			11/5/2010	11/10/2010	4		
1	Justificación del proyecto		Pablo Gaviria	11/5/2010	11/10/2010	4	96	Multiple
2	Estado del arte (Diseño)		Alejandro Hernandez	11/5/2010	11/10/2010	4	96	Multiple
3	Estado del arte (Mecanica)		German Gomez	11/5/2010	11/10/2010	4	64	Multiple
4	Estado del arte (Sena)		John Albeiro Manco	11/5/2010	11/10/2010	4	96	Multiple
5	Análisis usuario/contexto		Pablo Gaviria	11/5/2010	11/10/2010	4	96	100006
6	Informe Situación de diseño	1FF,2FF,3FF	Alejandro Hernandez	11/10/2010	11/10/2010	0	0	100014
	Diseño conceptual			11/11/2010	4/13/2011	110		
7	Síntesis requerimientos(Diseño)	6	Pablo Gaviria	11/11/2010	11/17/2010	5	120	100010
8	Síntesis requerimientos(Mecanica)	6	Santiago Gil Duran	11/11/2010	11/17/2010	5	80	
9	Síntesis requerimientos(Sena)	6	John Albeiro Manco	11/11/2010	11/17/2010	5	120	100011
10	Síntesis formal	7,8,9	Alejandro Hernandez	11/18/2010	3/30/2011	95	760	100020
11	Síntesis funcional	7,8,9	Benoit Joseph Weber	11/18/2010	3/30/2011	95	760	100019
12	Análisis de proveedores	7,8,9	Jose Libardo Duque	3/24/2011	3/30/2011	5	40	100017
13	Generación de conceptos	10,11,12	Pablo Gaviria	3/31/2011	4/8/2011	5	40	
14	Preevaluación conceptual	13FF	Alvaro Guarín	4/8/2011	4/8/2011	0	0	
15	Síntesis de ideas seleccionadas	14	Alejandro Hernandez	4/7/2011	4/13/2011	5	40	
16	Evaluación del concepto final	15	Alvaro Guarín	4/13/2011	4/13/2011	0	0	
	Diseño de detalle			4/14/2011	5/18/2011	25		
17	Modelación digital preeliminar	16	Pablo Gaviria	4/14/2011	4/20/2011	5	40	
18	Calculos de ingeniería	16	Julien Sebastian Bohn	4/21/2011	5/4/2011	10	80	
19	Definición de materiales	16	Sebastián Madrid	4/21/2011	5/4/2011	10	80	
20	Validación	16	Alejandro Hernandez	4/21/2011	5/4/2011	10	80	
21	Diseño para el ensamble y manufactura	16	Santiago Gil Duran	4/21/2011	5/4/2011	10	80	
22	Análisis ergonomico	16	Pablo Gaviria	4/21/2011	5/4/2011	10	80	
23	Modelación final	17,18,19,20,2	Alejandro Hernandez	5/5/2011	5/11/2011	5	40	
24	Validación Preliminar	23	Alvaro Guarín	5/11/2011	5/11/2011	0	0	
25	Validación final(Modelo)	24	Alvaro Guarín	5/12/2011	5/18/2011	5	40	
26	Validación Física	25	Alvaro Guarín	5/18/2011	5/18/2011	0	0	

Ilustración 6. Actividades asignadas en ARAS

Fuente: Elaboración propia

Con esta actividad quedó lista la plataforma para comenzar la ejecución del proyecto ARMO.

Es importante resaltar que la nomenclatura de los documentos administrados por la plataforma es manejada por el software, pues se intentó hacerlo manualmente pero los demás usuarios manifestaron inconformidad al respecto.

9. EJECUCIÓN DEL PROYECTO ARMO

Como se planteó en la metodología de análisis cada actividad de la etapa de ejecución del proyecto ARMO fue dividida en dos partes la primera de ejecución propiamente de la actividad y la segunda, de evaluación por parte del equipo líder de la “Etapa de Diseño”.

Con el fin de documentar esta etapa, se propone en la parte de ejecución, describir los hechos importantes que ocurrieron en el desarrollo de cada actividad y en la parte de evaluación, una descripción breve de los aspectos relacionados con ARAS y la evaluación general de la actividad, mediante una tabla donde se evidencia el porcentaje de ejecución de cada actividad, así como la pertinencia de la información recibida de los grupos de apoyo, evaluada por el equipo líder de la etapa. Además del grado de utilización de la plataforma PLM, ARAS Innovator.

Para mitigar el elemento subjetivo en la evaluación de la pertinencia y del porcentaje de ejecución, se elaboraron tablas de evaluación con las cuales el equipo de diseño evaluó la información entregada en cada una de las actividades de la “Etapa de Diseño”, en la tabla 1 se muestra un ejemplo del formato de evaluación de actividades (Ver Anexo 14. Tablas de Evaluación de actividades).

Inicialmente se proponen los posibles entregables de cada actividad, estos sirven para medir el porcentaje de entrega, este último se pondera dependiendo del número de entregables y se suma con los otros ponderados de la entregas para encontrar el “TOTAL ENTREGAS”. Un proceso similar ocurre con la pertinencia de la entrega, esta es calificada de 1 a 5 según la tabla al final del formato, luego esta calificación es ponderada de acuerdo al número de entregables y se suma con los otros ponderados de las pertinencias, así se obtiene el “TOTAL PERTINENCIAS”. Para concluir con la evaluación de la actividad se multiplica el “TOTAL

ENTREGAS” con el “TOTAL PERTINENCIAS” para obtener el total ponderado de la actividad.

FORMATO DE EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES						
REVISADO POR:		Alejandro Hernández				
NOMBRE DE ACTIVIDAD:		Síntesis Funcional				
GRUPO:		Mecánica y Sena		NUMERO DE ENTREGABLES	3	
ENTREGABLES	OBSERVACIONES	% ENTREGA 0-100%	% ENTREGA ponderado	PERTINENCIA (0-5)	PERTINENCIA PONDERADA	
1	Listado de componentes principales	Se esperaba una lista de componentes estándar y componentes a diseñar	90%	30.0%	3	1,00
2	Arquitectura seleccionada	se esperaba una arquitectura seleccionada según criterios establecidos	100%	33.3%	4	1,33
3	Selección de Package	Se esperaba un package modelado en escala 1:1	100%	33.3%	5	1,67
4				0%		-
			TOTAL ENTREGA	96.6%	TOTAL PERTIENCIA	4,0
					TOTAL PONDERADO	3,9

NOTA 1:	El porcentaje de entrega de cada actividad se evalúa de 0 a 100, luego se pondera de acuerdo al número de entregas de la actividad
----------------	--

NOTA 2: La pertinencia de la información se medirá la de siguiente manera	5.	Toda la información es pertinente y cumple con el objetivo del entregable; en caso de tener formato la actividad, se cumplen todos los lineamientos.
	4.	Casi toda la información es pertinente; en caso de tener formato, este requiere pocas correcciones.
	3.	Parte de la información es pertinente; en caso de tener formato, este requiere muchas correcciones.
	2.	Poca parte de la información es pertinente; en caso de tener formato, este está muy incompleto.
	1.	Muy poca parte de la información cumple con los objetivos planteados en los entregables; en caso de tener formatos, no se usaron.
	0.	No se presentó información.

