NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA: CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
13 - 16 DE SEPTIEMBRE 2022 CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI

Proyecto guardaescobas en plástico reciclado: ejemplo de potencial emprendedor en proyectos integradores el programa de ingeniería en procesos industriales de la Facultad de Procesos Industriales de la ETITC

Adriano Alejandro Gómez, Royer David Ocampo González, Laura Camila Garnica Posada, Fabián de Jesús Présiga Duque, Marlon Naranjo Muñoz

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central
Bogotá, Colombia

Resumen

A partir de la estrategia de proyectos integradores implementada en la Facultad de Ingeniería de Procesos Industriales de la ETITC desde el año 2019, en el segundo semestre de ese año curricular los estudiantes Gómez y Ocampo plantearon y desarrollaron un prototipo funcional de un guardaescobas enmarcado en las directrices de la asignatura líder Procesos I (Procesos Plásticos), cursada en VI semestre del nivel Tecnólogo en Producción Industrial.

El planteamiento realizado contó con un interesante grado de innovación, además del requerido rigor académico, reconocido por los jurados evaluadores en su momento, así como por los docentes del semestre en mención y demás asistentes a la exposición realizada. Lo anterior generó un trabajo conjunto posterior a dicho semestre entre los estudiantes, docentes, la Facultad y el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación a través de la Oficina Asesora de Innovación de la ETITC para continuar desarrollando el proyecto con el objetivo de evaluar su viabilidad técnica, económica, comercial y potencial creación de una empresa o startup. Fruto de dicho trabajo los estudiantes en mención han continuado por más de 5 semestres dando forma a la idea llevándola actualmente a los siguientes avances:

- Proceso de registro de propiedad intelectual a través de la investigación y preparación para la respectiva solicitud de patente.

- Diseño del proceso productivo y plan de producción.
- Avance en el estudio de mercado del producto.
- Preparación para postular el proyecto ante iniciativas de apoyo a la invención por parte del Gobierno Nacional.

Adicionalmente este proyecto ha permitido a los estudiantes formular y desarrollar su Tesis de Grado para optar por el título de Ingenieros en Procesos Industriales, con lo que además de la oportunidad generada para crear una empresa, se cumple un importante requisito del plan de estudios y además se confirma la sinergia que puede, pero sobre todo debe procurar tener la academia y la industria a través de su permanente vínculo.
Esta experiencia puntual demuestra el potencial que tienen los Proyectos Integradores como mecanismos de apropiación del conocimiento por parte de estudiantes y docentes, creación de empresas y generación de empleo, investigación aplicada, generación de conocimiento, fomento a la innovación, trabajo interdisciplinario, entre otras ventajas.

Palabras clave: guardaescobas; innovación; polímeros

Abstract

As a result of the strategy of integrating projects implemented in the Faculty of Industrial Process Engineering of the ETITC since 2019, in the 2019-II semester, students Ocampo and Gómez proposed and developed a functional prototype of a baseboard under the guidelines of the leading course Processes I (Plastic Processes), attended in the VI semester of the Industrial Production Technologist level.

The approach developed was innovative, in addition to the required academic accuracy, which was recognized by the panel of evaluators at the time, as well as the docents of the corresponding term and other attendees to the presentation. This resulted in a subsequent collaborative work between the students, professors, the Faculty and the support of the Vice Rector's Office for Research through the ETITC's Innovation Advisory Office to continue developing the project with the objective of determining its technical, economic and commercial viability and the potential creation of a company or startup. As a result of this work, the students have continued for more than 5 semesters shaping the idea, taking it to the following advances:

- *Intellectual property registration process through research and preparation for the respective patent application.*
- *Design of the production process and production plan.*
- *Progress in the market study of the product.*
- *Assistance in preparing the project to apply to the National Government's initiatives to support inventions.*

In addition, this project has allowed the students to formulate and develop their Degree Thesis to opt for the title of Industrial Process Engineers in the future, as well as the possibility of creating a business, in this manner fulfilling an important requirement of the study plan and confirming the

synergy that the academy and industry can, but above all, should ensure through their permanent association. This specific experience illustrates the potential of Integrating Projects as mechanisms for knowledge appropriation by students and teachers, entrepreneurship and employment generation, applied research, knowledge generation, innovation promotion, collaborative and interdisciplinary work, among other benefits.

