



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



METODOLOGÍA PMI APLICADA A PROYECTOS DE MANUFACTURA

Santiago Aguirre Martínez, Andrés Felipe Alzate Graciano, Carlos Mario Echeverri Cartagena, Ana
María Escobar López, Jorge Esteban Montoya Cano

Universidad EAFIT
Medellín, Colombia

Resumen

Al observar la falta de una metodología para realizar proyectos de manufactura se decidió establecer un flujo de procesos, basándose en la metodología proporcionada por el *Project Management Institute*, que garantizara el éxito de estos. El proyecto se realizó con estudiantes de la Universidad EAFIT, en la materia Proyecto de Elementos de Máquinas y Equipos, con la construcción de una máquina para el fresado de la madera, dividiendo este en 5 procesos claves: Inicio, Planeación, Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre. Cada proceso está compuesto por entregables, los cuales facilitan dicho proyecto, evitando sobrecostos, fallas y retrasos. Por medio de indicadores utilizados durante todo el desarrollo del proyecto, se demostró un éxito del 100%.

Palabras clave: metodología; entregables; proyecto

Abstract

The lack of the implementation of a methodology when carrying out projects that involve manufacturing was the primal reason for developing a series of processes that could guarantee the success of these projects. This investigation was carried out with the participation of students from EAFIT University in the course 'Elements of Machinery and Equipment', with the construction of a CNC woodmill, dividing this project in 5 key processes: Initiating, Planning, Executing, Monitoring and controlling, and Closing. Each process has different activities and deliverables that must be completed in order to avoid overrun, failures or breaches. Through the manipulation of indicators used to measure the completion standards during the development of the project, there was a success rate of 100%.

Keywords: methodology; deliverables; project

1. Introducción: Proyectos de Manufactura en EAFIT

La Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT se ha caracterizado por brindarle servicios al sector industrial, tales como asesorías, investigación y dotación de recursos. El pregrado de Ingeniería de Producción es uno de los que más aportes realizan a dicho sector; dentro de este, se encuentra la materia Proyecto de Elementos de Máquinas y Equipos, la cual es dictada durante los últimos semestres del pregrado y en la cual semestre a semestre se realiza una máquina diferente con el fin de que, primero, los estudiantes adquieran habilidades para calcular, diseñar y construir los componentes de dicha máquina, cumpliendo con las especificaciones requeridas y basándose en la Metodología PMI; y segundo, los estudiantes obtengan y apliquen conocimientos acerca de la Dirección de Proyectos.

La creación de una máquina o equipo es importante debido a que en el ámbito laboral se requieren profesionales polivalentes, diligentes, proactivos, con buen manejo de relaciones interpersonales y con buen trabajo en equipo.

Cada semestre se plantea el diseño y fabricación de una nueva máquina o se le realizan cambios que implican rediseños con el fin de ir en busca de la mejora continua, la eficiencia y la eficacia. Algunas de las máquinas que se han realizado en la materia son: cortadoras de hilo, generadores eólicos, bandas transportadoras y máquinas de fresado para madera, las cuales han sido ofrecidas al sector industrial y han servido también dentro de la Universidad para realizar otros proyectos tanto de investigación como académicos.

2. Estado del arte

2.1 Máquinas de fresado para madera en Colombia

Observando el incremento en las ventas e importación de maquinaria con algún grado de sofisticación para la fabricación de muebles en Colombia, se afirma el interés de algunos empresarios por tener cada día industrias más eficientes, con mayor capacidad de producción y calidad para atender los mercados.

En particular la máquina de fresado para madera, una herramienta universal, es reconocida en la industria no solo por su versatilidad, sino también por su funcionalidad y servicio en operaciones básicas de ebanistería y carpintería trabajando materiales como MDF, aglomerados y madera maciza.

En Colombia el sector de la madera sigue siendo un proceso muy artesanal en sus mecanizados, por lo que se entiende que la documentación sobre el rol de la máquina de fresado para madera en la industria es limitada. Hasta el momento no se han establecido suficientes.

En Colombia la industria de la madera y los muebles de madera ha podido tener su impacto importante sobre el sector productivo del País. La producción de madera en Colombia equivale al 0.43% de las manufacturas totales, mientras la fabricación de muebles corresponde al 1.01%, la contribución total del sector a la industria es del 1.44% (Revista del Mueble y la Madera, 2012).

