



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

PROYECTO

---

# FABRICACIÓN DE MADERA PLÁSTICA A PARTIR DE LA RECUPERACIÓN DE PLÁSTICOS POST-CONSUMO

---

Julio 2017

**DOCENTES:**

David Mardero  
Santiago Ferro

**ESTUDIANTES:**

Bernardo Balbela  
Facundo Vanerio  
Mateo Payssé  
Noelia Martínez  
Cecilia Martínez

FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

---

# Resumen ejecutivo

---

*Proyecto: Fabricación de madera plástica a partir de la recuperación de plásticos  
post-consumo*

Julio 2017

**DOCENTES:**

David Mardero  
Santiago Ferro

**ESTUDIANTES:**

Bernardo Balbela  
Facundo Vanerio  
Mateo Payssé  
Noelia Martínez  
Cecilia Martínez

El presente trabajo es un anteproyecto de viabilidad técnica y económica de la instalación de una planta de fabricación de productos de madera plástica a partir del reciclaje de residuos plásticos post-consumo. La propuesta se desarrolló en conjunto con ATMA S.A., empresa fabricante de productos plásticos de conocida trayectoria en Uruguay.

El principal objetivo del proyecto es el desarrollo de una alternativa que permita revalorizar las casi 15.000 toneladas de residuos plásticos que se disponen por año en el relleno sanitario, incorporando al mismo tiempo al mercado local un producto novedoso y amigable con el medio ambiente.

La madera plástica es un material hecho 100% a partir de plástico y con propiedades similares a la madera tradicional, lo cual hace que pueda ser un sustituto de ésta en muchas de sus aplicaciones. Además, por ser impermeable y resistente al ataque de hongos e insectos, presenta ventajas en cuanto a durabilidad en exteriores. Se eligió este tipo de producto porque permite la mezcla de resinas plásticas de distintas características sin presentar dificultades en su procesamiento. Esto lo hace un producto ideal para el correcto aprovechamiento de material reciclado.

Los principales proveedores de materia prima seleccionados para este proyecto son la Asociación Campo Limpio (que gestiona los envases de productos agroquímicos y fertilizantes, hechos de polietileno), y la Intendencia de Montevideo (que gestiona los envases de residuos industriales de polietileno y polipropileno a través del programa “Tu envase sirve”). Un 75 % de la materia prima a procesar proviene de Campo Limpio. En menor proporción se incluyen los vínculos comerciales con empresas privadas que se encargan de la compra venta de plástico reciclado, y empresas gestoras de envases de lubricantes.

En el caso de Campo Limpio, la materia prima se presenta en forma molida, pero en los otros proveedores los envases se encuentran en su forma original, lo que hace necesaria la instalación de una línea de molienda y lavado de envases. Todos los materiales a recibir son *termoplásticos*, de la familia de las poliolefinas (como polietileno y polipropileno).

El proceso de transformación de plástico seleccionado es la extrusión, proceso que consiste en hacer pasar un polímero fundido a través de una matriz con la forma deseada, ayudando con un jalado la extracción del material, hasta que el producto tome la forma deseada. El calentamiento del material se produce por acción de resistencias eléctricas y por fricción entre el polímero y un tornillo, dentro del interior de la camisa. El material extraído es enfriado con agua y los perfiles se cortan a la medida deseada por acción de una sierra.

Se decidió ofrecer un *mix* de productos fabricados a partir de madera plástica, con el objetivo de acaparar una mayor franja de mercado. Los productos seleccionados son piques y postes para el agro, tablas para exteriores, pallets y bancos para exteriores. En el caso de pallets y bancos, además del proceso de extrusión se agrega el proceso de armado.

El precio de los productos está determinado por el mercado: U\$S 61 el pallet, U\$S 172 el banco para exteriores, U\$S 16 la tabla a color, U\$S 13 la tabla sin color, U\$S 27 el poste y U\$S 3 el pique. El costo de producción del pallet varía entre los U\$S 60 y U\$S 78, del banco entre U\$S 190 y U\$S 240, las tablas con color entre U\$S 16 y U\$S 21, la tabla sin color entre U\$S 15 y U\$S 20, los postes entre U\$S 31 y U\$S 41, y los piques entre U\$S 3 y U\$S 4. Estos valores anticipan el resultado de la rentabilidad del proyecto.