Keywords*: baseboard; innovation; polymers*

1. Introducción

En el desarrollo de las clases y actividades académicas de cada semestre de la carrera de Ingeniería de Procesos Industriales de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central – ETITC se ha establecido que además de la realización de los trabajos pertinentes y específicos de cada asignatura, se lleve a cabo un trabajo de equipo que desarrolle un proyecto que conjugue de manera integrada y sinérgica las habilidades duras y blandas que se van adquiriendo durante el desarrollo del programa curricular de la carrera y también los conocimientos y habilidades pertenecientes a cada miembro del equipo que han sido asimiladas y desarrolladas a través de la experiencia laboral y/o en otros campos de formación. Este trabajo de equipo recibe el nombre de Proyecto Integrador, el cual orientado desde el objetivo que se plantea al principio de semestre busca a través de la investigación aplicada generar una propuesta final que sea viable e innovadora desde la óptica de la Ingeniería de Procesos fundamentada en la investigación de operaciones, manejo de la producción, la gestión de la calidad y el impacto ambiental, entre otros aspectos. "Según el ingeniero Cuatrecasas (2017) la ingeniería de procesos (sic) se enfoca en los sistemas productivos llevando a cabo un análisis de las necesidades y requerimientos puntuales para el logro de un resultado final llámese producto o servicio determinando la manera en que se organiza y se gestiona la planificación, se hace el diseño y desarrollo de dicho sistema para posteriormente realizar la implantación y puesta en marcha de la operación, estableciendo un control a través del flujo de información para asegurar la eficacia, eficiencia y rentabilidad del sistema. Este análisis y propuesta se detalla por escrito con todo lo necesario para la puesta en marcha, que según el caso pueden ser equipos, materiales, insumos, mano de obra, instalaciones, maquinaria, recursos, logística, controles, métodos de trabajo, tiempos, etc."

La Ingeniería de Procesos tiene un campo amplio de aplicación dentro de las actividades de las empresas y organizaciones a todo nivel ya sea desde la intervención de un proceso existente para mejorarlo o la creación de uno nuevo, siempre partiendo de la idea de adecuar ese proceso a unas necesidades y características determinadas (problema), que respondan a las metas buscadas a través de la recopilación de datos, el estudio y el análisis de los mismos para ingeniar una respuesta particular (solución) a dicho proceso. Así mismo, esa solución nace desde el enfoque de lo macro a lo micro y viceversa buscando una funcionalidad integral y duradera maximizando los recursos, procurando la mejora continua, la flexibilidad y adaptación suficientes para alcanzar los objetivos de eficacia y eficiencia del proceso o procesos, todo cimentado desde los pilares de panificar, hacer, verificar y actuar.

Esta propuesta logró desarrollarse a través del trabajo y aporte de cada asignatura del semestre y debía estar delimitada en el uso de polímeros y de material reciclado, a partir de ahí se empezó a trabajar aplicando el design thinking en encontrar una problemática existente y que ofreciera la posibilidad de desarrollar un producto para dar solución a esa necesidad y así diseñar una propuesta innovadora, de esa manera se determinó que existía una oportunidad en el área de la construcción, remodelación y adecuación de espacios arquitectónicos y habitacionales ya que en este campo cada vez era mayor el uso de materiales plásticos como una alternativa a materiales tradicionales como la madera, la cerámica y otros. Este trabajo está direccionado a crear una propuesta de producción de dicho producto que abarque los aspectos necesarios de diseño, planificación, optimización, operación, control y gestión de procesos para obtener como resultado un producto con un alto estándar de calidad de una manera sostenible, segura, eficiente y al mejor costo posible.

Inicialmente el trabajo elaborado recibió el nombre de "propuesta para la fabricación de guardaescobas con plástico reciclado" y en su momento esa primera propuesta desarrollada cumplió con suficiencia los requisitos establecidos por la Facultad para ser declarada como el mejor proyecto del semestre expuesto en la Feria Tecnológica, pero a su vez generó la motivación para seguir trabajando y mejorando la idea y que no se quedara archivado como un trabajo más en la gaveta del escritorio de los buenos recuerdos. Pero como se mencionó anteriormente la idea original se ha ido modulando a lo largo de los semestres subsecuentes recibiendo aportes desde los nuevos conocimientos adquiridos y muy importante, con el apoyo de la ETITC que vio un proyecto muy interesante para explotar y buscar el camino para llevarlo a la realidad. En la actualidad, con las mejoras y los diferentes aportes y procesos realizados en el proyecto, este se ha llamado "propuesta de diseño y plan de producción de un modelo de guardaescoba con instalación versátil, modular y multipropósito". Actualmente este proyecto se encuentra en un proceso de evaluación de patentabilidad bajo el rigor y parámetros que establece la normatividad vigente y se deben cumplir determinados lineamientos legales de confidencialidad, por tal motivo la información que se va a presentar busca explicar el proceso, el desarrollo de la idea y producto de una manera clara sin exponer información sensible que trasgreda los lineamientos legales y ponga en riesgo la patentabilidad del producto.

