



Insertión del P.L.M. en el SENA Regional Santander como estrategia de diseño e innovación para la fabricación de vehículos de carreras en proyectos de formación

Fecha de recepción del artículo: 30 de Mayo de 2014

P.L.M. insertion at SENA - Regional Santander as a strategy of design and innovation for manufacturing of racing vehicles at training projects

Article Receipt's date: May 30th of 2014



Integro
SENNOVA

SENA Regional Santander
 Red de Conocimiento: Automotor
 Centro Industrial de Mantenimiento Integral - TecnoParque Colombia Nodo
 Bucaramanga



Luis David Flórez Melgarejo

Técnico profesional en Mantenimiento Electrónico SENA, Bachelor en Génie Industriel ENIM, Especialista en Gestión de Proyectos SENA; Instructor SENA en Centro Industrial de Mantenimiento Integral; Líder Nacional Habilidad CAD WorldSkills Colombia; Líder de Diseño Escudería FORSSA Regional Santander.

luisda_florezm@misena.edu.co

Professional Technician in Electronic Maintenance SENA, Bachelor in Genie Industriel ENIM, Specialist in the Management of Projects SENA; Instructor at Centro Industrial de Mantenimiento Integral SENA ; National Leader of CAD skill at WorldSkills Colombia ; FORSSA team Design leader at Regional Santander.

luisda_florezm@misena.edu.co

Leydi Bibiana González Pardo

Diseñador Industrial, Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos Universidad Industrial de Santander UIS. Gestor de proyectos TecnoParque SENA Nodo Bucaramanga. Director Ejecutivo Project Sign S.A.S., Diseñador División de Publicaciones UIS.

lbgonzalez76@misena.edu.co

Industrial Designer, Specialist in Evaluation and Management of Projects Universidad Industrial de Santander UIS. Tecno- Parque project manager SENA, Bucaramanga's Node. Executive Director Project Sign S.A. S. Publication's Designer Division UIS.

lbgonzalez76@misena.edu.co

Inserción del P.L.M. en el SENA Regional Santander como estrategia de diseño e innovación para la fabricación de vehículos de carreras en proyectos de formación

Resumen

La implementación de la estrategia PLM¹ en los programas de formación profesional del SENA² Regional Santander, contribuyeron al mejoramiento de la calidad de las competencias de sus aprendices, a través del uso de herramientas PDM³-CAD⁴-CAE⁵-CAM⁶ aplicado a proyectos como Fórmula SENA Eco⁷ en donde fueron diseñados y construidos los vehículos FSS1, FSO2-e, FSS-3B, ganadores en retos regionales y nacionales.

Palabras Clave

Formación, Herramientas 3D, Gestión, Producto, Ingeniería, Diseño.

1 Product Lifecycle Management

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

3 Product Data Management

4 Computer Aided Design

5 Computer Aided Engineering

6 Computer Aided Manufacturing

7 Competencia de innovación y desarrollo tecnológico que promueve las habilidades profesionales, la creatividad y el trabajo en equipo

P.L.M. insertion at SENA - Regional Santander as a strategy of design and innovation for manufacturing of racing vehicles at training projects

Abstract

The PLM¹ strategy implementation at SENA² Regional Santander, contributed to improving the quality of training of apprentices with the tools PDM³ – CAD⁴ – CAE⁵ - CAM⁶ applied to projects as FORMULA SENA⁷, where the vehicles FSS1, FSO2-e, FS3B were designed and built. These vehicles were winners in regional and national challenges.

Keywords

Training, 3D Tools, Management, Product, Engineering, Design.

1 Product Lifecycle Management

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

3 Product Data Management

4 Computer Aided Design

5 Computer Aided Engineering

6 Computer Aided Manufacturing

7 Competencia de innovación y desarrollo tecnológico que promueve las habilidades profesionales, la creatividad y el trabajo en equipo



Introducción

La Formación Profesional de los aprendices debe ser integral, articulando la “tecnología e innovación, la calidad y los estándares internacionales y La orientación al cliente” para “incrementar la productividad en las empresas y regiones, y la inclusión social de personas y comunidades”. (SENA-Dirección de Planeación y Direccionamiento Corporativo, 2011); haciendo de la formación basada en proyectos, un modelo de instrucción único en el que el aprendiz desarrolla competencias que le permite hacer planeación, implementación y evaluación de sus proyectos con la aplicación real más allá de los ambientes de formación. Esto permite, contemplar al aprendiz como actor principal de su aprendizaje, a través de la integración de varias disciplinas y áreas de conocimiento a lo largo de su formación, perfilando al instructor como un colaborador o guía en este proceso.

Es así como en 2010, el SENA implementó Fórmula SENA, un “concurso de innovación y desarrollo tecnológico que promovió competencias profesionales; como la creatividad, el trabajo en equipo y el liderazgo de los aprendices, a través de un proyecto que se llevó a cabo en forma colaborativa para la gestión de proyectos” (SENA, Comunicaciones, 2014). El concurso impulsó integralmente las tecnologías y las competencias asociadas al diseño y construcción de vehículos de carreras, enfocados en lograr la eficiencia energética, buscando soluciones innovadoras alrededor de los mismos.

Introduction

The Vocational Training of the Apprentices must be comprehensive, by articulating the “Technology and Innovation, Quality and International Standards and customer-orientation” to “increase the productivity in businesses and regions and the social inclusion of people and communities”. (SENA-Dirección de Planeación y Direccionamiento Corporativo, 2011); Making the training based on projects, a single model of instruction in which the apprentices develop skills that allows us to make planning, implementation and evaluation of their projects and they also have real application beyond the training environments. This allows, contemplate the Apprentice as leading actor of his learning, through the integration of multiple disciplines and areas of knowledge throughout their training, contouring to the instructor as a collaborator or guide of their training.

As well as in 2010, the FORMULA SENA implements, a “contest of innovation and technological development that promoted professional competences; such as creativity, teamwork and leadership of the Apprentices, through a project that was carried out in the form for the collaborative project management”. (SENA, Comunicaciones, 2014), Contest that momentum integrally technologies and competencies associated with the design and construction of racing vehicles, focusing on the efficiency use of energy, seeking innovative solutions around the same proposal.

El Comité Técnico de Fórmula SENA, creó un reglamento basado en normas de seguridad de la FIA (Federación Internacional del Automóvil) (SENA, Comunicaciones, 2012) para vehículos de este tipo. Las principales reglas fueron: distancia entre ejes mínima de 2 m; ancho máximo de 2 m; suspensión independiente de doble tijera; altura mínima entre el suelo del vehículo y la pista de 50 mm; chasis en acero estructural AISI SAE 1008-1020 para la jaula antivuelco en diámetro 38,1 mm y espesor de 1,8 mm; entre otros requerimientos de diseño obligatorios para todos los equipos.

En su primera versión en 2010, Fórmula SENA retó a doce escuderías de todo el país conformadas por aprendices e instructores, a diseñar, construir y poner a punto un vehículo tipo *Fórmula* con un motor de gasolina de 1000 cc y 180 hp. El motor; llantas; amortiguadores; timón; pedales; frenos; tanque de gasolina; diferencial de transmisión, entre otros elementos, fueron componentes homogéneos entregados por el SENA para todos los equipos participantes. En su segunda versión de 2013, Fórmula SENA evolucionó a Fórmula SENA Eco, retando a las escuderías a optimizar su anterior diseño, condicionando su funcionamiento a un vehículo 100% eléctrico; llevando al límite la ingeniería para hacerlo más eficiente, liviano y seguro para el piloto. En este mismo año, se diseñó y construyó un vehículo tipo *buggy* para competir en la '1 Válida Nacional de Diseño e Innovación Automotriz', organizada por una universidad local cuyas principales restricciones fueron un vehículo bi-plaza con un motor de máximo 200 cc..