Según la Superintendencia de Sociedades actualmente en el país hay registradas 4.781 empresas como fabricantes de muebles. Por su parte, bajo el segmento de transformación de la madera y fabricación de productos de madera hay 1.867 (Ministerio de Defensa Nacional, 2015).

Para la Encuesta Anual Manufacturera 2011, el DANE tomó una muestra de 719 empresas fabricantes de productos de madera. A partir de esta, se dio que en Colombia se destaca el sector del mobiliario, que ocupa el quinto lugar entre los negocios con mayor número de establecimientos y el séptimo mayor generador de empleo en la industria (Revista del Mueble y la Madera, 2012).

Según los datos suministrados por el DANE en el 2011, el sector maderero como tal, generó en el 4.26% de los empleos de la cadena manufacturera.

2.2 Marco de Fundamentación el Project Management Institute (PMI)

Con el ritmo acelerado de la globalización, la urbanización y las mejoras técnicas, los proyectos hoy en día resultan ser más amplios y complicados, sobre todo después de entrar en el siglo 21, el boom de los megaproyectos con un gran número de proyectos grandes y complejos, lo cual es evidente en las áreas de la aviación y espacio aéreo, aeropuertos, construcción, transporte, etc (Ma, Le, He, & Zhang, 2013)

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto (Project Management Institute, Inc., 2013). También puede ser visto como un vehículo para poner en práctica la inversión de capital en un nuevo o un mejorado activo (Labuschagne & Brent, 2005).

En un proyecto típico, muchas tareas se ejecutan simultáneamente, una con la otra. Otra característica clave de los proyectos es la existencia de relaciones de precedencia entre las tareas. Estas relaciones suelen definir las restricciones que requieren una tarea a ser completada antes de que otra comience (Hall, 2012).

2.2.1 ¿Qué es?

La gestión de proyectos se ha convertido en una poderosa manera de integrar las funciones de las organizaciones y motivar a los grupos para alcanzar mayores niveles de rendimiento y productividad (Fernandes, Ward, & Araújo, 2015). También puede ser definida como el conocimiento, herramientas y técnicas para el

control de requerimientos, configuración de un horario y alcance realista, definición de responsabilidades y gestión de expectativas (Brill, Bishop, & Walker, 2006).

Ahora bien, una administración de proyectos sistemática consiste en métodos, herramientas y módulos. Se puede ver como la aplicación secuencial de procesos estructurados para el propósito de la institucionalización de prácticas estandarizadas. Utilizando un enfoque bien estructurado y bien implementado, las capacidades se pueden almacenar y transferir con el tiempo, el espacio y el contexto. Además, la administración de proyectos puede hacer que las organizaciones sean menos vulnerables a la pérdida de conocimiento tácito almacenado en las memorias individuales (Ibert, 2004).

2.3 Ciclo de vida del proyecto

No existe ningún principio universal para la gestión de proyectos. Los expertos abogan por soluciones específicas de acuerdo con el tipo de proyectos en cuanto a la estructura de la organización, la secuencia temporal de las fases del proyecto y las herramientas utilizadas se refiere. Sin embargo, manifiestan una orientación que es, visto globalmente, el mismo para cada tipo de proyecto (Schweyer & Haurat, 1997).

De esta manera el Project Management Institute define el ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales y sus nombres y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación.

Los proyectos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos pueden configurarse dentro de la siguiente estructura genérica de ciclo de vida (Project Management Institute, Inc., 2013): Inicio del proyecto, organización y preparación, ejecución del trabajo y cierre del proyecto.

2.4 Procesos de la dirección de proyectos

En una sociedad donde el aumento de la competencia, la madurez del mercado y la conservación de la naturaleza son factores clave para el éxito del negocio, muchas empresas tienen como objetivo mejorar la eficiencia de la creación de nuevos productos y servicios. Para alcanzar estos objetivos, las organizaciones han desarrollado y continúan desarrollando muchos procedimientos operativos para la descripción y la optimización de los procesos internos. La mejora de estos procesos puede ser obtenido cuando existe una Dirección de Proyectos efectiva (Navas, Tenera, & Machado, 2015).

La gestión de proyectos tiene por objeto garantizar, a lo largo de la vida de un proyecto, su eficiencia y eficacia. El objetivo último de la satisfacción del cliente se compone de varias categorías o grupos de procesos que interactúan entre sí, designados por los procesos de gestión de proyectos grupos (Project Management Institute, Inc., 2013), que son: Iniciación, Planificación, Ejecución, seguimiento y control, y cierre.

