

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

PLANTA DE ELABORACION DE PELLETS MADERA -Simulación y Análisis Proceso Productivo-

González Aqueri, Omar Horacio – LU 123451

Ingeniería Industrial

Laneri, Pablo Luciano – LU 126375

Ingeniería Industrial

Tutor/es:

Caminos, Antonio

Colaborador/es:

IPECO, Ingeniería en Pesaje y Control.

Primera presentación: Noviembre 2012

Versión Final: Junio 2013



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Agradecimientos:

A nuestras familias, parejas y amistades, que brindaron su apoyo comprendiendo el tiempo y esfuerzo insumido en este trabajo.

A Claudio Draghi, quien nos confió su proyecto de realizar una planta pelletizadora de biomasa para la elaboración de pellets de madera en un predio vecino a su fábrica de placas de madera localizada en Ruta Nacional N°12, en la localidad de Montecarlos, Misiones.

A Matías y Alejandro Wietz, de la firma Ipeco Pesaje & Control, por sus constantes esfuerzos para evacuar nuestras dudas técnicas sobre este tipo de fábricas, así como brindarnos información sensible para realizar los costeos del proyecto.

A Roberto Nítoli, de la firma Liberty Seguros, por la asistencia en el cálculo de costos de RRHH.

A nuestro tutor Antonio Andrés Caminos, por su inestimable ayuda para poder realizar el modelo de simulación lo más cercano posible a la realidad.

A todos ellos, muchas gracias.

Resumen

El objetivo de este Proyecto Final de Ingeniería es desarrollar una simulación dinámica del sector productivo de una Planta Pelletizadora de Madera mediante el software de simulación de eventos discretos Simul8.

El modelo realizado se basa en la planta original propuesta por Claudio Draghi, dueño de una fábrica de placas de madera situada en la localidad de Montecarlos, provincia de Misiones. El proyecto original considera la construcción de la planta en el terreno adyacente que en este momento se encuentra en desuso.

El producto a comercializar consiste en un pequeño cilindro de madera molida y prensada, su tamaño es de 6mm de ancho y de 10 a 25 cm de largo. El mismo es utilizado como fuente de energía. Puede usarse alternativamente al carbón con pequeñas modificaciones, tanto en calderas, estufas o cualquier otro sistema que funcione con quemado de carbón. Es empleado tanto en el ámbito industrial como también hogareño; puede ser comercializado desde bolsas de 15 Kg hasta big bags de 1 tonelada, o incluso a granel.

Su rendimiento equivalente es el siguiente: Cada tonelada de pellets equivale energéticamente a 500 litros de gasoil o bien a 455 m³ de gas, siendo su precio sensiblemente inferior.

En nuestro país la materia prima necesaria para producirlo se encuentra en abundancia, por lo que su precio actual es relativamente bajo. La misma se constituye en desechos de la industria maderera, como por ejemplo el aserrín.

El proceso productivo consta de cuatro fases: Triturado, Secado, Pelletizado-Enfriado y Empaquetado. La harina de madera durante el transcurso de dichas etapas sufre una pérdida de masa por evaporación de agua a la par de un alto incremento de su densidad volumétrica debido a la compactación.

El análisis del modelo de simulación nos permitió a su vez proponer mejoras y evaluar su rendimiento teórico. Finalmente se desarrollo un estudio financiero acorde al sector productivo de la planta con escenarios normal, optimista y pesimista.

Abstract

The aim of this dissertation is to develop a dynamic computer simulation of the production sector of a wood pellet plant using Simul8.

This simulation is based on an original project created by Claudio Daghi, owner of a wood panel factory situated in Montecarlos, Misiones. In this project, the plant would be situated in an empty field adjacent to his factory.

The final outcome of the plant is a small milled compact wood cylinder named Pellet. It is 6 mm wide and 10-25 cm long. This material is an alternative source of energy. It can be used instead of coal in boilers, heaters and any other coal-based machine by making small modifications. It can be used in industries as well as homes and it can be sold in 15 kg bags, 1 ton bags or in bulk.

Each ton of pellets equates to 500 litres of Gas Oil or 455 m³ of gas and it is much cheaper. Pellet is made of residual waste from wood factories such as sawdust. This raw material is abundant in Argentina thus the low price.

The production process consists of four parts: milling, drying, pelleting-cooling and packaging. The milled raw material loses mass because of water evaporation during this production process. It also increases its volumetric density because it has been compacted.

By analyzing this model we were able to set improvements and evaluate its theoretical performance. Finally, we present a financial study report taking into account possible regular, optimistic and pessimistic settings.