Para responder a estos retos, la regional

The Technical Committee of FORMULA SENA, created a regulation based on security standards of the FIA (International Automobile Federation) (SENA, Comunicaciones, 2012) for vehicles of this type. The main rules were: minimum wheelbase of 2 m, maximum width of 2 m, independent suspension double scissor, minimum height between the floor of the vehicle and the gang of 50 mm, chassis in structural steel AISI SAE 1008-1020 to the roll cage in diameter 38.1 mm and a thickness of 1.8 mm, among other design requirements of mandatory for all teams.

In the first version, in 2010, SENA FORMULA challenge to twelve teams from around the country made up of Apprentices and instructors to design, build and fine-tune a vehicle type *formula* with a petrol engine of 1000 cc, 180 hp; the engine, tires, shock absorbers, rudder, pedals, brakes, gas tank, differential drive, between some of the other elements were homogeneous components delivered by the seine for all participating teams. In its second version in 2013, FORMULA SENA evolved to FORMULA SENA ECHO by challenging the teams to optimize their design previous conditioning their operation to a 100% electric vehicle; pushing the limits the engineering to make it more efficient, lightweight and safe for the pilot. In this same year, was designed and built a vehicle *buggy type to race in the 1st NATIONAL DESIGN AND INNOVATION AUTOMOTIVE VALID*, organized by a local university whose main restrictions were a vehicle bi-square with an engine of maximum 200 cc.

To answer to these challenges, the Regional



Santander, implementó en sus proyectos de formación titulada y complementaria, la estrategia PLM o 'Ciclo de Vida del Producto', la cual jugó un papel fundamental en la formación de jóvenes aprendices técnicos y tecnológicos de programas como mecánica; mecatrónica; electrónica; CNC; diseño de productos industriales; electromecánica; mantenimiento Industrial; soldadura, entre otros. Para el desarrollo de estos proyectos, los aprendices usaron tecnologías de herramientas de colaboración 3D.

Figura 1 Escudería FÓRMULA SENA regional Santander



Fuente: Los Autores

Santander implement in their training projects entitled and complementary to the PLM Strategy of Product Life Cycle, which played a key role in the training of young apprentices in technical and technological programs such as mechanical, mechatronics, electronics, CNC, design of industrial products, electro-mechanical, industrial maintenance, welding, and others, who used technologies of collaboration tools for 3D development this projects.

Marco Teórico

La gestión del 'Ciclo de Vida del Producto PLM', "es una estrategia enfocada al mejoramiento de la competitividad en las empresas, la reducción de costos y el desarrollo de productos y servicios innovadores a través del uso herramientas informáticas 3D"; (Correa, 2010), "integrando de forma colaborativa a personas, procesos, sistemas, tecnología e información para la gestión del desarrollo y el apoyo del ciclo de vida del producto desde su concepto

Theoretical Framework

Cycle Management PLM Product Life, "is focused on improving competitiveness in business strategy, cost reduction and the development of innovative products and services through the use 3D tools " (Correa, 2010) "Integrating people collaboratively, processes, systems, and information technology for managing the development and support of the product life cycle from initial concept, manufacture, maintenance and

Figura 2 Conceptos Clave PLM

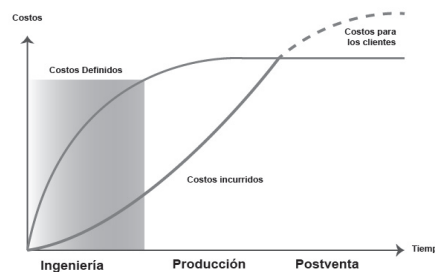


Fuente: Los Autores

inicial, fabricación, mantenimiento y fin de uso". (Lee, 2008). PLM permite además el rastreo y la administración de las actividades y los flujos de información en el desarrollo de cada una de las fases del ciclo de vida, aportando conjuntamente a la identificación de modelos de negocios innovadores que integran procesos de ingeniería y herramientas TICs" (Garetti, 2003).

PLM ayuda a explorar alternativas de diseño e ingeniería al principio de la vida de un producto. "En las etapas iniciales, hacer un cambio tiene un costo muy bajo, pero impacta decisivamente sobre los costos futuros; hacer cambios una vez está lanzado el producto supone costos muy elevados para la empresa y los clientes". (Calvo Vergés X. , 2010)

Figura 3 Costos del Ciclo de vida del producto.



Fuente: Los Autores

Actualmente, PLM es considerada como el cuarto pilar de las TICs en empresas dedicadas al desarrollo de productos, al integrarse como la herramienta informática para lograr la innovación en el producto; tras el CRM (*Customer Relationship Management* o Administración Basada en la relación con los Clientes), el SCM (*Supply Chain Management* o Gestión de la Cadena de Suministro) y el ERP (*Enterprise Resource Planning* o Planificador de Recursos Empresariales) (Edelhauser, 2008). Estas empresas conocen la importancia de la planificación desde que se concibe un producto hasta que deja de venderse.

purpose of use" (Lee, 2008). Besides, PLM allows tracking and management of certain activities, thus information flows in the development of each phase of the life cycle contributing together to identify innovative business models that integrate engineering processes and ICT tools " (Garetti, 2003).

PLM helps explore design alternatives and engineering at the beginning of the product life. "In the initial stages a substitution has a very low cost, but has a decisive impact on future costs; it makes changes once the product is released and it produces very high costs for the company and customers. (Calvo Vergés X. , 2010)

Today, PLM is recognized as the fourth pillar of ICTs that is dedicated to product development companies, when it integrates computing as a tool to achieve product innovation. It is important to address that, CRM (Customer Relationship Management or Administration Based on the relationship with clients), SCM (Supply Chain Management or Management Supply Chain) and ERP (Enterprise Resource Planning and Enterprise Resource Planner) (Edelhauser, 2008) are recognized companies which are conscious of the importance that planning for a product has until it stops being sold.



(Ming, Yan, 2005), expone tres beneficios que direccionan la estrategia: el beneficio al cliente que contempla una mejor calidad del producto o servicio, el beneficio para la empresa en la optimización de costos y el beneficio para la sociedad con el uso de tecnologías limpias, co-diseño o colaboración para la eficiencia de los procesos, los productos y servicios (GECEVSKA V. C., 2011). Un ejemplo de integración es el grupo Adidas. En su artículo "La innovación de alto rendimiento", se muestran estos beneficios en la implementación de la estrategia PLM. (Adidas Group, 2011). Otro ejemplo de implementación PLM son las escuderías de *Fórmula 1 Infiniti Redbull Racing* y McLaren Mercedes, que trabajan de manera colaborativa en el diseño, análisis y manufactura, para garantizar el rendimiento de las piezas; los registros de telemetría o la evolución de las mismas; mejorar presentaciones; durabilidad de las partes, y predecir cuándo fallarán piezas o sistemas. (Siemens, Red Bull Racing, 2014)

A nivel nacional, los principales sectores del país en donde se está implementando la estrategia PLM son: *Manufactura*: compañías dedicadas a ingeniería mecánica, plantas cementeras, *empaques* para cosmético, plásticos y textiles. *Petroquímica*: empresas como Occidental de Colombia. *Automotriz*: autopartes. *Ingeniería civil*: empresas

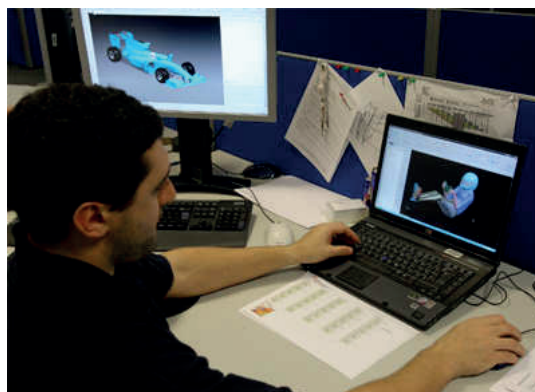
(Ming, Yang, 2005) outlines three benefits that address the strategy: customer benefit that provides a better quality product or service, the company benefit in optimizing costs and society benefits with the use of clean technologies, or co-design collaboration for the efficiency of processes, products and services (GECEVSKA VC, 2011).