3. Aplicación del marco de fundamentación en la Universidad EAFIT

3.1 Proceso Inicio

A los estudiantes se les presentó construir una máquina de fresado para madera CNC funcional compuesta por tres ejes y una placa que soporte el material. Esta debería moverse en los ejes X, Y y Z potenciado por los motores correspondientes, con sensores de contacto en los extremos donde haya movimiento.

Al establecer esto, se redactó el acta de proyecto en el cual estableció como alcance: Fabricar una máquina de fresado para madera, la cual esta destina al tratamiento de la madera, su principal función es el recorte de piezas con precisión y alta calidad, siguiendo los requerimientos previamente establecidos.

Se estableció que este proyecto se llevaría a cabo a lo largo de 16 semanas, dando así una fecha límite. Al finalizar estas semanas los estudiantes deberían entregar toda la documentación relacionada al trabajo, sean estas: Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), diagrama de Gantt, plan de adquisiciones, planos, cartas de proceso, manuales de uso de la máquina, la máquina ensamblada y funcional, al igual que la bitácora del proyecto. Todo esto sería presentado por medio de una serie de entregables a que serían desarrollados por los estudiantes en el transcurso de las 16 semanas en las fechas previamente establecidas, a través de la herramienta tecnológica de la universidad (EAFIT Interactiva).

3.2 Proceso de Planeación

Para el desarrollo de este proceso de planeación lo primero que se hizo fue realizar el plan inicial en el cual se establecieron todas las actividades necesarias para obtener el alcance que se había planteado en el proceso anterior, con el responsable de realizar esta, al igual que la fecha de inicio y de finalización.

Estas actividades fueron las que se utilizaron para crear la estructura de desglose de trabajo (EDT) (ver figura 1), donde se detallaron todas labores en un orden cronológico, desde las actividades más generales hasta las más específicas. Esta proporciona una perspectiva global de todo lo que implica el proyecto, al igual que lo que se debe entregar.

Al haber establecido las actividades se procedió a utilizar un diagrama de Gantt por medio del software Microsoft Project, que permitió a los estudiantes establecer todas las actividades con los tiempos estipulados para cada una, de esta forma se pudo plantear adecuadamente el tiempo para todas las actividades en el plazo de 16 semanas. Esta herramienta, como se ilustra en la figura 2, no solo mostraba la distribución de tiempo que ellos habían planteado, sino que permitió hacer una comparación, del tiempo real de la actividad con el que se había establecido dando indicaciones de retrasos si existieron.

Seguidamente, se procedió al diseño detallado de la máquina por medio del software de modelación Solidworks (ver Figura 3), donde los estudiantes sacaron planos y cartas de proceso de cada una de las piezas correspondientes a la máquina de fresado para madera.

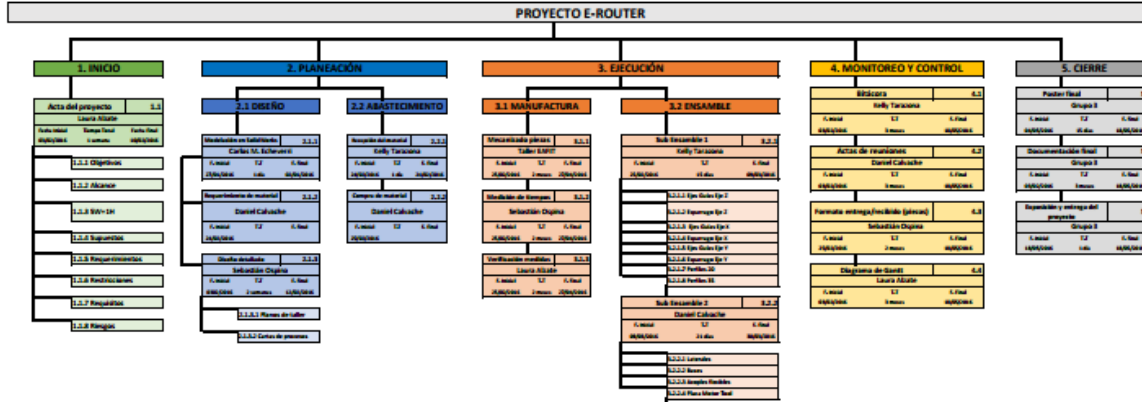


Ilustración 1. Estructura de Desglose de Trabajo.