2. Formulación del problema

El sector constructor en la actualidad tiene un gran crecimiento en nuestro país. Además, los hogares, lugares de trabajo y entretenimiento que nos rodean están en constante remodelación, con lo que se busca la seguridad, el cuidado, la durabilidad y la armonía de las inversiones hechas. En cuanto a lo relacionado con los pisos y paredes nace la necesidad de un guarda escobas que permita proteger las áreas mencionadas, al tiempo que de un toque de decoración en el ambiente. Aunque existe una gran variedad de productos que llegan a suplir la necesidad de guarda escobas, se pueden evidenciar problemáticas con respecto a la instalación que se torna en cierta manera compleja y que debe ser realizada por personas capacitadas en el ámbito de la construcción y estos modelos no facilitan la aplicación del método Hágalo Usted Mismo (DIY - Do It Yourself), muy en desarrollo desde hace tiempo en lo que corresponde a la decoración de espacios, que además de ser una manera de rendir los recursos monetarios también hace parte de la nueva filosofía de

la vida moderna y de la apropiación de algunas tareas decorativas que se han dejado a manos profesionales. Adicional, se encontró que las prestaciones de este tipo de productos son limitadas, centrándose prácticamente a ser solo una barrera entre el piso y los muros y a la estética visual del ambiente arquitectónico, sin ofrecer una aplicación y beneficios mayores.

La problemática planteada se soporta y fue validada a través de una encuesta de mercado por medio de la cual se extrajo información valiosa donde se evidenció que los clientes de este tipo de producto buscan una solución que beneficie la estética, la facilidad de instalación y desinstalación, como también la calidad del producto y el costo de este. Los encuestados resaltaron que los modelos que se compran frecuentemente, si bien ofrecen una solución en el momento, se transforman en un obstáculo en la medida que se tengan que hacer renovaciones parciales de los espacios y/o reparaciones y que su reinstalación se torna un tanto inconveniente en la medida de tener que ingresar con herramientas y materiales de construcción en espacios con acabados finales y amoblados.

3. Descripción del proyecto

Los guardaescobas son perfiles decorativos que se instalan en la base de las paredes o muros de las casas, apartamentos o en todo recinto en el que se pretenda proteger de golpes, desgaste y suciedad producidos en el momento de realizar la limpieza de los pisos. Además de jugar un importante papel en el tema decorativo de la llamada obra blanca o terminados. Se fabrican de diversos materiales como cerámica, madera, MDF, aglomerados y en los últimos años en Policloruro de Vinilo conocido comercialmente como PVC. Estos perfiles necesitan productos extras para su instalación tales como pegantes cerámicos, solventes, siliconas entre otros, convirtiendo su instalación en una tarea de profesionales en el tema si se quiere esperar un resultado óptimo.

El innovar un guarda escobas puede parecer complicado, pero lo que puede hacerlo un poco más sencillo es pensar en cuáles son las falencias de los productos ya existentes; ¿cómo se pueden solucionar las mismas? y cuál podría ser un valor agregado para el nuevo elemento. También la investigación se enfocó en soluciones que relacionen su facilidad de instalación, durabilidad y economía. Además de contar con valores agregados como la versatilidad en su uso, contando con una tercera funcionalidad adicional a la protección de paredes y decoración con enfoque al cuidado con el medio ambiente al hacer uso de material reciclado en su producción. Después de establecer la problemática a solucionar y la posible respuesta, esta se validó a través de un estudio de mercado aplicando una encuesta a la población objetivo y haciendo un estudio de las estadísticas de construcción de vivienda y edificaciones en la ciudad de Bogotá.