Tabla 1. Ejemplo Formato de Evaluación de Actividades diligenciado

Fuente: Elaboración propia

9.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

9.1.1. Ejecución de la actividad

Teniendo clara la importancia de una justificación del proyecto, su ejecución inicia en la fase de “Definición de la situación de diseño”, con la actividad “Justificación de diseño”, esta fue desarrollada con la herramienta “Brief ”para recopilar la información que argumenta el desarrollo del proyecto, un marco histórico en el cual se describen situaciones que ocurrieron previamente y que propician el desarrollo del mismo, en este caso, los motivos que hacen pensar la viabilidad del proyecto ARMO, la pertinencia del proyecto como tal dentro del contexto actual y local, los objetivos a alcanzar y los beneficiados por este (Ver Anexo 3. Brief Proyecto ARMO). El grupo de diseño desarrolló esta actividad según lo planeado.

9.1.2. Evaluación de la actividad

La implementación de esta actividad en ARAS, se dio como se esperaba, los integrantes desarrollaron los entregables de manera satisfactoria y estos se subieron a la plataforma sin inconvenientes. La tabla 2 presenta los resultados de la evaluación a partir de la tabla descrita en el capítulo 9 (ver anexo 14).

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Justificación del proyecto	Diseño	100%	4,6	4,6	100%

Tabla 2. Evaluación de la actividad Justificación de proyecto

Fuente: Elaboración propia

9.2. ANÁLISIS DE USUARIO/CONTEXTO

9.2.1. Ejecución de la actividad

La actividad análisis de usuario/contexto fue un complemento del “Brief” previamente realizado, en el cual se encontraron los primeros requerimientos básicos para el proyecto reflejados por los posibles usuarios y sus necesidades, sin olvidar su ubicación en el contexto colombiano (Ver Anexo 4. Análisis de Usuario-Contexto). Esta actividad fue realizada por el grupo de diseño sin presentar ningún tipo de inconvenientes y de la manera esperada. Hay que tener en cuenta que el proyecto ARMO tiene un enfoque académico, es por esto que el usuario y el contexto quedaron de manera general.

9.2.2. Evaluación de la actividad

La actividad de análisis de usuario/contexto se implementó de manera correcta en ARAS y no se presentaron inconvenientes en este paso. En la tabla 3 puede observarse la evaluación de esta actividad.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Análisis usuario contexto	Diseño	90%	3,0	2,7	100%

Tabla 3. Evaluación de la actividad Análisis de usuario/contexto

Fuente: Elaboración propia

9.3. ESTADO DEL ARTE

9.3.1. Ejecución de la actividad

Esta actividad fue realizada por los 3 grupos del proyecto, consistió en la identificación de los vehículos similares al cual se planeaba diseñar, evidenciando así sus características más relevantes, sistemas funcionales más comunes o de mayor desempeño, además de tendencias en el diseño, configuraciones más usadas, posición de los componentes, entre otros elementos importantes para que el diseño del vehículo se acomode a las tendencias del mercado, sin caer en la copia y procurando destacar características diferenciadoras.

La actividad anterior, evidenció las principales características de cada uno de los tipos de vehículos investigados, a partir de esto, se crearon perfiles que identifican los atributos específicos de cada grupo (Ver Anexo 5 Estado del Arte).

A pesar de ser una actividad que poseía herramientas de familiarización, se presentaron inconvenientes en la entrega de información, pues los formatos creados para esta actividad no fueron correctamente utilizados debido a una falta de entendimiento de lo explicado en las asesorías y por preferir utilizar otros formatos creados por ellos mismos. Cabe aclarar que todos los formatos y decisiones del proyecto fueron aceptados con anterioridad por todos los integrantes del proyecto.

Esta actividad generó un resultado satisfactorio por parte del grupo de diseño, un resultado no satisfactorio por parte del grupo del SENA y quedó faltando la entrega del material, por parte del grupo de mecánica en la fecha indicada. Posteriormente, este último grupo realizó la entrega pero en un formato diferente y después de la incorporación de nuevos miembros a este grupo se decidió permitir una nueva entrega con un contenido más satisfactorio.

En vista de que los resultados del grupo del SENA no eran los esperados, se realizó una asesoría posterior a la fecha de finalización de la actividad, luego de esto, los resultados fueron más acordes a los que se esperaba.

9.3.2. Evaluación de la actividad

Para la facilidad de manejo de la actividad en ARAS, esta, se dividió en tres partes: “Estado del arte” SENA, “Estado del arte” Mecánica y “Estado del arte” Diseño.

Debido a los inconvenientes en la ejecución de la actividad, se presentaron fallas en la implementación de ésta a la plataforma PLM. Estas fallas estaban relacionadas con los tiempos de entrega y con el ingreso de algunos integrantes del proyecto a la plataforma. Los resultados de la evaluación de esta actividad se pueden ver en la tabla 4.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Estado del arte	Diseño, Mecánica y Sena	100%	4,8	4,8	100%

Tabla 4. Evaluación de la actividad Estado del Arte

Fuente: Elaboración propia

9.4. Revisión Bibliográfica

9.4.1. Ejecución de la actividad

Con el objetivo de buscar patentes, normas y políticas que informaran a los grupos del proyecto de nuevos avances tecnológicos, limitantes gubernamentales y técnicas relacionadas con el vehículo a diseñar, se realizó esta actividad. La

revisión, debería complementar el conocimiento en áreas involucradas dentro del proyecto que ninguno de los grupos tenía el conocimiento necesario para hacerse cargo del tema. Esta actividad estuvo a cargo del grupo de mecánica, que de acuerdo al sistema de familiarización diseñado recibió una capacitación por parte de personal especializado, la cual fue apoyada por un formato (Ver Anexo 2 Formatos de Familiarización) para consignar la información. Sin embargo el único integrante del grupo de mecánica que asistió a estas capacitaciones se retiró por motivos personales y la actividad no fue realizada satisfactoriamente.

Después del ingreso de nuevos integrantes al grupo de mecánica esta actividad fue retomada por los nuevos miembros y con ayuda de los integrantes del grupo de diseño, se encontraron normas pertinentes para el desarrollo del proyecto (Ver Anexo 6. Material Bibliográfico del proyecto ARMO).

9.4.2. Evaluación de la actividad

Esta actividad presentó varios inconvenientes relacionados con las fechas de entrega, además los formatos propuestos para facilitar su desarrollo no fueron utilizados y por ende no hubo resultados tangibles para cargar en la plataforma. La tabla 5 presenta los resultados de la actividad Revisión bibliográfica.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Revisión Bibliográfica	Mecánica	63%	3,5	2,2	0%

Tabla 5. Evaluación de la actividad Revisión Bibliográfica

Fuente: Elaboración propia

9.5. SÍNTESIS DE REQUERIMIENTOS

9.5.1. Ejecución de la actividad

La segunda fase de la “Etapa de Diseño”, fue el diseño conceptual, el cual inició con la actividad “Síntesis de requerimientos”, realizada por todos los grupos del proyecto, dirigida y asesorada por el grupo líder de la etapa. Dicha síntesis se trabajó a través de la herramienta “PDS” (product design specifications) la cual reveló y recopiló todos los requerimientos observados en actividades previas. Cada grupo estuvo encargado de diferentes elementos sobre los que se definieron los requerimientos de diseño (Ver Anexo 7. PDS).

Esta, fue una actividad que contaba con herramientas de familiarización. En el inicio se entregaron los formatos y se realizó una capacitación, después de una semana de trabajo se realizó una reunión para la revisión de los avances de los grupos; arrojando los siguientes resultados: el equipo de diseño entregó avances satisfactorios, entretanto los otros dos no lograron los objetivos. Durante la reunión el grupo de diseño realizó retroalimentaciones para continuar con el desarrollo de la actividad por una semana más.