Índice

1. Introducción:
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Alcance
 - 1.3. Estado del arte
 - 1.4. Estructura del Informe
2. Análisis de campo
 - 2.1. Análisis de Producto
 - 2.2. Análisis de Planta
 - 2.3. Análisis de Proveedores
 - 2.4. FODA
3. Metodología y criterios de trabajo
4. Análisis de Detalle
 - 4.1. Planta de triturado
 - 4.2. Planta de secado
 - 4.3. Planta de pelletizado
 - 4.4. Planta de empaquetado
5. Introducción a la simulación
6. Modelo de simulación de planta de procesamiento de biomasa
 - 6.1. Supuestos principales del modelo
 - 6.2. Configuración del reloj y preferencias
 - 6.3. Ítem de trabajo
 - 6.4. Variables del sistema
 - 6.5. Distribuciones
 - 6.6. Objetos del sistema
 - 6.7. Flujo del proceso
 - 6.8. Configuración de variables financieras

7. Análisis de resultados
8. Presentación de escenarios de mejora
 - 8.1. Inclusión de 2da prensa granuladora
 - 8.2. Inclusión de rosca de retorno de finos
 - 8.3. Ambas optimizaciones
9. Análisis de variables logísticas
 - 9.1. Paradas de máquina
 - 9.2. Variación en la calidad de la materia prima - Exceso de humedad
 - 9.3. Limitaciones de abastecimiento de materia prima
 - 9.4. Análisis simultaneo de todas las variables logísticas
10. Análisis financiero
 - 10.1. Costos de materia prima, insumos y servicios
 - 10.2. Costo unitario de equipos
 - 10.3. Costos de mano de obra directa
 - 10.4. Rentabilidad marginal para escenario normal, optimista y pesimista
 - 10.5. Flujos de caja, VAN, TIR y Payback correspondientes a las inversiones de la planta original y optimizada.
11. Conclusiones
 - Bibliografía
 - ANEXO: Planos de Diagrama de Proceso Productivo / Flujos de caja de planta original y optimizada / Detalles de préstamos sistema francés.

1. Introducción:

1.1. Objetivos:

- Realizar un análisis de las variables logísticas que tienen impacto en una planta de elaboración de pellets de madera a partir del procesamiento de biomasa, a nivel operativo y económico/financiero.
- El análisis del cual es objeto este informe se basa en un proyecto real cuya rentabilidad potencial está siendo actualmente evaluada por un conjunto de inversores que poseen un predio en la provincia de Misiones y ya tienen relación con la industria maderera.
- A partir del análisis mencionado en el punto anterior, desarrollar un modelo de simulación que permita evaluar el rendimiento de la planta en términos económicos y de producción, incluyendo factores internos y externos a la misma.
- Considerando que la planta todavía no ha sido diseñada en su totalidad, tomaremos en consideración las prestaciones esperadas por el grupo inversor para completar las secciones que sean necesarias para poder desarrollar el modelo de simulación.
- En base a las evaluaciones y resultados del modelo de simulación, analizar potencial de crecimiento y penetración en el mercado. Evaluar factibilidad económica de este tipo de proyectos y buscar variantes de optimización del proceso de producción

1.2. Alcance:

- **Análisis previo al desarrollo del modelo de simulación:**
 - **Proveedores:** Fuentes potenciales de materia prima, características necesarias de la misma.
 - **Mercado:** Características de demanda nacional e internacional, perfiles de consumidores. Precios estimados de venta.
 - **Técnico:** Infraestructura edilicia, tipo de tecnologías y maquinarias involucradas en este sector de la industria. Capacidad productiva.
 - **Económico / financiero:** Evaluación de costos operativos fijos y variables. Elección de indicadores económicos que se incluirán en el modelo de simulación. Evaluación de escenarios optimistas y pesimistas para planta original y mejoras propuestas.

- **Desarrollo del modelo de simulación:** Se pretende desarrollar un modelo de simulación dinámica que evaluará los siguientes aspectos:
 - **Módulo de simulación de proceso de producción:** Evaluará la variabilidad de la capacidad productiva en tn/hora, a partir de una planta modelo de 2 tn/hora promedio, con posibilidad de duplicar dicha cantidad. Este módulo incluirá la posibilidad de modificar los valores de variables endógenas a la empresa, correspondientes a las siguientes unidades productivas: planta de molienda en húmedo, planta de secado de materia prima, planta de pelletizado y enfriado, planta de envasado.
 - La inclusión de variables financieras en relación a los costos de producción y retornos por unidades producidas permitirán realizar el análisis del estado

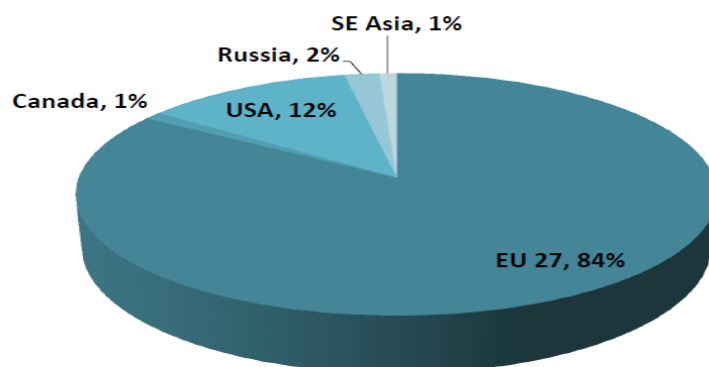
actual del proyecto de planta y evaluar diversos escenarios y oportunidades de mejora.