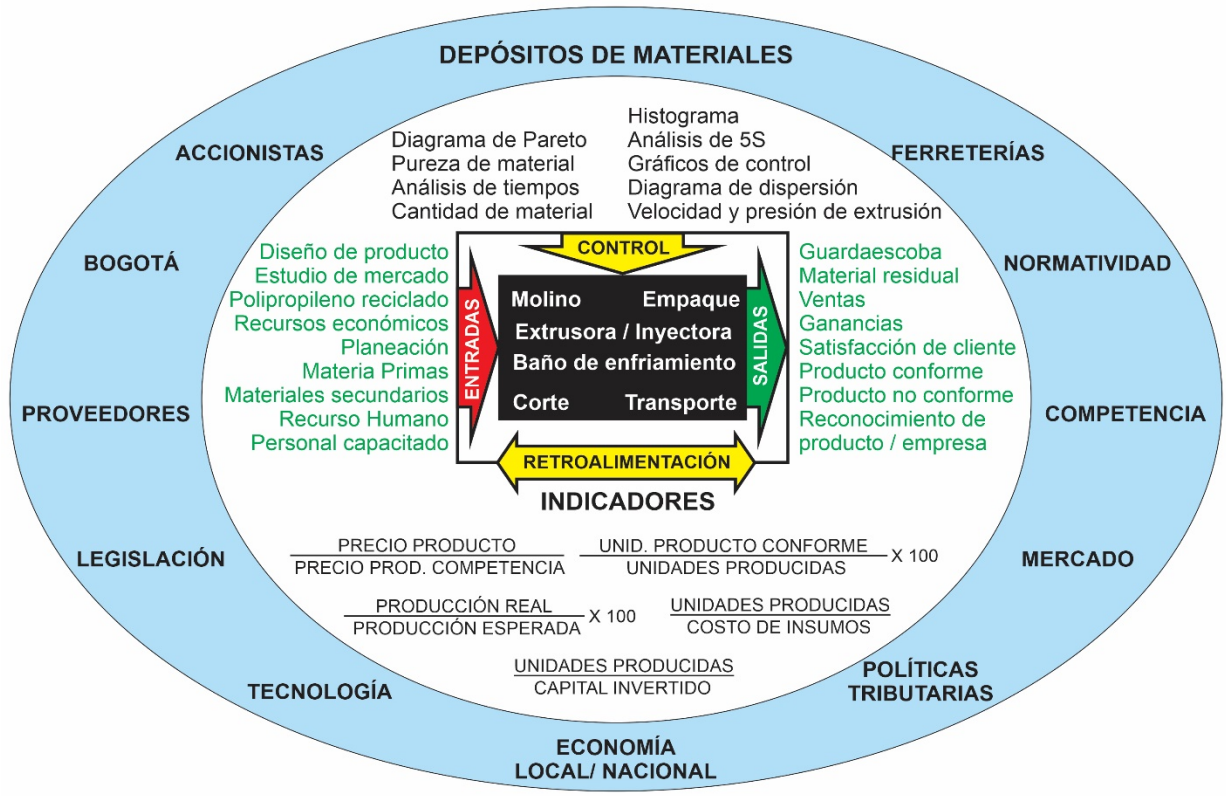

Figura 1. Modelo de caja negra del proyecto. Elaboración propia.

Con los datos obtenidos se procedió a encausar el diseño del producto y de la propuesta productiva analizando la información con la metodología de la caja negra que se puede apreciar en la figura 1, este modelo se usa para analizar cualquier elemento, proceso o actividad en términos de sus entradas y salidas sin precisar en su funcionamiento interno. En este caso las entradas son lo necesario para que esta funcione y las salidas son los resultados obtenidos de la misma. Con la aplicación del modelo de caja negra es más fácil entender el plan de producción desde una visión macro y desde allí ir a los micro. posterior al análisis de caja negra se procedió a aplicar la metodología de calidad y del design thinking que soportan la propuesta, una herramienta usada fue la MDF (Matriz de Despliegue de Funciones).

El análisis a través de la MDF, la cual se puede ver en la figura 2, es usado en la Ingeniería de Procesos y busca crear productos que se adapten a las necesidades y gustos de los usuarios. La aplicación de esta herramienta ha permitido escuchar la voz del cliente potencial aportando información valiosa al diseño del producto y del proceso de producción.