An example of integration is the Adidas Group, as described in his article "The High Performance Innovation" where these benefits are shown in the implementation of the PLM strategy. (Adidas Group, 2011).

Another example of PLM implementation are F1 teams Infiniti and Redbull Racing McLaren Mercedes who work collaboratively in design, analysis and manufacturing to ensure the performance of each part, telemetry records or the evolution itself to enhance presentations, durability and predict when one part or system might fail. (Siemens, Red Bull Racing, 2014)

At national level, the main sectors of the country where PLM strategy is being implemented are: Manufacturing: Companies engaged in Mechanical Engineering, Cement Plants for Cosmetic Packaging, Plastics and Textiles. Petrochemical Companies like Occidental de Colombia. Automotive: Automotive. Civil Engineering Consulting

Figura 4 Uso de software de Siemens para PLM



Fuente: (Siemens, Red Bull Racing, 2014)

como Consultoría de Colombia – Concol- (para reconversión y rediseño de la planta de Acerías Paz del Río). *Servicios:* mantenimiento y salud (Universidad del Valle, SENA, 2010). Tradicionalmente, se ha reconocido al PLM como una estrategia de fases cíclicas y secuenciales, pero su capacidad de gestión real se descubre al superponer estas fases ya que cada una produce y utiliza información derivada de otras. Esta integración o cadena de información es la que garantiza la Ingeniería Concurrente – IC-; eje de desarrollo de la estrategia PLM (Baudin C. , 2011) que se refleja en la reducción de tiempos de espera y aumento de la calidad del producto (Ribbens, 2000) (Oliveto, 2000). La IC, da respuestas a problemáticas de productividad y calidad, contempla conceptos de *Just in Time* (JIT) y de Diseño Robusto (RD), introducido por Taguchi para la *Nippon Telegraph and Telephone* (NTT) “a fin de optimizar el producto desde el punto de vista de la fabricación”. (Baudin C. , 2011). Además de estos conceptos, la IC se fundamenta en la técnica del ‘Despliegue de la Función de Calidad – QFD’, utilizada por la firma *Mitsubishi Heavy Industries* (Ahuett, 2006), cuyo enfoque fue la optimización de la calidad del producto y de sus procesos de fabricación, en miras de responder óptimamente a los requerimientos del cliente. Otro concepto en la IC es el sistema SED (*Sales, Engineering, Development*,) el cual integra equipos de diseño, conformados por personal de ventas, ingeniería y desarrollo. Esta técnica es introducida por Honda en sus procesos de desarrollo de productos a fin de ser capaz de “responder con mayor rapidez a los deseos del cliente y a los movimientos de la competencia”. Otra

Companies like Colombia, Concol for restructuring and redesigning the plant Paz del Río. *Services: Maintenance and Health* (Universidad del Valle, SENA, 2010). Traditionally, PLM strategy has been recognized as cyclical and with sequential phases, but real management ability is realized when these phases are superimposed since each of them produces and uses information derived from others.

This integration or information chain is what the IC Concurrent Engineering guarantees; This is development axis of the PLM (C. Baudin, 2011) and its strategy is reflected in the reduction of waiting times and increased product quality (Ribbens, 2000) (Oliveto, 2000). The IC, provides answers to problems of productivity and quality, it includes concepts of Just in Time (JIT) and Robust Design (RD), introduced by Taguchi for Nippon Telegraph and Telephone (NTT) “in order to optimize the product from the point of view of manufacturing.” (C. Baudin, 2011).

In addition to these concepts, the IC is based on the technique of Deployment QFD Quality Function used by the firm Mitsubishi Heavy Industries (Ahuett, 2006) that focused on optimizing product quality and manufacturing processes, in order to optimally meet customer requirements.

Another IC concept in the SED system is (Sales, Engineering, Development,) which integrates design teams, comprised of sales staff, engineering and development. This technique is introduced by Honda in their product development processes in order to be able to “respond quicker to customer wishes and the competition



definición describe a la IC como una “filosofía de trabajo basada en sistemas de información y fundamentada en la idea de convergencia, simultaneidad o concurrencia de la información contenida en todo el ciclo de vida de un producto sobre el diseño del mismo” (Bayuelo C. A., 2004).

La aplicación de métodos de la IC se basa en cinco acciones fundamentales: (1) Trabajo en equipos multidisciplinarios con participación de proveedores. (2) Especificación de detalle del producto, desde el punto de vista de ingeniería, a partir de los términos definidos por el cliente. (3) Especificación de los parámetros que permiten asegurar la optimización de la calidad del producto. (4) Optimización del diseño del producto, teniendo presente todos los aspectos que afectan a su ciclo de vida: funcionalidad; fabricación; montaje; mantenimiento y servicio; reciclaje; retirada, entre otros. (5) Desarrollo simultáneo del producto, equipo de fabricación y procesos, control de calidad y marketing (Ríos, 1999).

La IC se define además como una forma de trabajo que asegura un “proceso de aprendizaje, que se genera a partir de la realimentación de los conocimientos tácitos y de los conocimientos codificados que poseen, tanto los integrantes de la empresa, como todos aquellos que participen del desarrollo, como ser proveedores o usuarios”. Dicho de otra manera, describe una organización que permita que se desarrolle el proceso de diseño a través de un grupo de personas. (Nicolini, 2005)

PLM no debe ser visto como un producto de *software*, sino una colección de herramientas y métodos de trabajo

movement.” Another definition describes the IC as a “working philosophy based information systems based on the idea of convergence, simultaneity or concurrence of the information contained in the entire life cycle of a product over its design” (Bayuelo CA , 2004).

The application of IC methods is based on five key actions: (1) Working in multidisciplinary teams involving suppliers. (2) Detail Specification of the product, from the engineering point of view, based on the terms defined by the customer. (3) Specification of the parameters which ensure optimization of product quality. (4) Optimization of the product design, taking into account all aspects that affect their life cycle: functionality, manufacturing, installation, service and maintenance, recycling, removal, etc... (5) Simultaneous development of the product, manufacturing equipment and processes, quality control and marketing (Rivers, 1999)

Furthermore, The IC is defined as a way of working that ensures a “learning process, which is generated from the feedback of tacit knowledge and codified knowledge that not only the members of the company have, but also those who are involved in the development, such as suppliers or customers. “Stated another way, describes an organization which allows the design process develops through a group of people. (Nicolini, 2005).

PLM should not be seen as a software product, but a collection of tools and working methods integrated together to address not only single stages of the lifecycle, but also the connection

integrados para hacer frente a cualquiera de las etapas individuales del ciclo de vida, conectar diferentes tareas o administrar todo el proceso. Algunos proveedores de *software* pueden cubrir toda la gama PLM, mientras que otros una aplicación única. Algunas aplicaciones pueden abarcar muchos campos de PLM con diferentes módulos en el mismo modelo de datos. Las fases dependen del tipo de producto, no se define un esquema rígido ya que es un ciclo en continua evolución. Sin embargo, muchas de las soluciones de *software* se han desarrollado para organizar e integrar las diferentes fases del ciclo de vida de un producto. (INTECO, 2009)

of different tasks to manage the entire process. Some software sellers or suppliers may be able to cover the whole PLM range while others are capable of a single application. Some applications can span many fields of PLM with different modules on the same data model.