1.3. Estado del arte:

Actualmente en Argentina la actividad de producción de pellets de madera tiene tres principales exponentes: Lipsia S.A., Enrique Zeni&Cia. y Gpenergy. La tendencia de demanda a nivel nacional e internacional se encuentra en alza, dado que día a día las empresas encuentran la potencialidad de la utilización de este producto como fuente de energía alternativa ante la disminución de recursos no renovables. Esto se ve reforzado por un marco normativo que propensa el cuidado del medioambiente, como es el caso de las metas fijadas por el protocolo de Kioto para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI). En la Argentina la reducción del uso de combustibles fósiles es un tema de preocupación, e incluso la tala de árboles para el uso de leña para alimentar calderas se ve limitada por la Ley de Bosques 26.331.

El estudio “Pellets de madera para usos energéticos” realizado por Carlos Maslatón, Alfredo González y Ángel Miño para el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) indica que el aserrado y fabricación de molduras en pino tiene solo un 30 % de rendimiento respecto del rollizo con corteza. La madera troceada, viruta y aserrín residuales de este proceso (que habitualmente, a diferencia de los países más competitivos, en nuestro país se desecha) puede utilizarse como materia prima para la producción de pellets de madera.

Los principales consumidores de pellets de madera a nivel mundial son:



Total: 14.4 mn tonnes

Europe: 12.0 mn tonnes

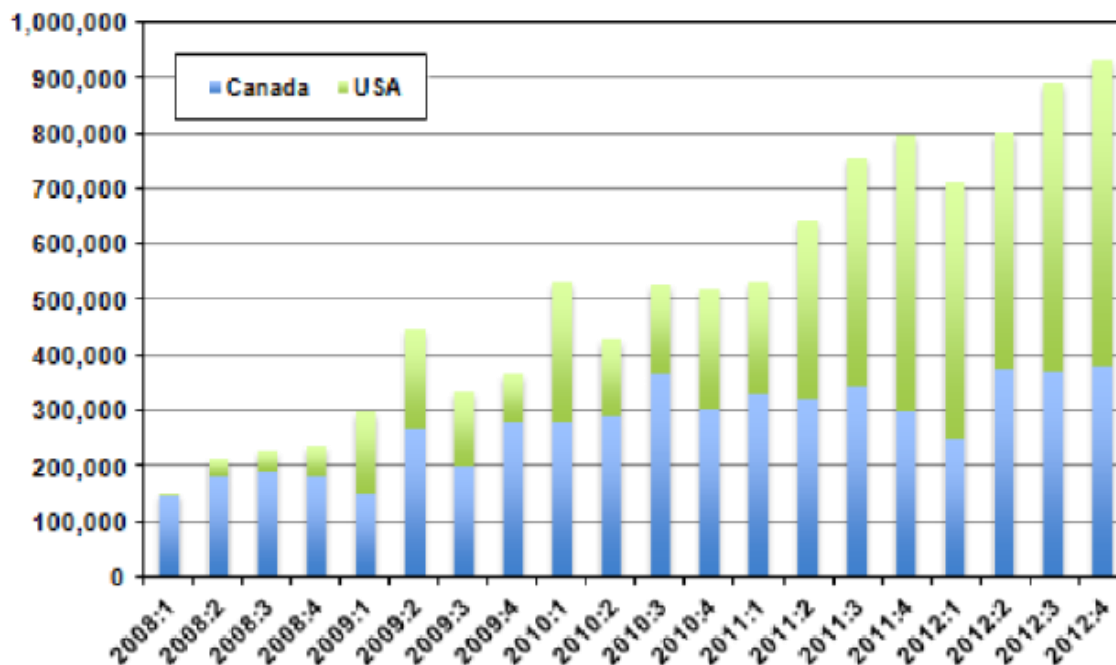
Source: Argus & Lammers et. al.

Wood Pellet Association of Canada

El diagrama de torta anterior representa el consumo correspondiente al año 2011, según informe presentado en el 12th Pellets IndustryForum, celebrado en octubre de 2012 en Berlín, Alemania.

En el siguiente diagrama vemos la tendencia en exportaciones de pellets de madera en Canada y USA desde enero del 2008 a abril del 2012.