En la fecha de entrega final de esta actividad, el grupo de diseño presentó resultados pertinentes, el grupo del SENA realizó correcciones a lo entregado anteriormente y tuvo avances significativos, el último grupo no logró los objetivos.

9.5.2. Evaluación de la actividad

El montaje de esta actividad en la plataforma, se vio dificultado por inconvenientes técnicos con el software, pues, éste fallaba en el funcionamiento cuando se intentaba trabajar y no permitía ingresar a algunos usuarios. A pesar de lo anterior, las entregas en la plataforma fueron a tiempo, gracias a la ayuda del grupo de

diseño, además como ya se mencionó, uno de los grupos no cargó elementos a la plataforma, pues no había desarrollado la actividad. La evaluación de la actividad se ve en la tabla 6.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Síntesis de requerimientos	Diseño, Mecánica y Sena	46%	1,7	0,8	82%

Tabla 6. Evaluación de la actividad Síntesis de Requerimientos

Fuente: Elaboración propia

9.6. SÍNTESIS FUNCIONAL

9.6.1. Ejecución de la actividad

Con la “Síntesis de requerimientos” completa, se continuó con la actividad de “Síntesis funcional”, a cargo del grupo de mecánica y del SENA, con el fin de estructurar los requerimientos encontrados a lo largo de las etapas transcurridas hasta el momento y, evaluar cada requerimiento y su pertinencia en el proyecto ARMO. Estos grupos trabajaron en forma independiente con asesorías del grupo de diseño. Semanalmente se hacían retroalimentaciones de los avances del trabajo y se proponían nuevos enfoques para la continuación de la actividad, además se definía en que componentes era necesario profundizar la investigación; sin embargo los integrantes de los grupos encargados de la actividad trabajaron por separado y en el momento de integrar la información obtenida, se presentaron inconvenientes que comprendían informes y modelaciones, en la Ilustración 7 se muestran las arquitecturas de producto realizadas en esta actividad.(Ver Anexo 8. Síntesis Funcional).

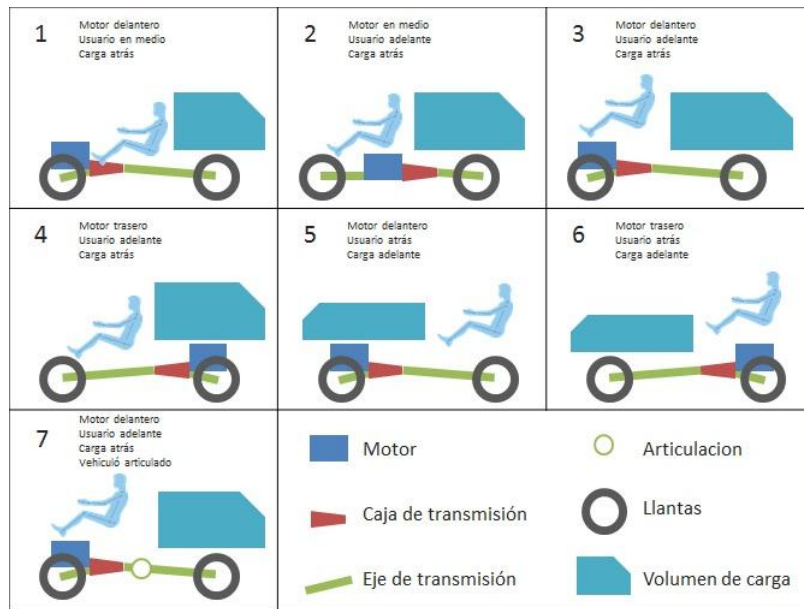


Ilustración 7. Arquitecturas del Vehículo

Fuente: Elaboración propia

A partir del contenido de este informe, se seleccionó la arquitectura adecuada eligiendo como el principal criterio la viabilidad de la fabricación local del vehículo. Teniendo en cuenta este criterio se realizó la subactividad “Proveedores”, que consistía en un listado de distribuidores y proveedores de todos los componentes estándar y los suministros para los componentes diseñados. Esta actividad marcó el inicio de la modelación preliminar de componentes como el chasis, el sistema de suspensión, llantas, rines y un volumen promedio de los posibles motores tal como se ve en la Ilustración 8. (Ver Anexo 13. Modelación Preliminar).

Además de los inconvenientes ya mencionados se presentaron problemas relacionados con la deserción de personal en el grupo del SENA, quedando un solo integrante.

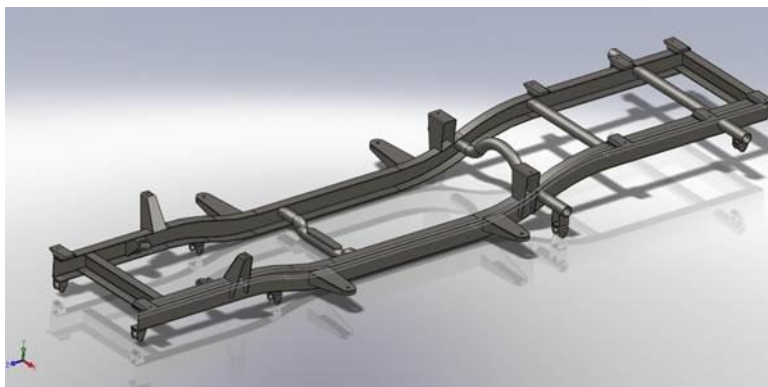


Ilustración 8. Modelación preliminar del chasis

Fuente: Elaboración propia

9.6.2. Evaluación de la actividad

La actividad “Síntesis funcional”, fue parcialmente cargada a la plataforma ARAS y la actividad análisis de proveedores fue montada en su totalidad. Los resultados de la evaluación de estas actividades se presentan en la tabla 7.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Síntesis funcional	Mecánica	97%	4,0	3,9	50%
Proveedores	Sena	12%	3,6	0,4	100%