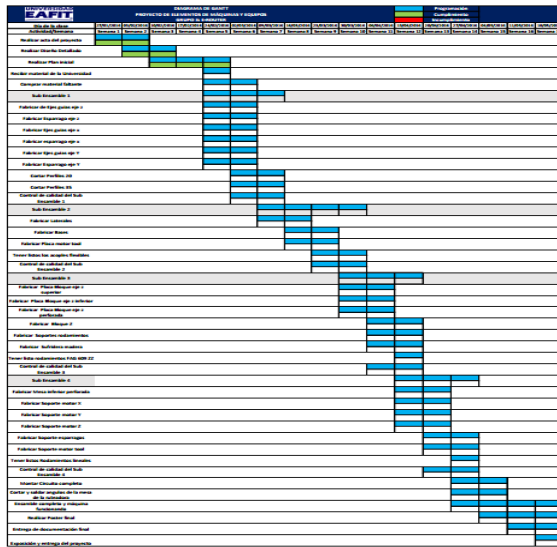


Ilustración 2. Diagrama de Gantt

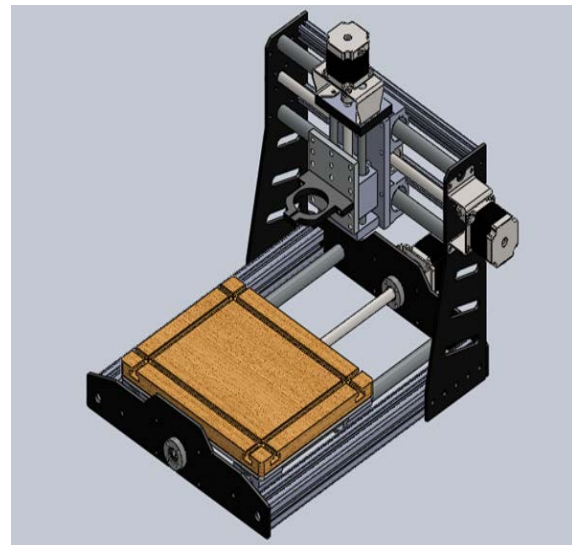


Ilustración 3. Modelación de Máquina de fresado para madera.

3.3 Proceso de Ejecución

A través del plan de adquisición se buscó obtener los mejores proveedores, que proporcionaran material de suma calidad y precio adecuado, pero que, además, estuvieran ubicados en un lugar cercano al centro de trabajo.

En base a los planos y cartas de proceso que se realizaron en el diseño detallado se procedió a la fabricación de las piezas de la máquina de fresado para madera, que, en su mayoría, se fabricaron en el laboratorio de manufactura de la Universidad.

Todas las piezas de la máquina de fresado para madera se entregaron por medio de 4 sub-ensambles que cada vez se iban ensamblando más piezas hasta obtener el producto final. En las figuras 4 y 5 se muestra el proceso de ensamble de esta.

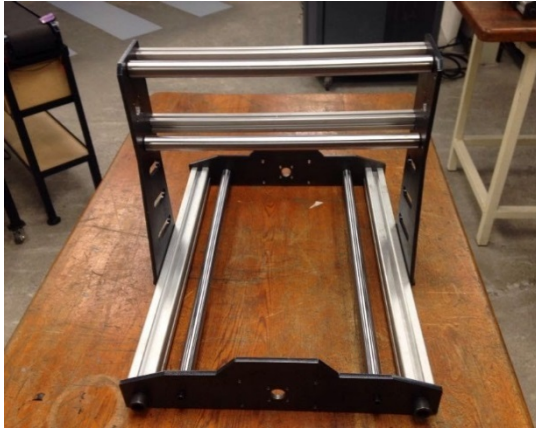


Ilustración 4. Sub-ensamble 2.



Ilustración 5. Ensamble Final

3.4 Proceso de Monitoreo y Control

Este proceso de monitoreo y control se llevó a cabo semanalmente durante toda la construcción de la máquina por medio de formatos de control que se realizaban en cada proceso. El control, permitió registrar todo cambio que se le realizara al proyecto, fuera un cambio interno, es decir por parte del equipo de trabajo, o externo, que son solicitadas por los interesados al director del proyecto. Además, en el proceso de ejecución, se realizó un formato de control dimensional en el que se especificaba el responsable de maquinar cada pieza, el estudiante que entregó la pieza y la fecha de entrega, en adición a la medición de las dimensiones de la pieza para corroborar con las dimensiones del plano.