The phases depend on the type of product, not a rigid scheme is defined as a cycle in continuous evolution. However, many software solutions have been developed to organize and integrate the different phases of the life cycle of a product. (INTECO, 2009)

Materiales y Métodos

Procedure and Materials

El modelo del ciclo de vida del producto desarrollado por la escudería FORSSA para sus vehículos, contempló las siguientes etapas:

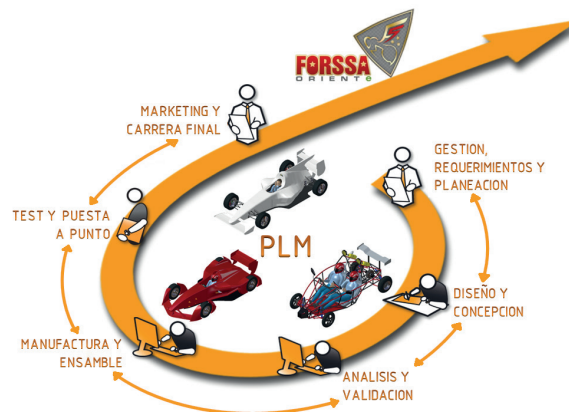
El modelo buscó la integración de aprendices, instructores, equipos y herramientas, especialmente en los procesos de *Diseño y Concepción*; *Análisis y Validación*; y *Manufactura y Ensamble*. A través de herramientas CAD, el aprendiz acompañado con un instructor diseña

The product's life cycle model developed by the motor-racing team, FORSSA, for its vehicles; and passed through these steps:

The model pursued the integration of the apprentices, instructors, teams and tools, especially in the Design and Perception processes, Analysis and Validation, and Manufacture and Assemble.

Through the CAD's tools, the apprentice guided by the instructor designs a

Figura 5 Modelo PLM escudería FORSSA Regional Santander



Fuente: Los Autores



una pieza, teniendo en cuenta su forma, función y fabricación con herramientas CAM y máquinas CNC (Control Numérico Computarizado); requerimientos previamente definidos en la planeación y que responden a las características de la infraestructura del centro de formación. En el proceso de desarrollo del FSS1, el Centro Industrial de Mantenimiento Integral del SENA, adquirió y acondicionó una sala con 15 computadores y 2 Workstation conectados a un servidor para el funcionamiento del software PDM (administrador de toda la documentación y datos del proceso de diseño del vehículo).

Posterior al diseño, y a través de herramientas CAE, el aprendiz agrega las propiedades físicas del material con el cual se desea fabricar la pieza y define las cargas y las restricciones; seguido de los análisis de estrés y dinámica, para identificar posibles puntos de ruptura y disminución del peso al optimizar su geometría. Antes de su fabricación final en materiales que pueden ser acero o aluminio, la pieza se fabrica -para su validación -, en una máquina de prototipado *rápido 3D que usa materiales como polímeros ya que es la manera más rápida y precisa de obtener una pieza tridimensional exacta*, a partir de un diseño generado en los pasos previos. Fases del modelo desarrollado por la escudería:

Gestión, requerimientos y planeación.

Esta primera fase estuvo presente durante todo el ciclo de vida del producto. Aunque no fue una garantía para el éxito de los proyectos, haber realizado una buena planeación, nos permitió trabajar de manera más colaborativa, coordinada

piece, considering its shape, function and manufacture with CAM tools and CNC machines (Computer Numerical Control); requirements previously defined in the planning, which respond to the characteristics of the infrastructure in the Institutional Formation Center. In the developing process of the FSS1, the Integral Maintenance Industrial Center of the SENA, acquired and set up a room with 15 computers and 2 workstations connected to a server for the functioning of the PDM's software (Administrator of all the documents and data of the design process of the vehicle).

After developing the design, using the CAE's tools, the apprentice includes the physical properties of the material in which you wish to make the piece and define the loads and the restrictions.

To continue, with the stress and dynamic analysis' they allow to identify the possible break down points and the weight reduction when you optimize its geometry. Before its final manufacture in materials that can be steel and aluminum, the piece is manufactured, in order to be validate, in a 3D rapid model machine that uses materials like polymers because it is the fastest and precise way to obtain an exact tridimensional piece from a design generated in the previously steps. Phases of the model developing for the motor-racing team:

Management, requirements and planning.

This first phase was present during the entire product's life cycle. Although it was not a guarantee for the success of the projects, having done a good planning, allowed them to work and collaborate

e integrada. Se realizó la gestión de actividades de todos los integrantes del equipo e interesados, asumiendo sus roles y entregables. Así mismo se establecieron los requerimientos y restricciones del diseño basados en los reglamentos de cada competencia. También se definieron los sistemas en los que se dividió el vehículo; los espacios; los ambientes de formación; las máquinas a utilizar y el presupuesto. En todo el desarrollo del proyecto estuvieron presentes la coordinación y el manejo de datos de definición del producto, en donde la información fluía entre diferentes integrantes y sistemas. Esto incluyó la gestión de cambios de ingeniería y el estado de liberación de los componentes 3D; las variaciones de configuración del producto; la gestión de documentos; los recursos de planificación de proyectos y la evaluación de escala de tiempo y riesgo. Para estas tareas las herramientas que se usaron fueron: software de procesamiento de texto, procesamiento de tablas de datos y de planificación de actividades. Todos los archivos fueron articulados con un software de 'Gestión de Datos de Producto' (PDM) y/o servidores de alojamiento de archivos compartidos en la web.

Diseño y concepción

En esta etapa se definieron las geometrías y formas de las partes pertenecientes a cada sistema del vehículo que respondieron a los requerimientos técnicos del reglamento y funcionalidad para el desempeño del vehículo en la carrera. La integración y el trabajo colaborativo en esta fase fue fundamental, pues si se modificaba algún diseño de la suspensión, este impactaba directamente en el chasis y

each other, coordinate and integrate. Also, it was done the management of activities with all the members of the team and interested people, assuming roles and deliverables, defining the requirements and restrictions of the design based on the rules of each competition. In addition, it also were defined the systems in which the vehicle was divided, the spaces, the classrooms, the require machines and the budget.

During the developing project, always were present the coordination and the use of the defining data of the product, in which the information circulated between different members and systems.

This also included the management of the engineering changes and the liberation phase of the 3D's components, the variations of the product's configuration, management of the documents, resources for planning projects and the test of the scale of time and risk. The tools used for these tasks, included text processing software, processing of data tables and planning of activities. All the files were articulated with a software Product Data Management (PDM) and/or hosting servers for shared files on the web.

Design and Conception

At this stage, geometries and shapes of the parts belonging to each vehicle system that responded to the technical requirements of the regulation and functionality for the performance of the vehicle in the race were defined.

It was crucial to implement integration and collaborative work in this phase, because if any suspension design was



posteriormente en la carrocería. El uso de herramientas virtuales permitió tener control sobre estos cambios.

Durante esta etapa el diseño detallado del producto surgió de sesiones de trabajo en equipo usando metodologías de diseño como la lluvia de ideas, los análisis de causa efecto, bocetado 2D hechos a mano alzada y modelados 3D realizados con herramientas de CAD.