North American Wood Pellet Exports (Quarterly, 2008-2012)
Tonnes



© 2013 RISI, Inc. All Rights Reserved.

Source: Seth Walker, RISI

Como se puede apreciar en el diagrama anterior, la tendencia de exportación se mantuvo en alza durante los últimos cuatro años sobre todo en USA. Canadá casi no presenta aumentos en su capacidad productiva desde 2010, mientras que en USA la industria de pellets sigue en expansión.

Según la nota “Argentina: Tendencias en la industria de pellets de madera”, publicada en el portal www.forestalweb.com el viernes 04 de marzo del año 2012, la capacidad de producción de pellets teórica en base a la capacidad total instalada en nuestro país es de 50.000 toneladas anuales, una cifra muy distante a la actual.

Dos kg de pellets tienen aproximadamente la misma capacidad energética que un m³ de gas natural o un litro de gasoil, más de 9000 Kcal.

En comparación con la leña (3000 Kcal), rinde un 50% más como mínimo.

Los precios comparativos en Ontario, Canadá son los siguientes:

Combustible	Capacidad calórica	Costo unitario	Eficiencia	\$/GJ
Fuel Oil	0.037 GJ/lit	\$1.22/lit	80 %	\$41.22
Electricidad	3.6 GJ/MWh	\$123/MWh	100 %	\$34.17
Pellets	17.5 GJ/ton	\$270/ton	80 %	\$19.29
Gas Natural	0.037 GJ/m ³	\$0.3/m ³	80 %	\$10.14

Nota: 1GJoule = 0.24 GCal = 240 Kcal

Los pellets son significativamente más económicos que los combustibles fósiles. En la Argentina una política de ventas agresiva podría incluso disminuir los precios de venta a valores más cercanos a los del gas natural de firme distribución.

Es un producto donde impactaría muy fuertemente en sitios donde no hay instalación de gas natural ganándole el mercado a las garrafas de gas. Asimismo cabe destacar que nuestro país es actualmente importador de gas, ya que no alcanza con la producción propia para satisfacer la demanda interna por lo tanto el ingreso del pellet fortalece la matriz energética argentina.

Como se pudo observar hay aumento sostenido de producción y demanda a nivel mundial y a su vez en argentina contamos con materia prima de sobra para poder cubrir dicha demanda insatisfecha.

Asimismo no hay trabajos realizados sobre modelos de simulación de este tipo de planta y consideramos que es una herramienta muy importante y ventajosa para evaluar el proyecto de localización de la planta en nuestro país.

En este informe nos ocuparemos del sector productivo de la planta de procesamiento de biomasa para pellets de madera.

1.4. Estructura del Informe:

Este informe posee los siguientes capítulos:

- **Análisis de campo:** Análisis preliminar del producto a producir, sus principales características, especificaciones del proceso productivo y la planta a modelar, los proveedores requeridos, mercados target. Análisis FODA.
- **Metodología y criterios de trabajo:** Breve descripción de la forma de organizar el trabajo para la realización del proyecto.
- **Análisis de Detalle:** Análisis en profundidad de todos los aspectos que abarcan a la realización de la planta y descripción detallada de cada etapa del proceso productivo. El contenido de este capítulo constituye la principal fuente de datos de entrada para el modelo de simulación.
- **Introducción a la simulación:** Descripción de las características principales de un modelo de simulación, incluyendo sus principales componentes, sus ventajas y desventajas. Introducción al software Simul8.
- **Modelo de simulación de planta de procesamiento de biomasa:** Análisis de todos los componentes de la modelización definitiva del proyecto original, incluyendo una descripción de los criterios utilizados durante la misma.

- **Análisis de resultados:** Análisis de los resultados de un conjunto de corridas de simulación (trials). Abarca no solo el punto de vista financiero sino también desde la optimización de procesos, brindando oportunidades de mejora.
- **Presentación de escenarios de mejora:** A partir del análisis del capítulo anterior se presentarán una serie de oportunidades de mejora, que serán incluidas en una nueva versión del modelo de simulación. Se incluye finalmente un estudio del impacto que tienen estas implementaciones a partir de los nuevos resultados obtenidos.
- **Análisis financiero:** Estudio integral de todas las variables en conjunto que permitirán a los destinatarios de este proyecto utilizar el modelo de simulación propuesto como herramienta de toma de decisión para implementar o no las mejoras propuestas.

2. Análisis de campo

2.1. Análisis de producto

Los pellets de madera son pequeñas pastillas de madera molida y prensada.

Su forma es cilíndrica de 6mm de ancho y de 10 a 25 cm de largo aproximadamente.

La madera que se utiliza para fabricarlos es la que procede de desechos de aserraderos y la industria maderera, como aserrín y viruta. Los mismos son molidos y luego prensados por un proceso mecánico. La propia lignina de la madera actúa como aglomerante sin necesidad de usar ningún pegamento u otra sustancia más que la misma madera.

