



Universidad de la República  
Facultad de Ingeniería

Proyecto de Grado – Ingeniería de Producción

# RECUPERACIÓN DE PRODUCTOS USADOS Y UNA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA URUGUAYA

Autores:

CAROLINA DEVOTO  
EMILIA FERNÁNDEZ

Tutor:

ING. PEDRO PIÑEYRO

Montevideo, Uruguay

2019

## Agradecimientos

La realización de un proyecto de grado suele ser un largo recorrido donde se deben superar obstáculos continuamente. Afortunadamente, también resulta ser un camino de encuentro con personas que guían y animan a seguir el camino. Para la realización de este proyecto han contribuido directa o indirectamente muchas personas, algunas de las cuales nos gustaría mencionar especialmente.

En primer lugar, agradecerle a nuestro tutor, Pedro Piñeyro, por su interés y dedicación en el proyecto, por habernos dado todas las herramientas necesarias y proporcionarnos sugerencias muy valiosas para la correcta realización del mismo. Su contribución ha permitido, de forma decisiva, que este proyecto llegara a buen término.

Nuestro agradecimiento a los integrantes de la empresa Rivomark, quienes estuvieron al servicio de nuestro proyecto y a todos aquellos dentro de la empresa que de una forma u otra han colaborado con nosotras en la recolección y análisis de datos. Un especial agradecimiento a Enzo Vidoni, administrador de Rivomark, quien ha estado a nuestra completa disposición evacuando nuestras dudas constantemente.

Gracias al Ing. Mauricio Ohanian e Ing. Marcos Fernández, quienes se interesaron en nuestro proyecto y se vieron dispuestos a brindarnos su apoyo y conocimiento en la búsqueda de información sobre la recuperabilidad de los calefones. También al Ing. Carlos Briozzo del MIEM, quien nos brindó información sumamente útil sobre el mercado de calefones en Uruguay.

Asimismo, agradecer a todas aquellas empresas que estuvieron disponibles para reunirse con nosotras y contestar nuestras comunicaciones; y pese a no formar parte de nuestro caso de estudio fueron de suma utilidad para el desarrollo del estado del arte y aportaron a nuestro conocimiento general en la temática de recuperación de productos usados en Uruguay.

A todos los profesores que tuvimos a lo largo de la carrera, que desde su lugar nos transmitieron sus experiencias y conocimientos, ayudándonos a crecer como estudiantes y futuras profesionales.

Por último, pero no menos importante nos resta agradecerle profundamente a nuestra familia y amigos, por el apoyo incondicional en todo nuestro camino estudiantil.

## Resumen

En la actualidad la recuperación de productos usados es vista como una alternativa económicamente viable para el desarrollo sustentable de la industria. Este fenómeno surge como respuesta a los impactos negativos en el medioambiente debidos en gran medida a la generación masiva de residuos, consecuencia del modelo tradicional de producción de producir-usar-desechar. En Uruguay, al igual que en muchas partes del mundo, el estudio sobre la recuperación de productos usados viene en aumento tanto en el ámbito gubernamental, así como el industrial y el académico.

En este informe se presenta el trabajo realizado sobre la problemática de la recuperación de productos usados. Para ello, se realizó inicialmente un estudio de la normativa existente sobre recuperación de productos usados tanto a nivel internacional, como regional y local. Posteriormente se tomó como caso de estudio una empresa de la industria uruguaya, fabricante de calefones o más precisamente calentadores de agua eléctricos de acumulación (CAEs), con el fin de explorar la viabilidad económica de la recuperación de calefones usados y devueltos al origen. Para dicho estudio, se realizó un relevamiento y análisis de datos, para representar su sistema de producción actual mediante un modelo matemático de planificación de la producción sin retornos. A continuación, se estudiaron las opciones de recuperación de los CAEs, determinando la viabilidad de la remanufacturación y sugiriendo potenciales mejoras en el diseño actual de los mismos para facilitar su remanufacturación. Con el objetivo de obtener una planificación de la producción con remanufacturación de costo mínimo, se llevó a cabo la extensión del modelo matemático propuesto inicialmente para el sistema de producción actual sin retornos. Además de las actividades mencionadas anteriormente, se entendió necesario incluir al modelo una actividad de habilitación, a través de la cual se realiza la inspección y clasificación de los retornos en ciertos niveles de calidad predefinidos. Esta actividad representa el hecho de que en la realidad los retornos que arriban en un cierto momento son de calidad heterogénea y no se puede priorizar la recuperación solamente de los de mejor calidad.

De los resultados obtenidos de la resolución de los modelos propuestos, se pudieron verificar los beneficiosos económicos de considerar la recuperación de productos usados. Se realizó además un análisis de sensibilidad al modelo con opciones de retornos, para analizar el sistema bajo diferentes escenarios en ciertos parámetros. De este análisis, entre otros resultados, surge que en una solución de costo mínimo cada vez que se habilitan retornos en un período, también se realiza alguna operación de recuperación sobre los mismos, aunque probablemente en una menor proporción. Asimismo, se puede concluir que para mejorar los resultados obtenidos es fundamental cambiar el diseño con miras en la remanufacturación, incentivar el buen uso y mantenimiento de los CAEs por parte del usuario, así como promover la devolución de los productos al final de su vida útil.

**Palabras claves:** Planificación de la Producción, Programación Lineal Entera Mixta, Calentadores de Agua Eléctricos, Remanufacturación, Optimización.

## Trabajos relacionados

El desarrollo de este proyecto de grado ha dado lugar a la presentación de un artículo completo en la conferencia “*International Conference on Remanufacturing*” (ICOR):

- Título del artículo: Analysis of a hybrid production-remanufacturing system with inspection and grading of returns
- Autores: Carolina Devoto, Emilia Fernández y Pedro Piñeyro
- Lugar de presentación: Amsterdam, Holanda, junio 23-25, 2019