Análisis y Validación

Después de haber definido la forma y funcionalidad de las partes, se realizó un análisis de estrés mediante el uso de elementos finitos –FEA- (*Finite Element Method*) y dinámica de fluidos mediante CFD (*Computational Fluid Dynamics*), según fuera el caso. Esta etapa, junto a la manufactura, fueron críticas en el ciclo de desarrollo, ya que en éstas se tomaron la mayoría de las decisiones relevantes del proyecto y se decidió si se fabricaban o no, la piezas que fueron diseñadas y analizadas previamente. Es por ello que si una de las piezas no superaba los requerimientos y análisis basados en nuestros criterios de seguridad en particular, se debía rediseñar hasta cumplir el objetivo. El uso ineficiente de las herramientas CAD, CAE y CAM pudo traernos problemas posteriores en la fase de manufactura, por ello se hizo especial énfasis en el aprovechamiento de éstas tecnologías.

Manufactura y ensamble

A medida que se iban definiendo y validando los diseños de las piezas del vehículo, se establecieron los métodos de manufactura. Esta etapa fue el paso intermedio entre validar una pieza y

modified, this would directly cause an impact on the chassis and the body. The use of virtual tools enabled us to have a control over these changes.

During this phase, the detailed design of the product emerged from teamwork sessions using design methodologies as brainstorming, cause and effect analysis, 2D sketching and 3D models made with tools of CAD.

Analysis and Validation.

Once the form and functionality of the parties was defined, an analysis of stress using finite element FEA (*Finite Element Method*) or using CFD (*Computational Fluid Dynamics*) was carried out. This stage as well as the manufacturing one was crucial in the development cycle, since the majority of relevant decisions such as the designing and creation of parts of the project were made.

Therefore, if one of the pieces did not exceed the requirements and analyses based on our safety criteria, it should be redesigned to meet the target. The Inefficient use of tools such as CAD, CAE and CAM could bring further problems in the manufacturing phase; therefore an emphasis was placed on the use of these technologies.

Manufacturing and Assembly

The methods of manufacturing were established once the designs of the vehicle pieces were defined and validated. This stage was the intermediate step between validate a piece and construct it in steel, aluminum or bronze, depending on the case. The simulations were made

fabricarla en acero, aluminio o bronce; según el caso. Se hicieron las simulaciones con el uso de herramientas CAM con la cual se observó virtualmente, cuál era el mejor proceso de fabricación para cada pieza. (SIEMENS, 2014). Usando este tipo de simuladores, se pudieron generar los códigos de programación para máquinas de tipo CNC y fabricar la pieza, evitando desperdiciar material. Con el uso de herramientas 3D también fue posible hacer un ensamble virtual de todas las partes del vehículo e identificar antes de su fabricación, si existía *alguna colisión entre ellas*. Esto también ayudó a definir los buenos procesos y estrategias de construcción para evitar problemas que atrasaran la presentación del vehículo en la carrera. A partir de esta fase, el diseño pasó a ser un acompañamiento y apoyo para garantizar la calidad de fabricación de cada una de las piezas y del ensamble final. Cualquier modificación o medida errónea, pudo acarrear problemas a otras tareas causando un rediseño obligado o un reproceso que pusiera en riesgo los tiempos de entrega.

Test y puesta a punto.

Después de haber fabricado y ensamblado todas las piezas del vehículo, se realizaron pruebas paulatinas y secuenciales del funcionamiento de todos los sistemas y de la dinámica en pista del vehículo. Durante esta fase, se probaron realmente diseños, análisis y fabricación de las piezas. Si una de ellas falla, se debe buscar una alternativa rápida de reparación o identificar en qué etapa del proceso, se generó el error.

with the use of CAM tools where the best manufacturing process for each piece was analyzed. (SIEMENS, 2014).

Codes of programming for CNC machines and parts manufacturing were possible thanks to this type of simulators. With the use of tools 3D there was also possible to virtually assemble all parts of the vehicle and identify if there was a collision between them before manufacturing.

This also helped define good processes and construction strategies to avoid problems that could delay the presentation of the race vehicle. From this phase, the design became a process of support to ensure the quality of each of the parts and final assembly manufacturing.

Any modification or an incorrect measurement could cause problems for other tasks causing a redesign or a forced reprocessing that would jeopardize the delivery times.

Test times and Tuning

Having manufactured and assembled the parts of the vehicle, gradual and sequential operation of all systems and dynamics tests were performed on track of the vehicle. During this phase, the designs as well as the analysis and manufacturing of parts were tested. If there is a failure in one of the parts, you must seek an alternative to repair or identify at what stage in the process, the error was generated.

Marketing y carrera final

Finalmente el proceso concluyó *con la presentación del vehículo en la carrera*, en la cual se hicieron pruebas de su rendimiento, frente a otros. Después de la presentación final se evaluaron los resultados y los aportes de expertos para mejorar y optimizar el vehículo. El ciclo de vida, por lo tanto, continuó en búsqueda de mejorar rendimiento; durabilidad; velocidad; comportamiento en curvas, entre otros.

Marketing and final Race

Finally, the process concluded with the presentation of the vehicle in the race where its performance was tested. After the final presentation the results and contributions from experts to improve and optimize the vehicle were assessed. The Life cycle, therefore, continued with the purpose of enhance performance, durability, speed, and behavior in curves,

Figura 6 Prototipo FSS1



Fuente: Los Autores

among others.

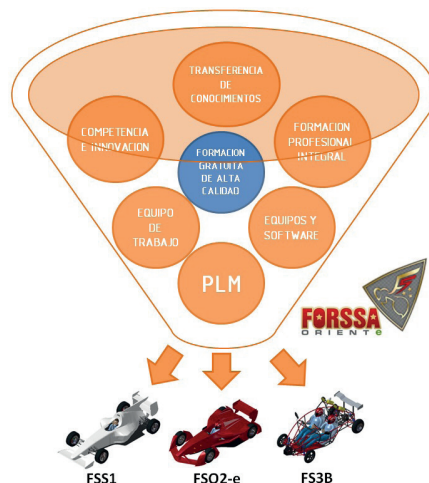
Resultados

Desde que la regional Santander con la escudería FORSSA implementó la estrategia del PLM en sus proyectos, se han fabricado 3 vehículos de carreras: el FSS1, el FS3B y el FSO2-e. Durante este proceso, se ha consolidado un equipo de trabajo entre instructores y aprendices en el que la transferencia de conocimientos alrededor de la formación, es el objetivo principal

Results

Since the Santander Regional and the FORSSA Scudery implemented the PLM strategy in their projects, 3 racing vehicles were manufactured: the FSS1, the FS3B and the FSO2-e. Throughout this process has established a working group between instructors and learners where the main objective is the knowledge transfer on formation.

Figura 7 Esquema integrado de FORSSA



Fuente: Los Autores

El FSS1

En la versión de Fórmula SENA del 2010, el FSS1, un vehículo monoplaza con un motor de combustión interna de 1000 cc y 180 hp; 600kg de suspensión independiente; 1.9 m de ancho; 4.4 m de largo; 1.1 m de alto y con una velocidad máxima de 200 km/h; ganó la competencia obteniendo el premio especial por el uso de herramientas PLM y un reconocimiento internacional de la empresa *Dassault Systèmes* con la publicación del proyecto en el calendario oficial del 2011 en el mes de agosto.

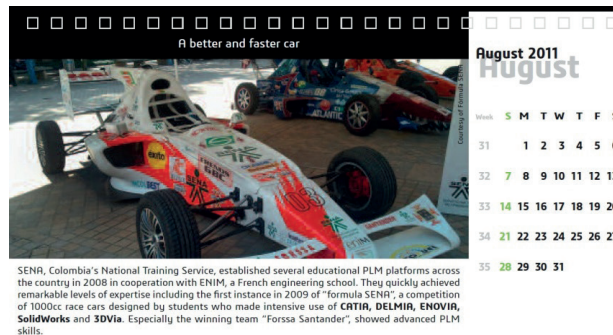
El diseño formal del FSS1, partió de unas medidas y geometrías bases para todos los equipos en el reglamento de Fórmula SENA (SENA, 2012). Las variaciones en su forma, surgieron según la posición del piloto y su seguridad, haciendo un trabajo paralelo con los sistemas de suspensión, transmisión y potencia para lograr un monoplaza estable en curvas y eficiente en recta, llegando a su máxima potencia.