Para obtener un producto de calidad hay que controlar varios factores como humedad, dimensiones, materia prima utilizada y otros.

Su humedad final es menor al 12%, preferentemente menor a 8 ~ 10 % para generar un producto de calidad Premium.



Figura 1: Pellets de madera típicos.

Los pellets son utilizados como combustible económico, de gran poder calórico y respetuoso con el medioambiente.

Son reconocidos como combustible de emisiones de CO₂ neutro. Significa que las emisiones de CO₂ derivadas de la combustión son neutras. Es decir, que el CO₂ emitido es

igual al CO₂ que absorben las plantas durante su ciclo de vida. Por eso se lo incluye dentro de las fuentes de energías renovables.



Figura 2: Pellets en mayor escala

El aserrín es un residuo de la industria forestal que a través de un proceso de secado y compactación puede ser transformado en pellets. Estos últimos producen energía térmica un 50% más barata que la de los combustibles fósiles, abriendo una nueva perspectiva para desarrollar una cadena de valor que abarcaría calderas, hornos panaderos y cocinas económicas que funcionen en base a este producto.

Dicho de otro modo, cada tonelada de pellets equivale energéticamente a 500 litros de gasoil o bien a 455 m³ de gas.

2.2. Análisis de Planta

El grupo inversor analiza la posibilidad de que la planta a instalar se encuentre diseñada para producir anualmente aproximadamente 13.000tn de pellets, con la posibilidad de aumentar a futuro la capacidad productiva.

La planta va a estar localizada en la localidad de Montecarlo, provincia de Misiones; en el centro del cluster forestal de Argentina, en un campo sobre la Ruta Nacional N°12.

La localización de la planta se decidió en base a que uno de los integrantes del presente proyecto de inversión es titular del terreno, el cual posee en una fracción del mismo una fábrica de chapas de madera. Asimismo, se debe mencionar que la zona es propicia para este tipo de actividades, dado el clima favorable y el fácil acceso a la materia prima.

La madera triturada va a ser conseguida en aserraderos de la zona, en base a arreglos y contratos con la industria maderera local. Se debe tener en consideración que al estar los inversores involucrados en la industria maderera, ya poseen contactos con diversos proveedores del lugar.

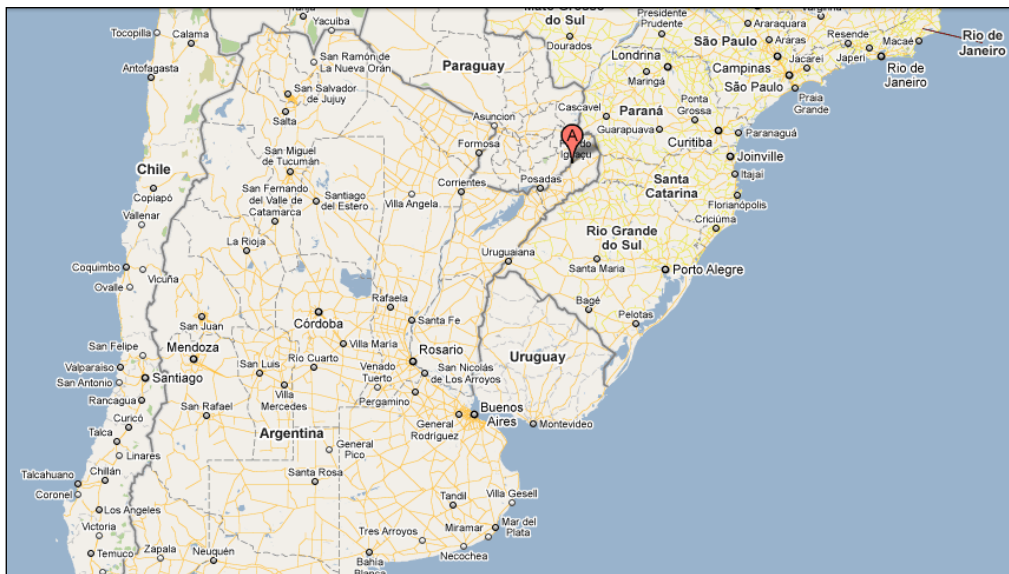


Figura 3: Ubicación de Montecarlo en el mapa de Argentina



Figura 4: Mapa de Misiones y sus localidades. Se puede ver en el centro la localidad de Montecarlo

Características generales esperadas de la planta:

- Dimensión: Se destinarán 1.2 hectáreas.
- Capacidad de producción de pellet esperada: Aproximadamente 2 tn / hora.
- Jornada laboral: 20 hs / día, 2 turnos.