	CARACTERÍSTICA CLAVE PARA EL CLIENTE	DURABILIDAD / RESISTENCIA	PRECIO	CALIDAD	ACABADO	TAMAÑO	FUNCIONALIDAD	AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE	INSTALACIÓN		
	Ranking de prioridad del cliente	7	10	8	4	2	6	5	9	RANK	RANK %
VARIABLE DE ENTRADA DEL PROCESO											
DISEÑO		3	7	8	6	4	10	5	9	353	12,56
MAQUINARIA		7	10	9	8	6	3	1	2	306	10,89
COMPONENTES/PIEZAS/PARTES		5	8	6	4	3	9	2	10	339	12,06
MATERIALES		10	8	9	6	3	4	7	1	320	11,38
UNIDAD MINIMA DE VENTA		2	10	4	3	9	5	1	6	265	9,43
DIMENSIONES		3	8	4	5	10	6	1	9	295	10,49
PERSONAL CALIFICADO		4	8	10	9	5	2	1	3	278	9,89
CONTROLES DEL PROCESO		7	9	10	8	5	2	3	1	297	10,57
PROCESO DE FABRICACIÓN		8	10	9	7	3	5	6	4	358	12,74

Figura 2. Matriz MDF. Elaboración propia.

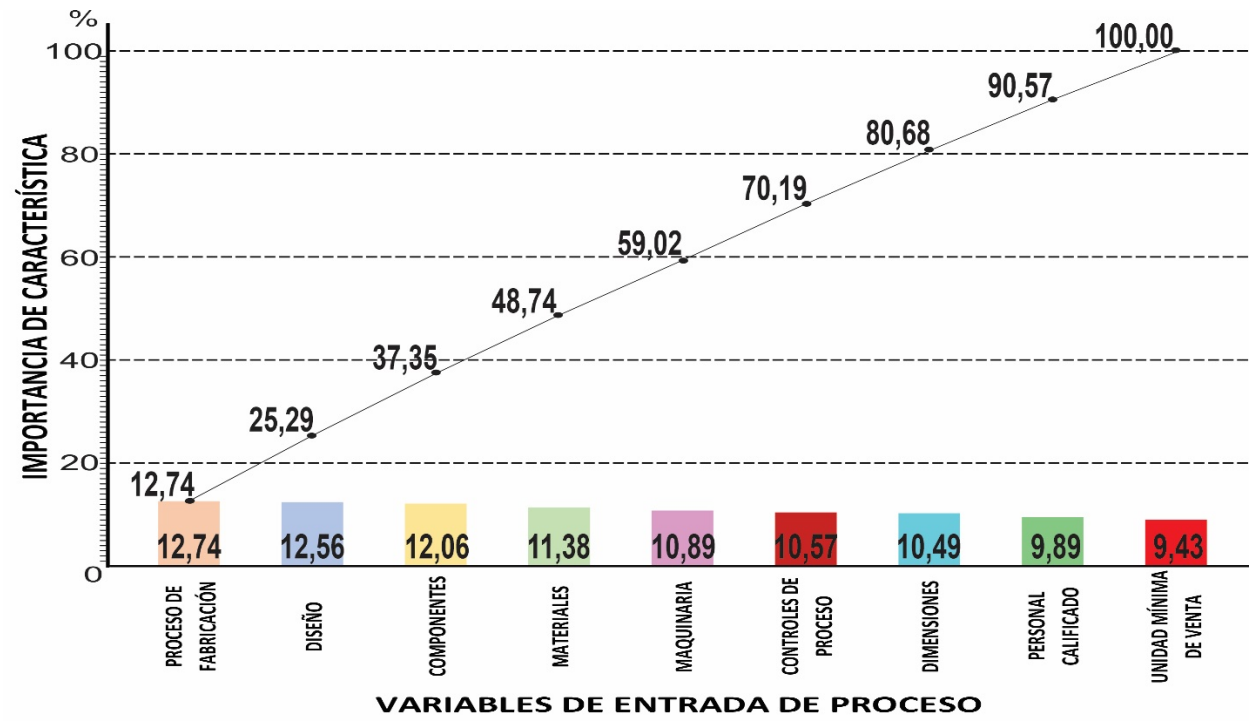

Figura 3. Diagrama de Pareto del análisis de producto. Elaboración propia.

Con esta matriz se obtuvo un diagrama de Pareto en donde se organizaron los datos según los valores obtenidos, lo cual permite asignar un orden de prioridades; el análisis estadístico de los datos ingresados en la matriz crea este diagrama que se aprecia en la figura 3.