Tabla 7. Evaluación de la actividad Síntesis Funcional

Fuente: Elaboración propia

9.7. SÍNTESIS FORMAL

9.7.1. Ejecución de la actividad

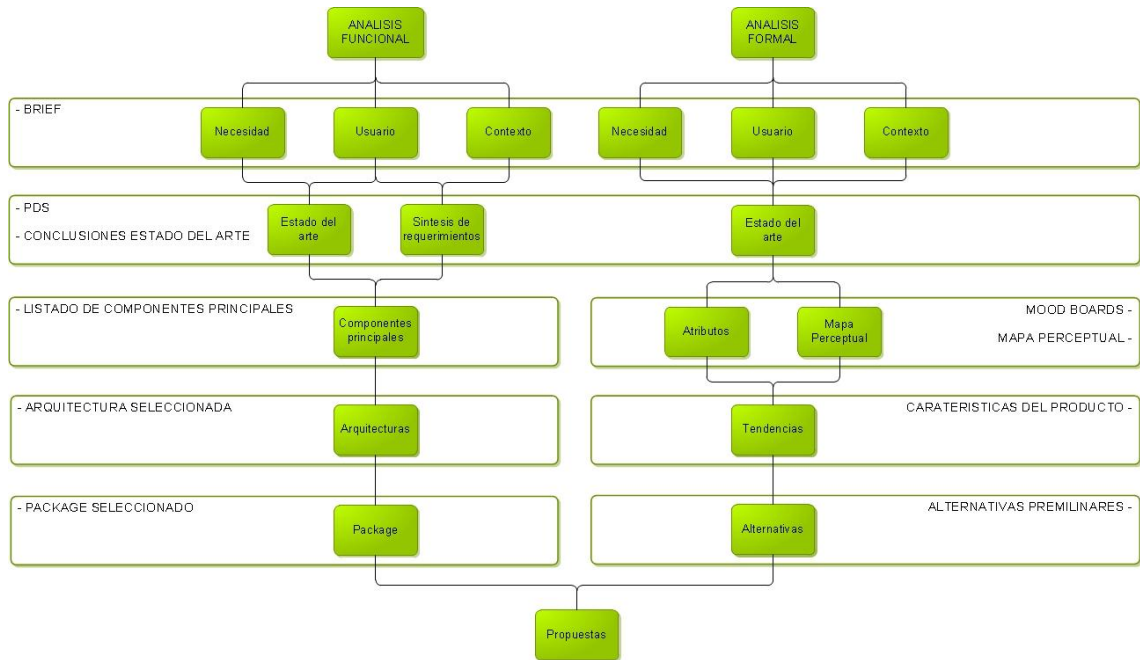


Diagrama 13. Síntesis Funcional y Síntesis Formal

Fuente: Elaboración propia

Al mismo tiempo que se realizaba la “Síntesis funcional”, el equipo de diseño realizó la actividad de “Síntesis Formal”, tal como muestra el Diagrama 13. En esta se pretendió buscar el diseño del vehículo desde una perspectiva estética, cómo es percibido por el usuario y qué emociones despierta cuando lo ve.

La identificación de las tendencias del mercado eran de gran influencia en este proceso, por ello se desarrolló un “Mapa perceptual” teniendo en cuenta dos ejes, el primero que va desde vehículos de trabajo hasta vehículos recreativos (eje x) y el segundo, va desde propósitos sub urbanos hasta rurales (eje y) Ver Ilustración 9.

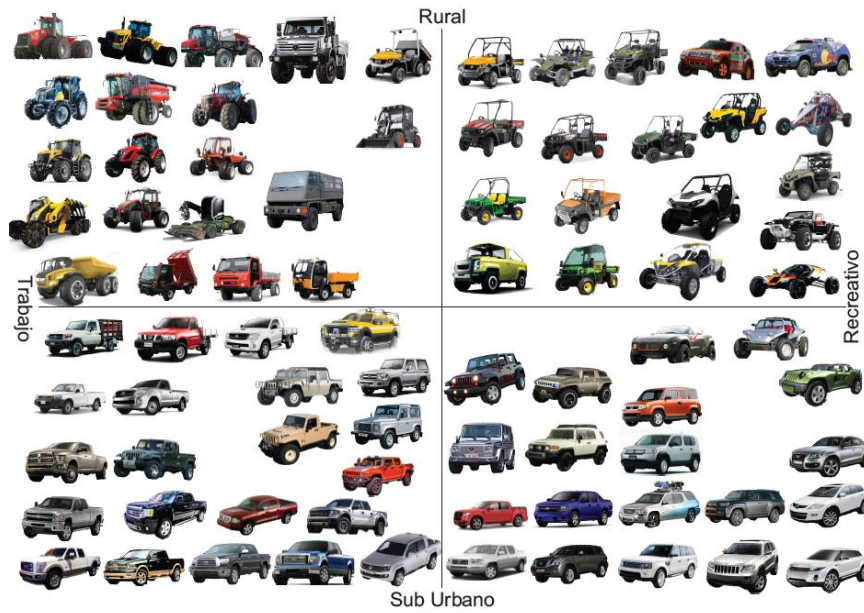


Ilustración 9. Mapa perceptual General

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se desarrollaron sesiones de creatividad con el Semillero de Movilidad, donde se seleccionaron 2 atributos principales que deberían guiar el proceso formal del vehículo, resistencia y modularidad, con el fin de elaborar “Moodboards” de atributos, herramientas útiles en el momento de la generación de ideas, ver Ilustración 10 (Ver Anexo 9. Síntesis Formal).



Ilustración 10. MoodBoards Resistencia y Modularidad

Fuente: Elaboración propia

Esta actividad, se desarrolló sin inconvenientes y cabe resaltar los buenos resultados obtenidos gracias a la participación del Semillero de Movilidad.

9.7.2. Evaluación de la actividad

Una vez finalizada la actividad, los entregables fueron cargados en la plataforma ARAS satisfactoriamente y sin presentar retrasos. Los resultados de la evaluación de esta actividad se ven en la tabla 8.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Síntesis formal	Diseño	100%	4,5	4,5	100%

Tabla 8. Evaluación de la actividad Síntesis Formal

Fuente: Elaboración propia

9.8. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

9.8.1. Ejecución de la actividad

La “Generación de conceptos”, fue una actividad realizada por el grupo de diseño, además se contó de nuevo con el apoyo del Semillero de Movilidad para fortalecer la generación de conceptos. La actividad se desarrolló con la metodología “Brainstorming” en diferentes sesiones, guiadas por el profesor Luis Fernando Sierra, ver Ilustración 11.

Para estas sesiones se explicaron y utilizaron como herramientas guías los “Moodboards” y el “Mapa perceptual”, con el fin de que todos los participantes conservaran el enfoque del proyecto. Dentro de las sesiones, el grupo de diseño

del proyecto ARMO, explicó a los integrantes del Semillero de Movilidad, las características del proyecto y el propósito de la actividad.

En cada sesión se obtuvieron varios diseños representativos y propuestas formales de componentes que se iban utilizando como inspiración, a medida que se desarrollaban las demás sesiones, permitiendo fusionar propuestas y realizar diferentes combinaciones (Ver Anexo 10. Sesiones de Diseño).

En las sesiones siguientes, los diseños se fueron filtrando poco a poco hasta obtener las propuestas preliminares para continuar con la “Pre-evaluación conceptual”.



Ilustración 11. Sesiones de Generación de Conceptos

Fuente: Elaboración propia

9.8.2. Evaluación de la actividad

A partir de esta actividad, los grupos del proyecto ARMO, comenzaron a dejar a un lado la plataforma PLM, principalmente por problemas repetitivos de acceso, relacionados con la falta de manejo del software por parte de los integrantes y algunos problemas técnicos. Las entregas anteriores fueron realizadas por los responsables de las actividades, pero siempre con apoyo del equipo de diseño. En este punto del proceso el uso de la plataforma se vio estancado y los integrantes

del proyecto comenzaron a expresar una desmotivación, principalmente asociada a que las ventajas de la utilización de la plataforma no eran claras y tangibles para ellos. La tabla 9 presenta los resultados de la evaluación de la actividad generación de conceptos.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Generación de conceptos	Diseño	100%	5,0	5,0	0%

Tabla 9. Evaluación de la actividad Generación de Conceptos

Fuente: Elaboración propia

9.9. PRE-EVALUACIÓN CONCEPTUAL

9.9.1. Ejecución de la actividad

La primera parte de la actividad “Pre evaluación conceptual”, se realizó en la última sesión de generación de alternativas con el Semillero de Movilidad y el grupo de diseño. En esta actividad, cada integrante expuso sus apreciaciones sobre las propuestas de diseño, mediante una votación, con el fin de seleccionar las mejores, hasta seleccionar tres propuestas de integrantes diferentes, que cumplieran con las expectativas del proyecto, ver Ilustración 12. Además de esto, se resaltaron aspectos destacables de las propuestas rechazadas, para integrarlos posteriormente a las ideas seleccionadas. También se realizó una retroalimentación de las 3 alternativas elegidas, donde se identificaron los aspectos positivos y negativos de cada una, para posteriores correcciones.