-
- Cantidad de horas de producción: 5500 hs al año, considerando aproximadamente 275 días hábiles.
 - Sectores de la planta:
 - 1) Planta de Molienda en húmedo.
 - 2) Planta de Secado de Materia Prima.
 - 3) Planta de Pelletizado y Enfriado.
 - 4) Planta de envasado.

2.3. Análisis de Proveedores

Nuestra materia prima estará compuesta por desechos de la industria forestal, mayoritariamente chip pulpa, aserrín y raleo.

En total se necesitarán 77.000m³ de dicha materia prima aproximadamente.

La zona de ubicación de la planta es una de las más importantes del país en la industria maderera y queda asegurada la provisión de la materia prima sin necesidad de buscar en otras zonas.

La maquinaria es provista por IPECO de Argentina (Representante oficial de A.Kahl GMBH de Alemania), una parte es importada de Europa y otra es de fabricación local.

2.4. FODA

Fortalezas:

- Combustible amigable con el medio ambiente.
- Fuente de energía renovable.
- Se usa un residuo industrial como materia prima
- Alto poder calórico.
- 2 kg de pellets = 1 ltr gasoil = 1m³ de gas natural
- Muy poca competencia en el mercado nacional. Hay solo tres principales productoras.
- Compatible con la matriz energética del carbón, realizando pequeñas modificaciones.
- Es más eficiente que la leña y los chips ya que contiene menos del 10% de humedad. La leña tiene entre 30 y 60% de humedad.
- Su fabricación disminuye los residuos de la industria maderera destinados a disposición final.
- La tecnología escogida para el pelletizado es la mejor del mundo (Kalh, Alemania) y el resto de la planta es de proveedores nacionales con reconocida trayectoria, asegurando un producto final de calidad superior que permite exportarlo a la comunidad europea, por cumplir con normas internacionales.
- Acceso a un predio que es propiedad de uno de los potenciales inversores, el cual tiene una ubicación privilegiada para el tipo de actividad a desarrollar.
- Familiaridad de algunos de los integrantes del proyecto con la industria maderera, lo que asegura una vía de comunicación con los proveedores, futuros distribuidores, potenciales usuarios.

Debilidades:

- Muchas de las máquinas del proyecto son importadas de Alemania. Esto significa asumir los riesgos típicos de algo que no se produce en el país y estar a merced de los vaivenes de los cambios políticos y económicos respecto al comercio exterior. Como por ejemplo para repuestos, capacitación, etc.
- Es un proyecto de una gran inversión inicial.
- Se necesita personal capacitado para mantenimiento y manejo de las máquinas.
- Poca experiencia nacional en el tema. El INTI hace poco que empezó a desarrollar el tema con una planta piloto en el Chaco. Esto significa mayor inversión inicial en desarrollo de profesionales, maquinas, infraestructura, etc.

Oportunidades:

- Recurso ilimitado, ya que la industria maderera es muy fuerte en Argentina y en especial en misiones.
- Colabora con la disminución de impacto ambiental, según el Protocolo de Kioto.
- Actualmente el gobierno dispuso de leyes favorables para su desarrollo. Como subsidios de promoción industrial para este tipo de emprendimientos.
- El INTI está desarrollando e investigando la tecnología e industria del pellet de madera para desarrollarlo en el país de forma más intensiva.
- Es una energía bien vista por la sociedad en general por ser amigable con el medio ambiente.
- Hay actualmente una predisposición de distintos sectores para utilizar nuevas y mejores fuentes de energía.
- Gran demanda energética a nivel mundial. Por lo tanto los pellets de madera sumarían su aporte al tramado energético mundial. Según estudios, la demanda de este tipo de energías va in crescendo hasta el año 2020.
- El grupo gestor del proyecto cuenta con la presencia de un reconocido actor del sector maderero misionero con más de cuarenta años de actividad comercial en la zona.

-
- Los costos totales del proyecto son bajos en comparación a proyectos similares en países con otra estructura de costos. Mano de obra e insumos principales cuestan la mitad que en las plantas europeas o norteamericanas.

Amenazas:

- Leyes desfavorables a la industria del pellets.
- Retenciones excesivas a las exportaciones
- Sequías, incendios, inundaciones, desastres naturales y/o climáticos.
- Deforestaciones
- Descubrimiento de nuevos materiales más competitivos.
- Inestabilidad política y económica nacional e internacional
- En algunos casos puede llegar a ser más caro que el gas natural que consumen las empresas con contratos de firme distribución

3. Metodología y criterios de trabajo

Primeramente se diseñó el modelo base de PFI a desarrollar. El mismo consta de los ítems que consideramos imprescindibles y necesarios para el buen entendimiento y seguimiento de la propuesta. En base a ello se propusieron los puntos clave a tener en cuenta que fueron descritos en la sección *Estructura del Informe*.