4. Materia prima

La materia prima que se ha determinado para la fabricación de las piezas es Polipropileno (PP) reciclado. Se ha escogido este material ya que en su proceso de reciclado y reproceso la pérdida de sus propiedades mecánicas no es alta con respecto al material virgen (IMPI, 1997), además presenta adecuadas condiciones para el reciclado, separación y reprocesamiento, siendo estas determinantes fortalezas para el desarrollo del producto. El PP es un termoplástico que reúne una serie de propiedades que es difícil encontrar en otro polímero:

- Su estabilidad térmica le permite resistir temperaturas de hasta 140 °C sin deformarse
- Tiene una óptima relación costo beneficio.
- Buena procesabilidad.
- Alta Resistencia a la tensión y compresión.
- Se requiere de cantidades pequeñas para la obtención de un producto terminado.
- Excelentes propiedades dieléctricas.
- No es tóxico y tiene alta resistencia a la mayoría de los ácidos y álcalis.
- Tiene bajo coeficiente de absorción de humedad ya que tiene barrera al vapor de agua y eso evita el traspaso de humedad.

5. Producción

Para el caso particular de este proyecto el método a usar es la extrusión (figura 4), ya que el guardaescoba pertenece al grupo de productos de perfilería (fabricación de perfiles) y la extrusión es el método óptimo para la producción de este tipo de productos. En términos simples la perfilería se define como la fabricación de perfiles (varas) de un determinado diseño de un producto que en su morfología es una pieza alargada, sin ser un cilindro cerrado ya que en ese caso sería tubería. En el grupo de perfilería se encuentran productos tales como guardaescobas, filos, molduras, canaletas, burletes, cintas, etc.

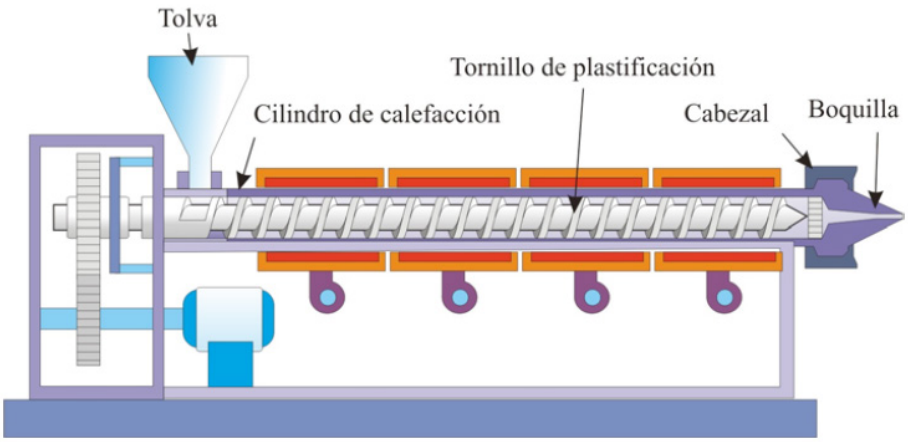

Figura 4. Máquina convencional de extrusión con husillo. Tomado de Tecnología de polímeros: Procesado y propiedades (p. 86),
por M. Beltrán y A. Marcilla, 2012, Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante

"El proceso de extrusión se utiliza ampliamente en la industria de plásticos para la producción en continuo de piezas con sección constante de materiales termoplásticos (y algunos termoestables). Se utiliza también para recubrimiento de superficies y en el moldeo por soplado y termo conformado para la obtención de las preformas. Consiste en obligar a un material fundido a pasar a través de una boquilla o matriz que tiene la forma adecuada, para obtener el diseño deseado… De esta forma el material termoplástico funde (se plastifica) y al salir del cilindro a través de una boquilla recibe la forma de ésta. En una línea completa de extrusión, además debe existir un sistema de enfriamiento del material que sale de la máquina, así como equipos de tensionado y recogida. El resultado es un perfil (a veces se le llama semi fabricado o preforma). (Beltrán, et al., 2012). En la figura 5 se puede apreciar el proceso de producción a través del diagrama de flujo.