En la segunda parte, se presentaron las propuestas seleccionadas a los integrantes del proyecto ARMO, con el fin de recibir observaciones y sugerencias.

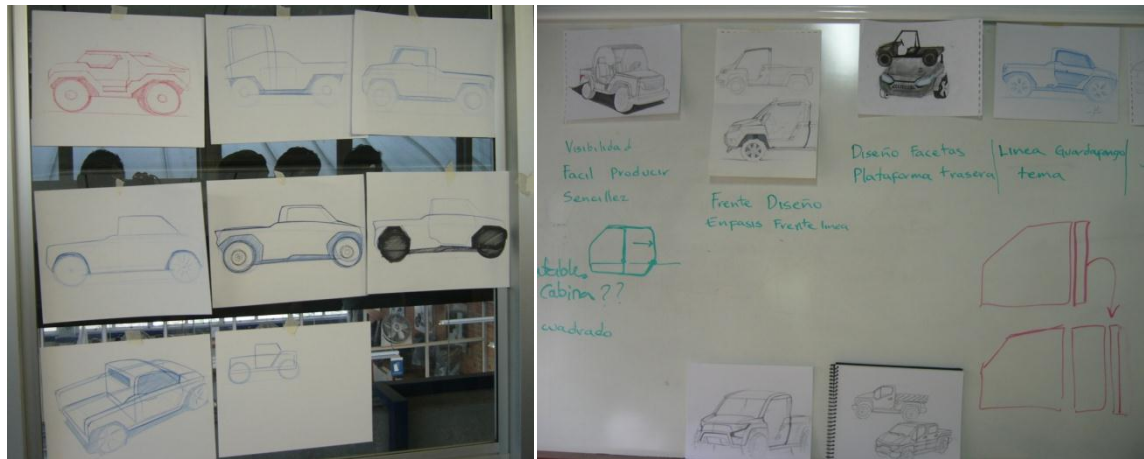


Ilustración 12. Alternativas Evaluadas

Fuente: Elaboración propia

9.9.2. Evaluación de la actividad

Al igual que en la actividad anterior, los documentos no fueron cargados en la plataforma ARAS por los mismos inconvenientes mencionados anteriormente. La tabla 10 muestra la evaluación de la actividad.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Pre evaluación conceptual	Diseño, Mecánica y Sena	100%	5,0	5,0	0%

Tabla 10. Evaluación de la actividad Pre-evaluación conceptual

Fuente: Elaboración Propia

9.10. SÍNTESIS DE IDEAS SELECCIONADAS

9.10.1. Ejecución de la actividad

Después de seleccionar las 3 ideas más apropiadas para el proyecto, los responsables de cada alternativa (integrantes del Semillero de Movilidad) se

dieron a la tarea de perfeccionarlas, teniendo en cuenta los aspectos discutidos en la retroalimentación e integrando los elementos destacables de las propuestas rechazadas, con el fin de mejorar los diseños y cumplir los requerimientos especificados, ver Ilustración 13.

Para desarrollar esta actividad, los responsables tuvieron un tiempo límite de una semana, al final de la cual, entregaron al equipo de diseño su propuesta con las correcciones aplicadas (Ver Anexo 11. Propuestas).

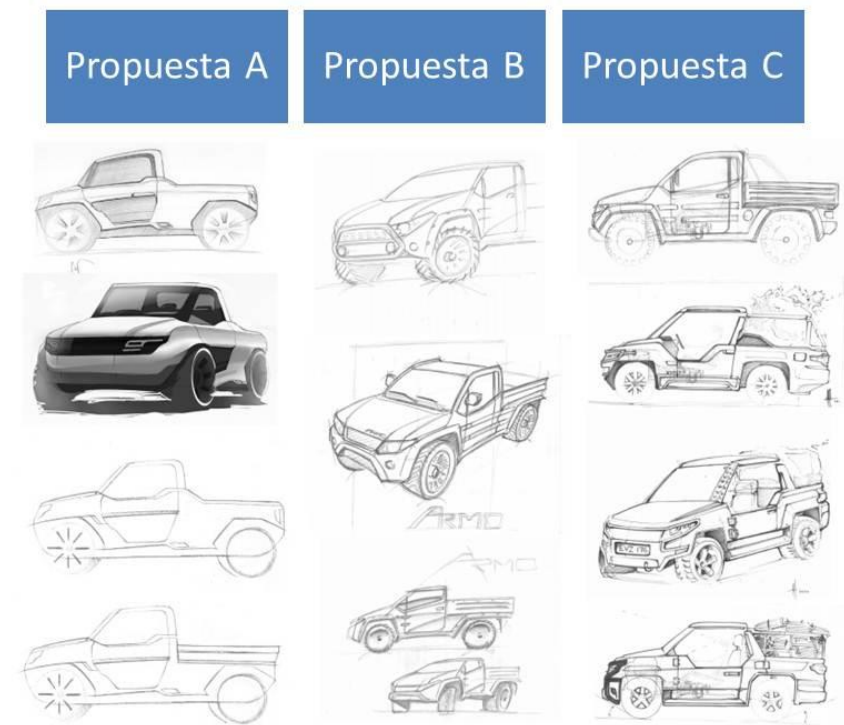


Ilustración 13. Tres Alternativas Seleccionadas

Fuente: Elaboración propia

9.10.2. Evaluación de la actividad

En este punto, los problemas técnicos fueron parcialmente solucionados, pero la desmotivación general y los retrasos que estos causaron, no permitieron continuar con la implementación del proceso en la plataforma y el proyecto se siguió desarrollando sin esta, como lo evidencia el porcentaje de utilización en la tabla 11.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Síntesis de ideas seleccionadas	Diseño	100%	5,0	5,0	0%

Tabla 11. Evaluación de la actividad Síntesis de Ideas seleccionadas

Fuente: Elaboración propia

9.11. EVALUACIÓN DEL CONCEPTO FINAL

9.11.1. Ejecución de la actividad

Una vez las propuestas finales estaban completas, el equipo de diseño realizó los formatos de encuestas de evaluación, para determinar cuál de las propuestas reflejaba mejor los atributos seleccionados y cual se adaptaba mejor al contexto de uso (Ver Anexo 12. Encuestas). Estas encuestas fueron entregadas a todos los involucrados con el proyecto incluyendo estudiantes, profesores y asesores, realizando un total de 12 encuestas.

Una vez completado este proceso, el equipo de diseño continuó con la tabulación de los resultados, lo que permitió seleccionar la propuesta más pertinente para su

uso (Ver Anexo 12. Encuestas), la cual fue la alternativa B presentada en la Ilustración 14.



Ilustración 14. Propuesta Seleccionada

Fuente: Elaboración propia

9.11.2. Evaluación de la actividad

La tabla 12 evidencia la falta de uso de la plataforma Aras debido a los inconvenientes descritos anteriormente.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Evaluación concepto final	Diseño, Mecánica y Sena	100%	5,0	5,0	0%

Tabla 12. Evaluación de la actividad Evaluación del Concepto Final

Fuente: Elaboración Propia

9.12. MODELACIÓN PRELIMINAR DIGITAL

9.12.1. Ejecución de la actividad

La actividad “Modelación preliminar digital”, estuvo a cargo del equipo de diseño. Después de tener la propuesta seleccionada se realizaron las vistas del producto, para comenzar a desarrollar la modelación.