The FSS1

On the 2010 FORMULA SENA version, the FSS1 vehicle (a single-seater vehicle with internal combustion engine of 1000 cc and 180 hp, 600kg, independent suspension, 1.9 m wide, 4.4 m long, 1.1 m high and a maximum speed of 200 km/h) won the competition getting the special award for the use of PLM tool and also getting an international recognition of the company *Dassault Systèmes* obtaining the project publication in the official calendar of 2011 for August.

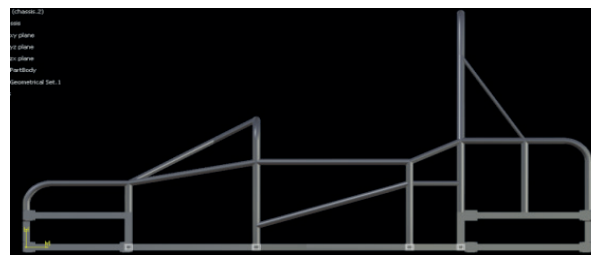
The FSS1 formal design lay out from measures and geometric basis for all teams on the Formula SENA (SENA, 2012) guidelines. The variations on form emerged depending the pilot position and his safety, working simultaneously with suspension systems, transmission and power to achieve stability on curves and the efficiency on straight road reaching its maximum power.

Figura 8 Publicación FSS1 Calendario 2011



Fuente: (<http://www.3ds.com>)

Figura 9 Diseño CAD Chasis FFS1



Fuente: Los Autores

El chasis para el FSS1 tuvo 18 modificaciones o versiones para llegar a la que hoy está construido. Todas estas modificaciones fueron realizadas y validadas en computador.

La primera versión del chasis tuvo una altura de 1.30 m, ancho máximo de 0.8 m, y un largo de 2.5 m; por la posición en la que se consideraba en ese momento óptima para el piloto.

A partir de la información suministrada con la posición óptima y correcta piloto de competición, se empezó a rediseñar el chasis.

Cada cambio se realizó con relación a la distribución de los componentes y la ergonomía del piloto; de esta manera, se iba aumentando paulatinamente la distancia entre ejes con el objetivo de bajar el centro de gravedad que en un vehículo es determinante para la transferencia de peso cuando el carro acelera o frena, lo cual afecta directamente el comportamiento de la suspensión.

The FSS1 chassis had 18 versions or modifications to reach the actual model built. All these modifications were made and validated by computer.

The first version of the chassis had a height of 1.30 m, maximum width of 0.8 m and a length of 2.5 m owing to the optimal pilot position considered at the moment.

Based on the provided information about the optimal and proper position for the racing driver, the chassis began to be redesigned.

Each modification was made due to components distribution and the driver ergonomics increasing gradually the wheelbase in order to lower the center of gravity, it is crucial in a vehicle in weight transfer when the vehicle accelerates or brakes affecting directly the suspension performance.

The design of the body was inspired in the FORMULA 1 and the initial concept as reference of SAE FORMULA (Allen R. F, 2009) and

Figura 10 Validación ergonómica CAD Chasis FSS1

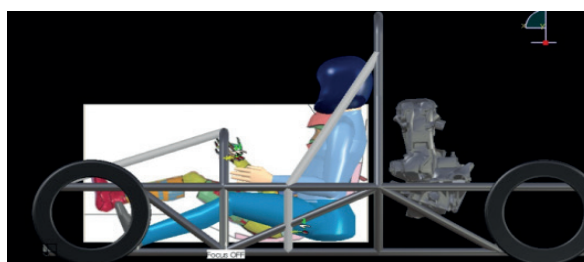


Figura 11 Rediseño CAD Chasis FSS1

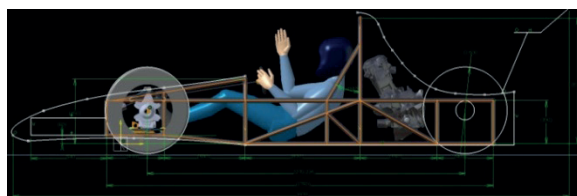
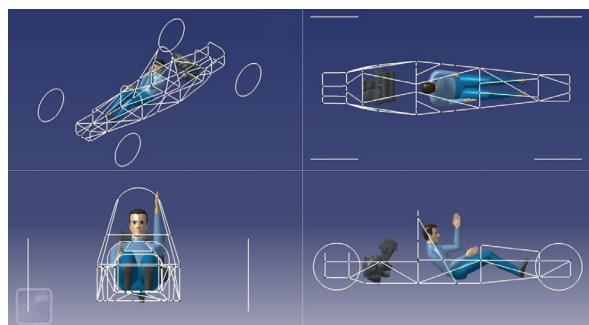


Figura 12 Rediseño CAD Chasis FSS1



Fuente: Los Autores

El diseño de la carrocería fue inspirado en la Formula 1 y en su concepto inicial como referente de la *Fórmula SAE* (Allen R. F., 2009) y la *Student*, siendo ajustada al validar los requerimientos funcionales en CFD y dimensionales de cada sistema del vehículo.

La carrocería tuvo al menos nueve modificaciones importantes hasta llegar al diseño actual. Una de las características más analizadas en la carrocería fue el difusor de salida del aire que permitió adicionar un empuje extra hacia abajo, lo que generaba una fuerza adicional de agarre en curvas (Jodar, 2011).

Por otro lado, se analizó la aleta de tiburón que fue típica en algunos carros de Fórmula 1 de 2010, cuyo objetivo era mantener estable el carro en las rectas principales del circuito a altas velocidades.

The Student, adjusted while validating the functional requirements in CFD and dimensions of each vehicle systems.

The body had at least nine important modifications till reach the current design.

One of the characteristics more evaluated in the body was the outlet air diffuser that allowed an extra pushing strength down generating additional purchase in the curves.

In the other hand the shark fin was analyzed typical in some of the cars from FORMULA 1 of 2010, whose objective was to keep the car stable in the principal parts of the circuit in high speed.

Figura 13 Diseño CAD Carrocería FFS1

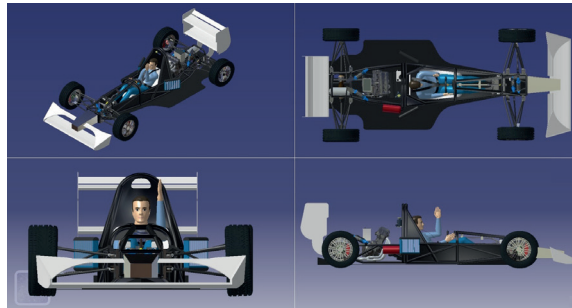
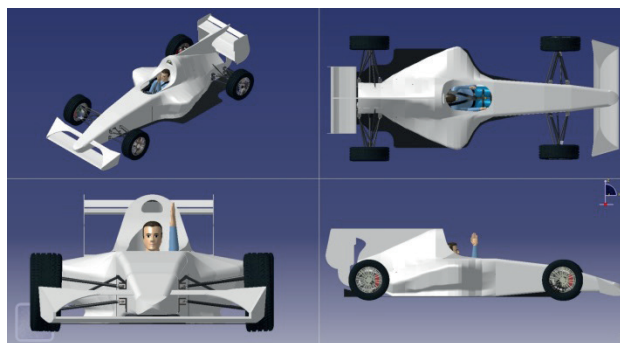