3.5 Proceso de Cierre

El proceso de cierre da por culminado el proyecto, en este proceso se realizó una serie de pruebas funcionales, además, un análisis de todo el proyecto para comprobar que el éxito del mismo. Los estudiantes realizaron un documento oficializando el cierre del proyecto donde se creó una ficha técnica de la máquina de fresado para madera, en conjunto con la retroalimentación y comentarios de los estudiantes en cuanto a los procesos empleados para la realización del proyecto. También, se hizo entrega de los manuales de uso, manuales de ensamble, y la bitácora del proyecto. Finalmente se realizó la muestra de proyectos ante la comunidad Eafitense en Expoingeniería.

4. Conclusiones

Con la fabricación de máquinas bajo el marco de fundamentación propuesto por el PMI, se pusieron en práctica conocimientos adquiridos durante la asignatura de Proyecto de Elementos de Máquinas y Equipos, durante la carrera de Ingeniería de producción en general, como fundamentos de diseño mecánico, materiales y procesos de manufactura. De manera excepcional sobresalen los tópicos de administración de riesgos como una unidad de conocimiento transversal, que, siendo monitoreada y gestionada de manera creativa por los equipos de estudiantes, resulta vital para el logro de los objetivos de los proyectos.

Establecer estructuras y formas de trabajo para la etapa de diseño basadas en entradas de detalle y requisitos, permite representar todos los componentes de la máquina de fresado para madera como un producto. Posibilitando analizar, de manera objetiva, el cumplimiento a las especificaciones de acuerdo a las exigencias del cliente dando como consecuencia un proceso estándar para su fabricación.

Finalmente, se recomienda la utilización de una herramienta tecnológica que permita gestionar y documentar el proyecto a través de un solo repositorio de archivos que sea de fácil acceso para el momento de realizar las consultas y validaciones. Lo anterior dado que para este proyecto se utilizaron diferentes softwares y aplicativos web (EAFIT Interactiva, Microsoft Project y Solidworks 2013) por lo que la información no quedaba centralizada y normalizada. Para la mejora del proceso actual es importante considerar la utilización de una nomenclatura estándar para formatos, registros y documentación en general, la cual que ayude en la búsqueda, localización y edición de los referentes relacionados al proyecto, esto con el fin de facilitar la gestión documental y el manejo de archivos históricos que brinden diferentes fuentes de información a proyectos futuros de manufactura.

Referencias

- Brill, J. M., Bishop, M. J., & Walker, A. E. (2006). The Competencies and Characteristics Required of an Effective Project Manager: A Web-Based Delphi Study. *Educational Technology Research and Development*, 54(2).
- Fernandes, G., Ward, S., & Araújo, M. (2015). Improving and embedding project management practice in organisations — A qualitative study. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1052-1067.
- Ibert, O. (2004). Projects and firms as discordant complements: organisational learning in the Munich software ecology. *Research Policy*, 33(10), 1529-1546.
- Labuschagne, C., & Brent, A. C. (2005). Sustainable Project Life Cycle Management: the need to integrate life cycles in the manufacturing sector. *International Journal of Project Management*, 23(2), 159-168.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2015). *Análisis del Sector*. Ministerio de Defensa Nacional Agencia Logística de las Fuerzas Militares. Recuperado a partir de <https://www.agencialogistica.gov.co/index.php?idcategoria=494084&download=Y>

- Navas, H. V. G., Tenera, A. M. B. R., & Machado, V. A. C. (2015). Integrating TRIZ in Project Management Processes: An ARIZ Contribution. *Procedia Engineering*, 131, 224-231.
- Project Management Institute, Inc. (2013). *Guía del PMBOK*. Newtown Square, Pensilvania.
- Revista del Mueble y la Madera. (2012). 20 Datos Económicos del Mueble y la Madera. Recuperado 5 de mayo de 2016, a partir de http://www.revista-mm.com/ediciones/rev81/20_datos_economicos.pdf
- Schweyer, B., & Haurat, A. (1997). Information system design using a project approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 8(1).

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)