El objetivo de esta modelación preliminar, era definir la estética del producto para visualizar volúmenes y proporciones desde varios ángulos, sin tener en cuenta consideraciones de ingeniería. Sin embargo se utilizaron los componentes funcionales modelados a partir de la “Síntesis funcional” y debido a los problemas evidenciados en esta actividad, se presentaron también inconvenientes en la “Modelación preliminar digital”.

Los integrantes del grupo de mecánica, durante el desarrollo de la modelación, por motivos de fuerza mayor debieron abandonar el proyecto, entregando solo lo que llevaban hasta el momento y generando así inconvenientes para quienes retomaron estas modelaciones, debido a las diferencias en la lógica de modelación. Todo esto provocó retrasos en el cronograma y ARMO como proyecto colaborativo quedó suspendido debido a la falta de personal y las fallas mencionadas anteriormente.

El proyecto, continuó siendo desarrollado solo por el grupo de diseño, el resultado de esta actividad es la modelación 3D de la propuesta conceptual final como se muestra en la Ilustración 15.(Ver Anexo 13.Modelación Preliminar).



Ilustración 15. Modelación y Renders Preliminares

Fuente: Elaboración propia

9.12.2. Evaluación de la actividad

Los resultados de la evaluación de actividad modelación preliminar pueden observarse en la tabla 13. Al igual que la actividad anterior, esta no fue cargada a la plataforma aras.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Modelación preliminar	Diseño	100%	5,0	5,0	0%

Tabla 13. Evaluación de la actividad Modelación preliminar

Fuente: Elaboración Propia

9.13. VALIDACIÓN

9.13.1. Ejecución de la actividad

Con el fin de comprobar las dimensiones y proporciones de la modelación preliminar se propone la fabricación de un modelo físico a escala del vehículo, para observar de manera tangible las características estéticas de este. La escala del modelo sería 1:20 y el método de fabricación sería en FDM. En la Ilustración 16 se muestra una simulación de este proceso.

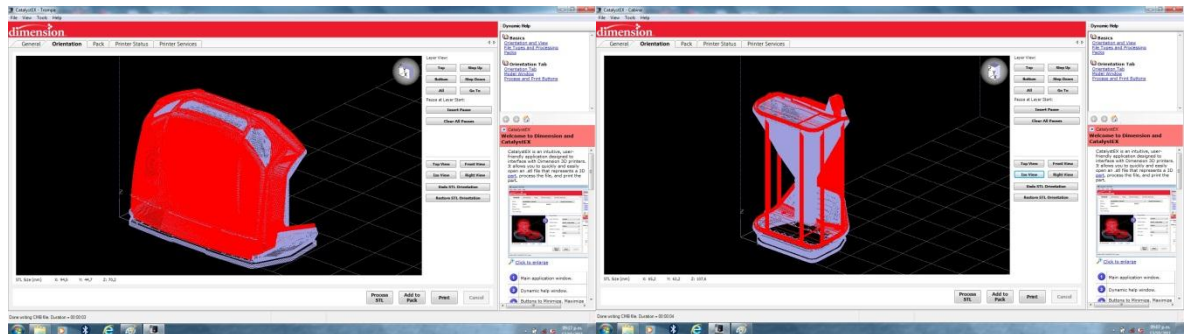


Ilustración 16. Imagen del modelo y proceso de manufactura

Fuente: Elaboración propia

9.14. ANÁLISIS ERGONÓMICO

Para medir dimensiones y garantizar que el vehículo esté ergonómicamente correcto, se propone a los siguientes administradores de la etapa en conjunto con los integrantes del grupo de diseño, la realización de un análisis ergonómico. Inicialmente se contará con la consulta bibliográfica realizada previamente en la modelación preliminar y se propondrá profundizar en la investigación de las características ergonómicas necesarias para este tipo de vehículos.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo, se destacarán los aspectos tanto positivos como negativos del proyecto, con el fin de generar conclusiones y recomendaciones para posteriores proyectos de características similares.

Actividad	Grupo encargado	Porcentaje de actividad	Pertinencia de la información	Ponderado	Porcentaje Utilización Aras
Justificación del proyecto	Diseño	100%	4,6	4,6	100%
Análisis usuario contexto	Diseño	90%	3,0	2,7	100%
Estado del arte	Diseño, Mecánica y Sena	100%	4,8	4,8	100%
Búsqueda bibliográfica	Mecánica	63%	3,5	2,2	0%
Síntesis de requerimientos	Diseño, Mecánica y Sena	46%	1,7	0,8	82%
Síntesis formal	Diseño	100%	4,5	4,5	100%
síntesis funcional	Mecánica	97%	4,0	3,9	50%
Proveedores	Sena	12%	3,6	0,4	100%
Generación de conceptos	Diseño	100%	5,0	5,0	0%
Pre evaluación conceptual	Diseño, Mecánica y Sena	100%	5,0	5,0	0%
Síntesis de ideas seleccionadas	Diseño	100%	5,0	5,0	0%
Evaluación concepto final	Diseño, Mecánica y Sena	100%	5,0	5,0	0%
Modelación preliminar	Diseño	100%	5,0	5,0	0%