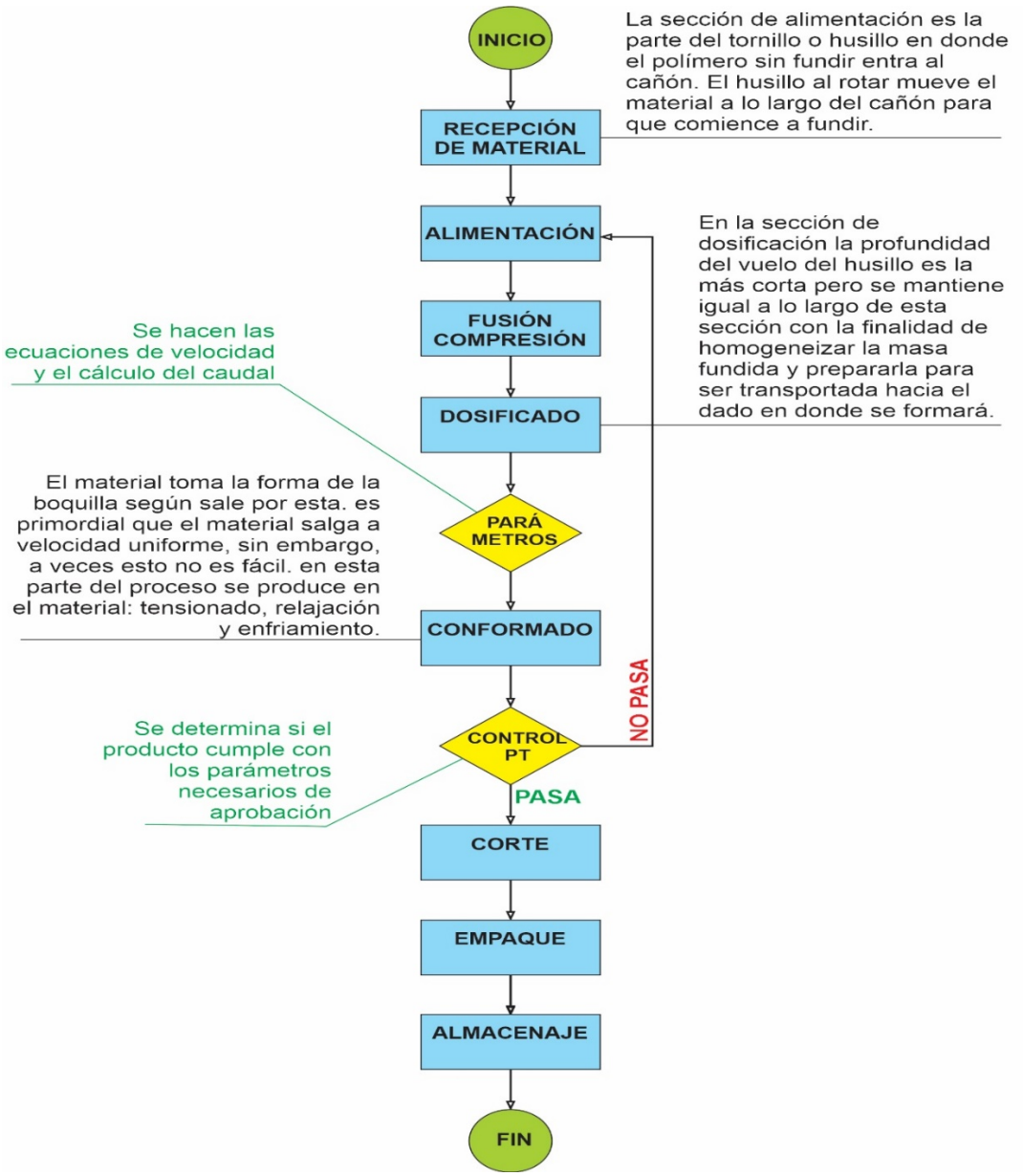

Figura 5. Diagrama de flujo de la extrusión de los guardaescobas. Elaboración propia

6. Diseño e Ingeniería del producto y el proceso

En esta fase del desarrollo del proyecto se aplicó el enfoque del CAD/CAM (Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing) y CAE (Computer-Aided Engineering), que se conocen en castellano como Diseño Asistido por Computador / Fabricación Asistida por Computador e Ingeniería Asistida por Computador respectivamente.