El factor limitante a la hora de determinar el tamaño de la producción es la materia prima, ya que el total de material reciclable disponible es acotado. De todos modos, se decidió dimensionar e instalar equipos que puedan incorporar una mayor cantidad de materia prima a la producción, previendo un posible aumento de material a procesar.

El emprendimiento se ubicará en el mismo predio de la empresa ATMA, ubicada en la ciudad de La Paz, Canelones, ocupando una superficie construida de 6200 m<sup>2</sup> para el desarrollo de todas las actividades. Además, se cuenta con terreno suficiente en caso de requerir en un futuro posibles ampliaciones.

Se procesarán en total 1.600 ton/año de materia prima, siendo necesario el uso de dos extrusoras.

Los servicios requeridos para el funcionamiento de la planta son:

- Energía eléctrica: el consumo proyectado de energía eléctrica es de 950.000 kWh y la potencia contratada de 350 kW. Para cumplir con este servicio se construirá una subestación. También se contempla el uso de un generador para casos de falla de suministro.
- Agua: requeridos para el proceso de lavado y molienda de materiales, y como fluido de enfriamiento en las extrusoras. El consumo proyectado es de 530 m<sup>3</sup> mensuales.
- Aire comprimido: requerido para el proceso de armado y movimiento de sierras automáticas, y para el funcionamiento del reactor usado en la planta de tratamiento de efluentes.

Dado que parte de la fracción de envases a moler corresponde a envases post consumo de alimentos y envases lubricantes, se genera un efluente con una carga contaminante que no cumple con los valores reglamentados de vertido a colector, por lo cual es necesaria incorporar una planta de tratamiento de efluentes. La misma cuenta con filtros tamices, una cámara separadora de aceite lubricante y un reactor DAF (reactor de flotación por aire disuelto).

Dada las características del proyecto, se analizarán las inversiones con capital propio y capital mixto para el emprendimiento desarrollado en forma independiente. También se realizará un análisis para el caso en el cual el emprendimiento forme parte de la empresa ATMA, es decir, como una extensión de ésta. Para los casos dentro y fuera de ATMA, entre las áreas operativas y administrativas se empleará un total de 25 y 38 personas, respectivamente.

Como proyecto independiente, la inversión necesaria para la ejecución del proyecto asciende aproximadamente a 4,3 millones de dólares. Los costos totales rondan los 2,2 millones de dólares y las ventas los 2,0 millones de dólares. El análisis financiero empleando capital propio, da como resultado una TIR (tasa interna de retorno) de -10,02% y presenta un VAN (valor actual neto) de U\$S -4.090.780 (tasa del costo capital del 10%). La mayor parte de las inversiones están dadas por inversiones amortizables tangibles, más precisamente por construcciones principales y complementarias.

Si el proyecto fuera un emprendimiento impulsado dentro de la empresa ATMA, la inversión necesaria empleando capital propio sería aproximadamente de 3,8 millones de dólares, con un valor de TIR de 5,39 % y un VAN de U\$S -918.559 (tasa del costo capital del 10%). En este caso el período de repago es 10 años. Los costos totales rondan los 1,8 millones de dólares y las ventas los 2,0 millones de dólares.

Cabe aclarar que dentro de ATMA los costos de producción de los productos disminuyen, mientras que el precio de venta de los productos se mantiene constante. En este caso el costo de producción del pallet varía entre los U\$S 51 y U\$S 61, del banco entre U\$S 165 y U\$S 193, las tablas con color entre U\$S 14 y U\$S 17, la tabla sin color entre U\$S 13 y U\$S 16, los postes entre U\$S 26 y U\$S 32, y los piques entre U\$S 2 y U\$S 3.

Evaluando el emprendimiento desde el punto de vista del inversor, el mismo resulta no viable ya que ofrece una rentabilidad negativa. En relación a la seguridad del proyecto, el mismo se califica como riesgoso, de acuerdo al periodo de repago, al punto de equilibrio de los productos a producir y al análisis de sensibilidad. Desde el punto de vista de la institución financiera, como la rentabilidad es mala no sería atractivo para un acreedor financiar el proyecto, a pesar de que el índice de endeudamiento se encuentre dentro de valores recomendados.

Cabe destacar que este proyecto se encuentra alineado con intereses nacionales, ya que valoriza corrientes de residuos que hoy día no son valorizados, destinándose los mismos a ocupar un lugar en rellenos sanitarios. Por tanto, en caso de recibir apoyo económico por parte de organismos públicos la rentabilidad del proyecto podría beneficiarse.