Tabla 14. Evaluación General de Actividades

Fuente: Elaboración propia

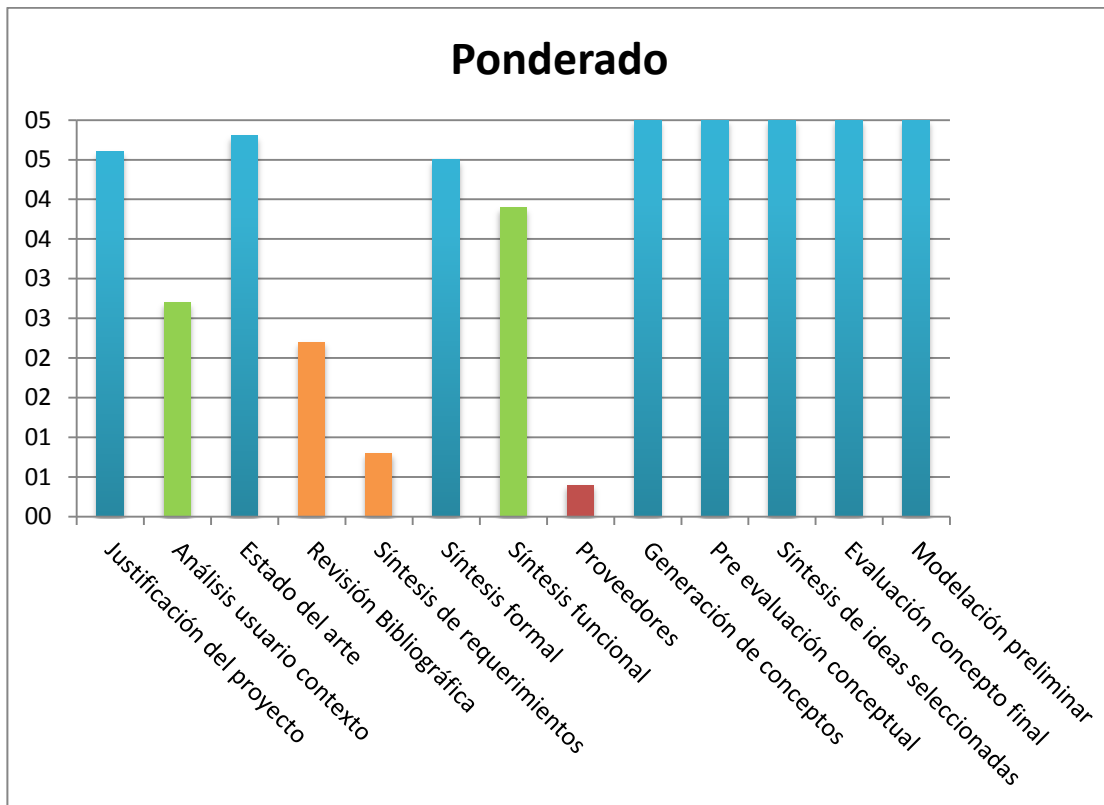


Ilustración 17. Ponderado Evaluación de las actividades

Fuente: Elaboración Propia

El ponderado de las actividades como "síntesis funcional", "búsqueda bibliográfica" y "análisis usuario contexto" fueron las actividades con más baja calificación en el proyecto.

Grupo	No. Actividades	Total Ponderado	Promedio ponderado por actividad
Diseño	6	26,8	4,47
Mecánica	2	6,1	3,05
Sena	1	0,443	0,443

Tabla 15. Evaluación de actividades por equipos

Fuente: Elaboración propia

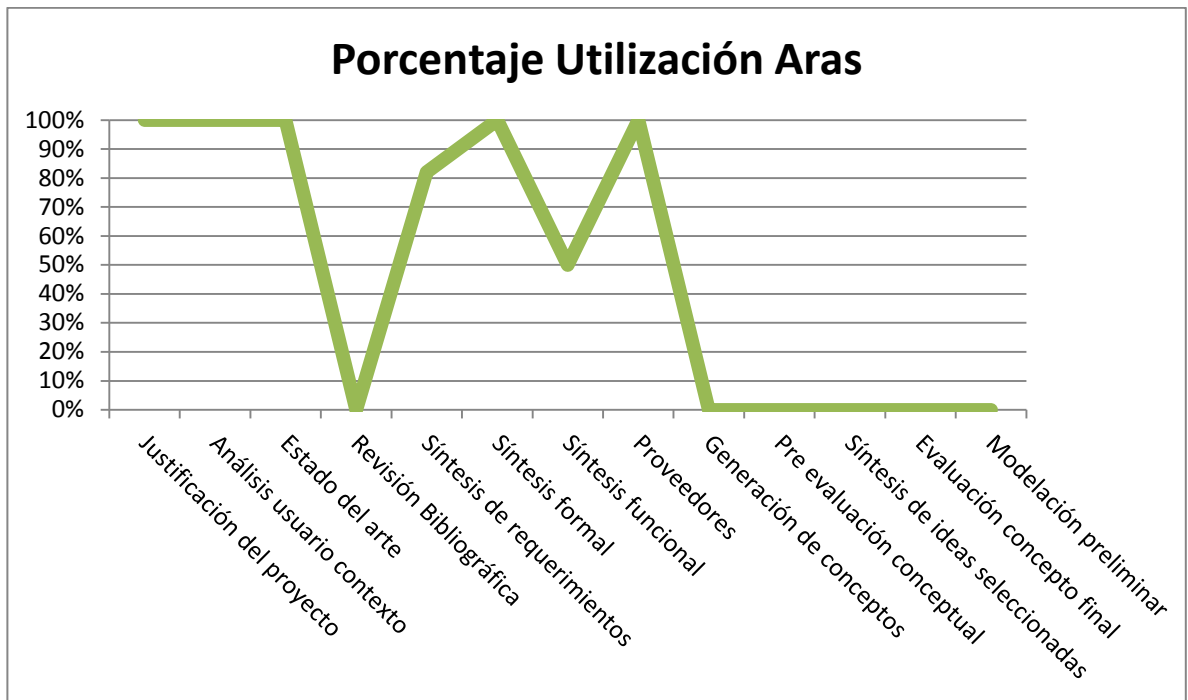


Ilustración 18. Utilización de ARAS

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de utilización de aras, se ve decaído considerablemente a partir de la actividad "proveedores".

10.1. LISTA DE ACIERTOS

- Las entregas desarrolladas por el grupo de diseño, presentaron buenos resultados en comparación a las de otros grupos de trabajo, posiblemente debido a que las herramientas de trabajo son de pleno conocimiento del equipo.
- La integración del Semillero de Movilidad, facilitó el desarrollo de las actividades referentes al desarrollo de conceptos por su experiencia en estos temas.

- Las actividades de revisión y retroalimentación programadas, hicieron que los resultados de las entregas mejoraran considerablemente.
- El grupo de diseño continuó con el proyecto a pesar de la falta de personal y los inconvenientes del mismo.

10.2. LISTA DE INCONVENIENTES

10.2.1. Proyecto ARMO

- La falta de preparación del equipo en algunos temas, como en la “Revisión bibliográfica”, el “PDS” y el “Estado del arte”, aunque hubo capacitaciones en algunos casos, no se evidenció un buen manejo del tema por parte de todo el grupo lo que generó retrasos y comprometió la calidad de las entregas. El mal desarrollo de estas actividades puede comprometer los resultados de los cálculos de ingeniería y la fabricación de vehículo.
- La utilización de otros formatos diferentes al propuesto para la recolección de información, por no contener la información requerida o ser irrelevante.
- La retroalimentación de los entregables en algunas actividades fue posterior a la finalización propuesta en el cronograma lo cual generó retrasos en las actividades siguientes.
- La inclusión de nuevos integrantes, generó la necesidad de reasignar las actividades encargadas al anterior grupo de mecánica.

- El retiro de diferentes integrantes del proyecto ARMO, afectó los resultados de varias actividades en cuanto a fechas de entrega y pertinencia de información.
- Cuando se realizó la actividad, “Síntesis funcional”, se encontró que los encargados de esta labor, se dividieron las responsabilidades y trabajaron por separado, lo que dificultó la integración de los resultados, generando inconvenientes en las siguientes etapas.
- La diferencia en la lógica de modelación de los diferentes integrantes del proyecto, generó problemas de compatibilidad en los ensambles.

10.2.2. Plataforma PLM

- Las ventajas de la implementación del PLM no eran claras para la mayoría de los integrantes.
- Los problemas técnicos de la plataforma, entorpecieron el correcto desarrollo de la implementación de la metodología de trabajo.
- Las dificultades en el manejo de la plataforma por parte de los integrantes del grupo, provocó que el uso de esta fuera una carga, más que una ayuda.
- La desmotivación general del grupo en relación al uso de la plataforma PLM, fue una constante durante el proyecto.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES

- La aproximación del PLM trabajada en el proyecto ARMO evidenció la necesidad de incorporar un programa PDM compatible con la plataforma PLM y el software de modelación seleccionado, con el objetivo de administrar los archivos generados por los programas CAD.
- Una buena planeación de la metodología de trabajo, es fundamental para el éxito en la implementación de la plataforma, pues facilita las tareas a lo largo de la ejecución del proyecto.
- La disposición de los integrantes del grupo al implementar una plataforma dentro del proyecto, es uno de los factores más importantes para garantizar el éxito en la implementación del PLM. El grupo de diseño asimiló bien los beneficios de la plataforma al ser el equipo director.
- El buen entendimiento del manejo del software por parte de todos los integrantes del proyecto, es fundamental para el desarrollo de la implementación.
- Los problemas técnicos de la plataforma, pueden llegar a entorpecer considerablemente el desarrollo del proyecto, generando retrasos en las entregas.
- El rechazo por parte del equipo de trabajo a la plataforma, se debe aparentemente a que el uso de esta dificulta las labores debido a la complejidad al momento de carga, editar o descargar los datos dentro de la plataforma.