El trabajo realizado en las etapas anteriores llevó al diseño de un tipo de guardaescoba que cumple con los requerimientos y expectativas determinados en la fase de recopilación, análisis de información y proyección de producto. Se llevó a cabo modelación del prototipo a través de bosquejos y de dibujos técnicos que posteriormente se trasladaron a fase de prototipado en los programas CorelDraw y SolidWorks. A medida que se fue evolucionando en el diseño de la forma, se realizaron prototipos por maquinado de material en CNC (Computer Numerical Control) para comprobar de manera directa los diseños en hechos de manera digital y de esa manera realizar los ajustes necesarios. Como se enfatizó anteriormente, el prototipo final está en proceso de patentabilidad y por tal motivo y cumpliendo las cláusulas de confidencialidad no es posible exhibir imágenes, ni detallar de manera textual las características del diseño resultante Después, teniendo establecido el diseño final, se procedió a realizar análisis estructural también en SolidWorks aplicando estudios de simulación tales como:

- Estudios de diseño buscando la optimización del producto y evaluar escenarios específicos sobre la base de un modelo geométrico. A través de este estudio fue posible detectar tendencias e identificar la solución óptima.
- Estudios estáticos o de tensión para calcular desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad aplicando cargas al modelo, estableciendo el efecto de éstas y las reacciones resultantes.
- Estudios de pandeo para establecer cuál sería el desplazamiento amplio y repentino ocasionado por cargas axiales, la carga de pandeo es un factor de diseño crítico.
- Estudios térmicos determinando la distribución de temperaturas, gradientes de temperatura y el flujo del calor producidos por mecanismos de conducción, convección y radiación. Con esto se conocieron condiciones térmicas no deseadas como sobrecalentamiento o fusión.
- Estudios de caída para establecer los efectos que podría generar la caída de la pieza, ya se en una superficie rígida o flexible.
- Estudios de fatiga para determinar el efecto de las cargas y descargas repetidas y que debilitamiento se puede producir en el producto a lo largo del tiempo, incluso cuando las tensiones que puedan afectar sean inferiores a los límites de tensión permitidos o máximos. Es muy importante establecer la fatiga del material, ya que es la causa principal de error en muchos objetos. Para el caso del guardaescobas se aplicaron las tensiones de Von Mises.

Actualmente se está desarrollando la fase CIM (Computer-Integrated Manufacturing) que en castellano es la fase de Manufactura Integrada por Computador, en esta etapa se están desarrollando las simulaciones de producción basadas en los datos obtenidos en el estudio de mercado, haber establecido la capacidad de producción, los pronósticos realizados y a su vez se está estructurando el plan de negocios. Esta última etapa sumada a las anteriores conforma la tesis de grado de los estudiantes Gómez y Ocampo y además será la fase de aplicación de negocio y emprendimiento después de terminar el proceso de patente.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Rubiano, J. L., Pérez, M. A., Barrera, O. A., Orozco, W., Quesada, F., Diaz, M. A., & Gaviria, L. A. (2011). Manejo de los materiales plásticos reciclados y mejoramiento de sus propiedades. INGE@UAN - Tendencias en la Ingeniería, Vol. 1, No. 2, pp. 52-59.

Libros

- Beltrán, M. y Marcilla, A. (2013). Tecnología de Polímeros: Procesado y Propiedades. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Edición 1. Alicante, pp. 86 – 87.
- Cuatrecasas, L. (2017). Ingeniería de Procesos y de Planta. Profit Editorial, Barcelona.
- IMPI (1997). Enciclopedia del Plástico. IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), México D.F.

Sobre los autores

- **Adriano Alejandro Gómez**: Tecnólogo en Producción Industrial. Estudiante de Ingeniería de Procesos Industriales de la ETITC. aagomez@itc.edu.co
- **Royer David Ocampo González**: Tecnólogo en Producción Industrial. Estudiante de Ingeniería de Procesos Industriales de la ETITC. rdocampog@itc.edu.co
- **Laura Camila Garnica Posada**: Internacionalista y Socióloga. Asesora de Innovación de la Vicerrectoría de Investigación, Extensión y Transferencia de la ETITC. asesorinnovacion@itc.edu.co
- **Fabián de Jesús Présiga Duque**: Ingeniero Industrial, Especialista en Ingeniería de Producción, Máster en Ingeniería Industrial. Profesor medio tiempo ocasional. Director del grupo de Investigación PROMETIC (GIOPI). fduque@itc.edu.co
- **Marlon Naranjo Muñoz**: Ingeniero Industrial. Profesional de Autoevaluación Facultad Procesos Industriales y Acreditación Institucional de la ETITC. proautoevaluacion@itc.edu.co

---

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

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)