Figura 14 Rediseño CAD Carrocería FFS1

EL FFS1 2010



Figura 15 Ficha de producto FFS1



Fuente: Los Autores

El FSO2-e

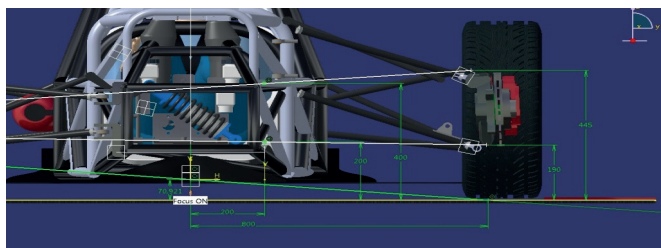
En 2013, en Fórmula SENA ECO, la escudería FORSSA Oriente obtuvo el cuarto lugar en la clasificación general, gracias al proceso de formación y a la construcción del

FSO2-e; un vehículo 100% eléctrico con 2 motores *Brushless*, cada uno de 27 kw; 510 kg; 1.8 m de ancho; 4 m de largo; tan solo 0.9 m de alto; un particular sistema de suspensión

delantero de *Monoshock*, y una caja inversora de relación 1, para uno de sus motores. Esto permite -en conjunto con su aerodinámica-, que el vehículo llegue a velocidades de 160 km/h. Para dar respuesta al reto, se planeó iniciar el diseño por el sistema de suspensión buscando un roll center bajo, que le diera estabilidad a todo el vehículo, debido al peso trasero de sus baterías.

Así mismo, se analizaron las ventajas y desventajas del anterior diseño en el FSS1 para poder crear un vehículo mejor en cuanto a prestaciones, y de menor peso que el anterior. El ejercicio se centró en la optimización dimensional del chasis. En la figura 17 se aprecia

Figura 16 Geometría suspensión delantera



Fuente: Los Autores

THE FSO2-e

In the 2013 FORMULA SENA ECO, the FORSSA team had the fourth place in the general classification thanks to formative process and the construction of the

FSO2-e a vehicle 100% electric with 2 brushless engines with 27kw each and 510 kg. 1,8 m width 4 meters long and only 0,9 meters high and a monoshock front suspension system an

inverse relation box 1: to one of its engines, allowing in conjunction with the aerodynamics reaches an speed around 160km/h. to face the challenge, the suspension system design was planned looking a low roll center to have stability to the vehicle due to the weight of the rear batteries.

At the same time the advantages and disadvantages of the last FSS1 design were analyzed to create a vehicle with better characteristics and a minor weight.

Figura 17 Optimización CAD FSS1-Diseño FSO2-e



Fuente: Los Autores

The exercise was focused on the dimensional optimization of the chassis. In the figure 17 the FSS1 chassis is compared with the version 10 of the FSO2-e. the final weight of the electric vehicle in

el chasis del FSS1 versión 10 del chasis del FSO2-e. El peso final del chasis del vehículo eléctrico en su versión 20, casi un 60% respecto a su antecesor.

comparado con la *its 20th version was almost 60% less than the last version.*

Figura 18 Ficha de producto FSO2-e

EL FSO2-e

Presentación Oficial:
9 Noviembre 2013

Especificaciones
Motor: Brushless D.C.
Potencia: 54kW (2motors 27 kw)
Velocidad Máxima: 160 km/h
Fuente 120V A.C
Peso 450 kg
Ancho: 1.8 m
Largo: 4 m
Alto: 0.9 m

Ingeniería al Límite



Fuente: Los Autores

EL FS3B

También en 2013, el equipo participó y ganó un concurso organizado por universidades locales enfocado en el diseño y construcción de un biplaza tipo *buggy* con el FS3B; un motor de combustión interna de 200 cc; 17 hp; 300 kg; 1.2 m de ancho; 3 m de largo; 1.2 m de alto, diseñado y construido en tan solo dos semanas. Este vehículo ocupó el primer puesto en la competencia realizada en el marco de la Feria de Bucaramanga.

La optimización de los tiempos de

THE FS3B

Also in the 2013 the team participated and won a contest organized by local universities in the design and construction of the two seated vehicle *buggy* type, the FS3B. With an internal combustion engine of 200 cc, 17 hp, 300 kg two seats, 1,2 meters width, 3 meters long and 1,2 meters tall designed and build in only two weeks.

This vehicle occupied the 1st place in the Bucaramanga fair competence. The optimization of the designing steps

Figura 19 Diseño y Construcción del vehículo FS3B

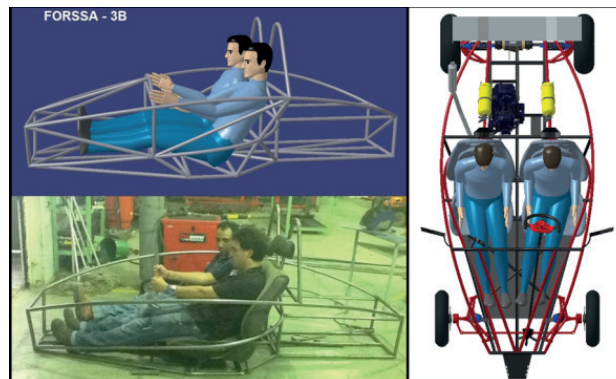


Figura 20 Ficha de producto FS3B.

EL FS3B 2013

Presentación Oficial:
22 Septiembre 2013

Especificaciones
Motor: 200cc
Potencia: 17 hp
Velocidad Máxima: 110 km/h
Combustible: Extra
Peso: 300 kg
Ancho: 1.2 m
Largo: 3 m
Alto: 1.2 m



Fuente: Autores y Vanguardia Liberal



diseño se logró gracias a la experiencia del equipo de instructores y aprendices, y reutilizando archivos 3D, como los componentes de la suspensión modelados en los anteriores vehículos.

Discusión

La integración del equipo multidisciplinario y la inserción del PLM en cada uno de estos proyectos de formación, genera un conocimiento aplicado de I+D+i, reflejado en el diseño y la validación a través de software CAD, CAE, CAM de las geometrías; formas aerodinámicas; estructuras; confort y seguridad de sus pilotos en cada uno de estos vehículos. Este conocimiento adquirido permite que aprendices pongan a prueba sus capacidades y sueñen con participar en proyectos que contribuyan al crecimiento y desarrollo de Colombia.

Conclusiones

El análisis de los procedimientos y la metodología PLM, permitió desarrollar una estrategia enfocada en la aceleración y el crecimiento industrial y económico para las empresas de la región a través de la intervención de los programas ofrecidos por el SENA en la regional Santander.

El proceso de investigación concluyó que, PLM no es un software, es una estrategia de trabajo colaborativo que integra información; equipos; herramientas 3D; procesos industriales

was reached thanks to the experience of the instructors and apprentices, using 3D files, like the components of the suspension illustrated in the other known vehicles.

Discussion

The integration of the multi-disciplinary team and the insertion of 'PLM' in every one of these formation projects, generates an applied knowledge of 'i+D+j' reflected on the design and validation through a CAD, CAE and CAM software of the pilot's geometries, aerodynamic shapes, structures, comfort and safety in every one of these vehicles. This acquired knowledge allows the apprentices to test their capabilities and dream of participating on projects that promotes growth and development in Colombia.

Conclusions

The procedures analysis and the PLM methodology, allowed the development of a strategy focused on the acceleration and industrial - economic growth for companies in the region through the program intervention offered by SENA in the Santander Regional.

The investigation process concluded that 'PLM' is not software, is a collaborative working strategy that integrates information, equipment, 3D tools,

y grupos interdisciplinarios de personas que intervienen en cada una de las fases del ciclo de vida del producto.