- Las ventajas de las plataformas PLM, no son fácilmente comprendidas por los integrantes del grupo, si no se realiza una explicación a profundidad de sus beneficios por parte de las administraciones.
- Algunas estrategias de diseño, tienen herramientas especializadas que no son de fácil entendimiento para las personas que no estén relacionadas con las metodologías del diseño, lo que entorpece y retrasa el proceso.
- Es importante que en la selección del software de modelación y la plataforma PLM, se tenga en cuenta que estos permitan una integración completa, con el objetivo de facilitar el desarrollo del proyecto.
- Las actividades afines con los conocimientos de las personas del grupo que las va a realizar, dan mejores resultados si se comparan con las actividades desarrolladas grupalmente, consideradas como básicas en este proyecto.
- La inclusión de grupos de investigación afines a los conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto, enriqueció notablemente los resultados, gracias a su experiencia con los temas relacionados.
- Para el desarrollo de cualquier proyecto, es indispensable contar con un equipo de trabajo constante y comprometido.

11.2. RECOMENDACIONES

11.2.1. Para la implementación de proyectos de diseño

- Tener en cuenta dentro de la metodología, una etapa de investigación previa al planteamiento del proyecto, para que el producto responda de manera clara a las necesidades del usuario y del contexto.
- Con el fin de explicar de la mejor manera posible las actividades más complejas para las personas que no están relacionadas con metodologías de diseño, se propone buscar la ayuda de asesores expertos en estos temas y que además, acompañen al grupo durante el desarrollo de las actividades.
- Involucrar a todo el grupo desde el inicio del proyecto en la actividad de la justificación, con el fin de aprovechar los conocimientos de los integrantes y dejar en claro para todos los objetivos del proyecto.
- Involucrar grupos afines al proyecto, para apoyar el desarrollo de este, con conocimientos más sólidos.
- Se deben equilibrar las cargas de trabajo en los diferentes integrantes del proyecto, para garantizar que las actividades se realicen de manera satisfactoria.
- Invitar personas que conozcan o estén relacionadas con las actividades puntuales del proyecto puede ayudar a explorar varias posibilidades y conseguir resultados más satisfactorios.

11.2.2. Para implementación del PLM en proyectos futuros

- Con el fin de evitar deserciones durante el desarrollo del proyecto, se propone generar algún tipo de compromiso obligatorio o incentivo, que garantice un equipo completo de trabajo, hasta la terminación del proyecto.
- Se recomienda generar roles con perfiles establecidos en la plataforma PLM, para asignarlos a los integrantes del equipo, en lugar de asignar nombres específicos a las actividades a desarrollar y facilitar posibles cambios de personal en el proyecto.
- Realizar en las reuniones actas, que permitan llevar un registro de la información y de los avances del proyecto, con el fin de que todos los integrantes tengan claras las decisiones, asignaciones y demás aspectos importantes de este y al mismo tiempo, para que cuando lleguen nuevos participantes al proyecto, se actualicen rápidamente y puedan integrarse con mayor facilidad.
- Integrar al proyecto un programa que permita administrar todos los archivos generados por los CAD (PDM), para facilitar el trabajo en programas paramétricos y así mismo manejar la metodología Top Down Design.
- En este tipo de proyectos que involucren una modelación colaborativa, se propone utilizar en su desarrollo un software de modelación directa, que se integre fácilmente a la plataforma de PLM; para así poder realizar cambios a las piezas, sin que implique un retraso en el trabajo mientras se comprende la manera en que esta fue modelada y sin que se generen errores en el árbol de operaciones.
- En la etapa de elaboración del cronograma se deben tener en cuenta para cada actividad los tiempos de revisión, aprobación y edición de entregables, con el fin garantizar la pertinencia de la información y los tiempos de entrega.

- Se deben dejar en claro las ventajas de utilizar la plataforma PLM durante el proceso, para generar motivación en los integrantes del grupo.
- Para incentivar el uso de la plataforma por parte de los integrantes, se hace indispensable generar estrategias de motivación, para que estén dispuestos a utilizarla durante todo el proceso. Una de estas puede ser la ejecución de proyectos pilotos en los que todos los integrantes tengan la posibilidad, en algún momento, de dirigir el proyecto.

12. BIBLIOGRAFÍA

- BARTHOLOMEW, D., & DUVALL, M. PLM: Boeing's Dream, Airbus' Nighthmare. 2007
- BLANDÓN R., Jhon Alexander y RICO M., Juan Pablo. Diseño y construcción de un vehículo utilitario todoterreno. Medellín, 2007. 97p. Trabajo de grado (Ingeniería mecánica). Universidad EAFIT.
- BLESSING, K. M. Research in Engineering Design. *Observations on Some German Contributions to Engineering Design in Memory of Professor Wolfgang Beitz*. London. 2000
- GRIEVES, Michael. Product lifecycle management: driving the next generation of lean thinking. New York: McGraw-Hill, 2006.
- HERNÁNDEZ, M. C. *Product Design Specifications*. EAFIT, Medellín.
- LEWIN, Tony. How to design cars like a pro: a compressive guide to car design from the top professionals. Osceola, Wis. : Sparkford: mbi; Haynes 2003.
- MACEY, Stuart y WARDLE, Geoff. H-point the fundamentals of car design & packaging. Usa : design studio, 2009
- OSORIO Gómez, Gilberto, MEJIA Gutiérrez, Ricardo y SIERRA Luis F. An Academic Design Methodology for Electrical Mobility Products- from necessity to functional prototype-. EAFIT, Medellín
- PAHL, G., BEITZ, W., FELDHUSEN, J., & GROTE, K.-H. *Engineering Design : A Systematic Approach* (Third ed.).
- PIMIENTA D., Sergio, ANGEL T., Juan David y RODRIGUEZ G., Alberto. Diseño de un vehículo todoterreno monoplaza. Medellín, 2006. P.v.p. Trabajo de grado (Ingeniería mecánica). Universidad EAFIT.
- SAAKSVUORI, Antti y AMMONEN, Anselmi. Product lifecycle management. 3 ed. Berlin :Springer, 2008.

- SANIN PÉREZ, Pedro. A plm implementation in a design project course on product design engineering program [documento electrónico]. Medellín ,2010. P.v.p. Trabajo de grado (ingeniería de diseño de producto). Universidad EAFIT.
- STARK, J. *Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation*. London: Springer. 2005
- ULRICH, K. T., & EPPINGER, S. D. *Product Design And Development*. Boston: Mcgraw-Hill / Irwin. 2003
- UNIVERSIDAD EAFIT. 2009. El libro azul, apuntes de ingeniería y diseño. Medellín: Artes y letras Ltda., 2009. ISBN: 978-958-720-056-0.
- VAN GRONDELLE, Elmer d y VAN DIJK, Matthijs b. Automotive design id5242. A. L.: Delft university of Technology, 2000.
- PLM Technology Guide. (2010, Octubre). <http://plmtechnologyguide.com/site/>