Realizamos un cronograma tentativo de actividades luego de efectuar la división de tareas, para ir avanzando en forma conjunta con distintos puntos y a su vez compartiendo la información y documentos como para aunar criterios de análisis e interpretación.

Se establecieron los siguientes criterios de comunicación: Creación de proyecto *PFI de Planta de Procesamiento de Biomasa* en **do.com**, el sitio web que nos permitió administrar la asignación de tareas, seguir el grado de avance de las mismas y compartir archivos e

información de relevancia. Se utilizaron el mail y el teléfono como vías alternativas de comunicación. Finalmente, se coordinaron reunión en persona cada tres semanas.

Para la obtención de datos mantuvimos un contacto fluido con los dueños del proyecto y con los proveedores de las maquinarias, a través de comunicaciones telefónicas y constantes intercambios de correo electrónico. A su vez también tuvimos que investigar por nuestra cuenta distintos aspectos propios del proyecto y el negocio.

Una vez que obtuvimos los datos de entrada necesarios, empezamos el desarrollo del modelo de simulación con el Software Simul 8. En el mismo desarrollamos en detalle todo el sector productivo de la planta, desde que entra la materia prima hasta la salida del producto final.

Una vez terminado el programa, nos aseguramos que emite datos que coinciden con los estipulados, realizando todas las etapas de verificación y validación para asegurarnos de la confiabilidad de los resultados.

Finalmente procedimos a realizar mejoras y propuestas para distintos escenarios y analizarlos en sus distintos aspectos. El programa y diversos aspectos de la tesis en general fueron mejorados con cada encuentro con nuestro tutor, el Prof. Antonio Caminos, que cuenta con una vasta experiencia en modelización de procesos productivos.

4. Análisis de Detalle

Lista de las distintas etapas del proceso productivo en orden sucesivo:

- Recepción de materia prima. (Industria Argentina)
- Preparación de la fibra. (Ind. Arg.)
- Secado. (Ind. Arg.)
- Triturado u homogeneizado. (Ind. Arg.)
- Pelletizado. (Industria Alemana)
- Separación de finos. (Ind. Arg.)
- Enfriamiento. (Ind. Arg.)
- Embolsado o almacenado. (Ind. Arg.)

4.1.Planta de triturado:

Recepción de la materia prima.

La materia prima de nuestra empresa llega a la planta por medio de camiones de carga. Los mismos luego son pesados y controlada la humedad de la materia prima. Si la misma está dentro de los parámetros estipulados ($H < 50\%$), se procede a la descarga del camión mediante una plataforma hidráulica.

La carga es almacenada en silos y/o canchas de acopio específicas para esta etapa de recepción de materia prima.

A-1: 1 x Almacén plano: Para almacenar el producto de entrada.

Consta de:

- Solera de hormigón
- Paredes laterales necesarias
- Fundaciones y cubiertas de pozo para el fondo hidráulico de descarga

R-1: 1 x Rosca de descarga, tipo SF 500

Para la descarga de las astillas del fondo hidráulico

- Diámetro de rosca: 500 mm
- Largo total: aprox. 7.000 mm

Consta de:

- Canalón con cubierta y salida final libre
 - Placas finales con rodamientos
 - Eje tubular con filete de paso lleno soldado
 - Compuerta de rebose con interruptor de proximidad
 - Accionamiento con motor-reductor, potencia: 5,5 Kw
 - Convertidor de frecuencia
- **Suministro local** -

Preparación de la Fibra

La preparación de la fibra consta en un proceso de control y molienda de la materia prima. El control se basa en limpiar la materia prima de todo material ajeno a ella como por ejemplo metales, piedras, vidrio, contaminantes y suciedad en general. La mal limpieza de la materia prima puede producir daño en los rodillos de presión y también aumentar las cenizas en la combustión por estar el producto contaminado.

La molienda de la materia prima ya limpia y libre de productos extraños es para dejarla de un tamaño menor, más manejable, y con las condiciones necesarias para las siguientes etapas del proceso.

Triturado u Homogeneizado

En esta etapa lo que se hace es la disminución del tamaño de la materia prima como también de la misma manera su homogeneización de acuerdo a los standards necesarios y propuestos en el proyecto. Quedando así una granulometría de 1mm aproximadamente. La máquina-

herramienta utilizada en este proceso se llama “Martillo Triturador” o “HammerMill” que funciona por medio de un motor eléctrico. El Martillo Triturador, a su vez, se calienta en forma progresiva para ir quitando la humedad remanente en la materia prima.