El desarrollo de proyectos basados en PLM y su inserción en la regional Santander, permitió corroborar su efectividad y eficiencia, esperando además que la inclusión en los nuevos programas, garantice el éxito de los proyectos en desarrollo y proyectos futuros.

Algunas de las ventajas principales al aplicar la estrategia de PLM en el desarrollo del proyecto de Fórmula SENA fueron:

- Reducción de tiempo en el proceso de diseño
- Reducción de costos de prototipos y errores de montaje.
- Ahorro a través de la reutilización de los datos originales o archivos previamente diseñados.
- Reducción de residuos por fabricación incorrecta de piezas o componentes.
- Registro de toda la documentación del proyecto o producto.
- Comunicación constante entre los integrantes del equipo.

industrial processes and interdisciplinary groups of people that interfere on each one of the product's cycle phases.

The developing of projects based on PLM and its insertion in the Santander Regional allowed us to corroborate its effectiveness and efficiency, and also hoping that the inclusion of new programs guarantees the success of future and developing projects.

Some of the main advantages applying the PLM strategy of the 'FORMULA SENA' developing Project were:

- Time narrowing on the design process
- Cost reduction of assemblage's prototypes and errors.
- Money savings through the reuse of original data and previously designed records.
- Waste reduction because of incorrect components and pieces fabrication.
- Record of the entire product and project's documents.
- Constant communication between the members of the team.

Bibliografía / Bibliography

Adidas Group. (February de 2011). High-Performance Innovation Adidas Group achieves company-wide strategic collaboration with plm. *Consumer Goods Technology CGT*, 12-13 de 23.

Ahuett, H. (2006). Evolución de las metodologías de apoyo a la ingeniería concurrente. *Ingeniería Concurrente, Ediciones UPC*, 77-87.

Allen, R. F. (2009). *Design and optimization of a Formula SAE racecar chassis and suspension*. Massachusetts, US: Massachusetts Institute of Technology.

Angelo Corallo, M. E. (2013). Defining Product Lifecycle Management: A Journey across Features, Definitions, and Concepts. *Hindawi Publishing Corporation, 2013*(ID 170812, disponible en <http://dx.doi.org/10.1155/2013/170812>), 10 pages.

Armstrong, P. K.-G. (s.f.). En *Fundamentos de Marketing* (págs. 319-331). Mexico.

Baudin, C. (2011). Criterios de transferibilidad del enfoque concurrente en los procesos de diseño y desarrollo de productos de las pequeñas y medianas empresas chilenas. *Revista chilena de ingeniería*, 19(1), 146-161.

Bayuelo, C. A. (2004). Metodología para mejorar la metodología. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte*(16), 59-69.

Calvo Vergés, X. (2010). *PLM, Gestión del ciclo de vida del producto*. Barcelona, España: Arion Data Systems, S.L.

Correa, S. P. (2010). *Informe de Vigilancia Tecnológica y Prospeciva para product lifecycle management - PLM*. Universidad del Valle, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Cali. Santiago de Cali: [s.n].

Curto, J. (09 de 2006). Obtenido de informationmanagement.wordpress.com: <http://informationmanagement.wordpress.com/category/sistemas-de-informacion/plm/>

Edelhauser, E. B. (2008). Product Lifecycle Management, the fourth enterprise applications class.

Garetti, M. T. (2003). Product lifecycle management definizione, caratteristiche e questioni aperte,. *Tech. Rep. Politecnico di Milano,,* http://coenv.it/bo/allegati/Files/23_definizione_plm.pdf, [n.s]. Obtenido de <http://coenv.it/bo/>.

Gecevska, V.C. (2011). Process of innovation in product lifecycle management business strategy. *Perspectives of Innovations, Economics & Business*, 9(Issue 3), 53 a 56.

González, B. (2013). PRUEBA. *SENA*, 5(aaa3), 25.

INTECO. (2009). *Ingeniería del Software: Metodologías y Ciclos de Vida* (Marzo 2009 ed.). (L. N. Software, Ed.) España, España: [s.n].

Nicolini, C. F. (2005). *Desarrollo de productos: un análisis en PYMEs*. (I. d. Industria, Ed.) Argentina, Los Polvorines: Universidad Nacional de General.

Ríos, A.V. (1999). *Ingeniería concurrente en el diseño de moldes de inyección. Informe de proyectos: TAP-96-1453-C02-02 (CICYT), D204/1998(ATYCA-MINER)*. España.

Jodar, J. O. (2011). *Estudio aerodinámico aplicado en el campo de la automoción*. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Lee, S. G.-S. (2008). Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul. *Computers in Industry*, vol. 59(no. 2-3), pp. 296–303.

M. Garetti and S. Terzi. (2003). Product lifecycle management definizione, caratteristiche e questioni aperte,. *Tech. Rep. Politecnico di Milano*, , http://coenv.it/bo/allegati/Files/23_definizione_plm.pdf. Obtenido de <http://coenv.it/bo/>.

Milliken, W. F. (1995). *Race Car Vehicle Dynamics*. USA: SAE Inc.

Nicolini, J. F. (2005). *Desarrollo de productos: un análisis en PYMES*. (I. d. Industria, Ed.) Argentina, Los Polvorines: Universidad Nacional de General.

Oliveto, F. E. (2000). Concurrent engineering: evolution and application. in *Proceedings of the IEEE National Aerospace and Electronics Conference (NAECON '00)* (págs. 737–744). [s.n].

Pashley, T. (2008). *How to build Motorcycle Engined Racing Cars*. USA: Speed Pro Series.

Ribbens, J. (2000). *Simultaneous Engineering for New Product Development*. New York, USA: JohnWiley & Sons.

Ríos, J. V. (1999). *Ingeniería concurrente en el diseño de moldes de inyección. Informe de proyectos: TAP-96-1453-C02-02 (CICYT), D204/1998(ATYCA-MINER)*. (Vol. España). España: [s.n].

S. G. Lee, Y.-S. M. (2008). Product lifecycle

management in aviation maintenance, repair and overhaul. *Computers in Industry*, vol. 59(no. 2-3), pp. 296–303.

SENA, Comunicaciones. (2012). Obtenido de www.sena.edu.co: [http://comunica.sena.edu.co/formulasena/Documentos/Reglamento%20Formula%20SENA%20-%20ECO%20\(2\).pdf](http://comunica.sena.edu.co/formulasena/Documentos/Reglamento%20Formula%20SENA%20-%20ECO%20(2).pdf)

SENA, Comunicaciones. (Mayo de 2014). Obtenido de www.sena.edu.co: <http://comunica.sena.edu.co/formulasena/?t=que-es-formula-sena-eco&i=1>

SENA, Dirección de Planeación y Direccionamiento Corporativo. (2011). *Plan Estratégico SENA 2011–2014 con visión 2020*. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Bogotá D.C.: [s.n].

SIEMENS. (21 de Mayo de 2014). *CAD, CAE, CAM*. Recuperado el 21 de Mayo de 2014, de http://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/plm/index.shtml

SIEMENS, (21 de Febrero de 2014). Recuperado el Mayo de 2014, de <http://www.siemens.com>:

Smith, C. (2004). *Racing Chassis and Suspension Desing*. USA: SAE Inc.

UNID, (s.f.). Ciclo de Vida del Producto. En *Análisis de Producto* (págs. 33-38). Mejico: UNID, Universidad Interamericana para el Desarrollo.

Universidad del Valle, SENA. (2010). *Informe de Vigilancia Tecnológica y prospectiva para Product lifecycle management– PLM*. UNIVERSIDAD DEL VALLE-SENA, Cali. Santiago de Cali: [s.n].