M-1: 1 x Molino granulador, tipo matriz plana 45-1250

- Para la desfibración de los chips tipo G-30 de madera
- Condición de empleo: temperatura ambiente 5 a + 40 °C
- Capacidad de procesamiento de hasta 6.5 tn / h



Consta de:

- Caja dividida de fundición, zona de engranaje provista con aletas de refrigeración
- Caperuza guardapolvo y de entrada con distribuidor de producto
- Eje principal con rodamiento axial y radial
- Cabezal con rodillos de acero templado por flameado
- Anillos distanciadores
- Dispositivo de descarga
- Engranaje helicoidal girando en un baño de aceite, rueda helicoidal de bronce

Especial, eje sinfín templado

- Polea de ventilación
- Bomba de aceite para lubricar los rodamientos principales, con filtro de aceite,
 - Presostato y termómetro.

Caja de herramientas con herramientas especiales

M-1.1: 1 x Accionamiento para el molino granulador

Consta de:

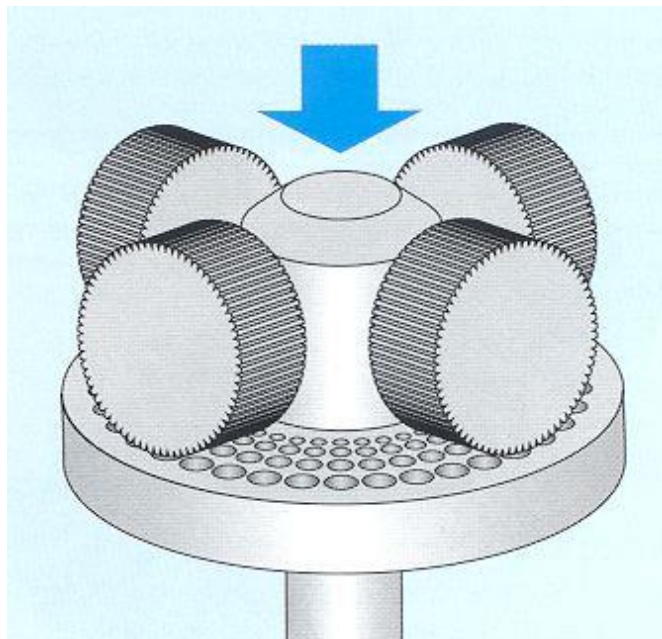
- Motor de corriente trifásica, montado sobre patas, potencia: 250 Kw
- Rieles tensores
- Polea de correas trapeciales
- Correas trapeciales

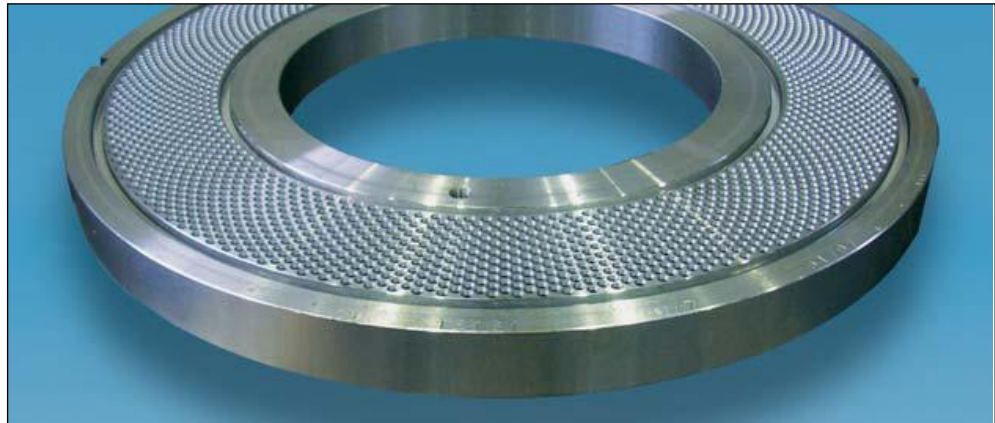
- Cubre correas en construcción de acero, paredes laterales con chapas-guías
- Respiraderos especiales, absolutamente necesarios para ventilar el molino granulador

M-1.2: 1 x Matriz plana

Material: AKN 2-7/71

Perforación: 7 mm





M-1.3: 1 x Polipasto de cadenas eléctrico con carro de aspa

Para cambiar los elementos de granulación capacidad portante: 3.000 kg consta de:

- Motor elevador con engranaje en caja de aluminio
- Cadena de cargas altamente resistente con gancho de carga giratorio



- Suministro local por cliente -

M-1.4: 1 x Plataforma de servicio

Para el mantenimiento del molino granulador con dispositivo de suspensión para el polipasto de cadena y viga para desplazar el canal de entrada al molino granulador.

- Suministro local -

M-1.5: 1 x Sistema hidráulico para el molino granulador

Para variar la distancia entre los rodillos y la matriz de manera continua, así como para distender el cabezal de rodillos rápida y fácilmente condición de empleo:

- Sistema hidráulico + 12 a + 40 °C consta de:
 - Tuerca hidráulica con superficies estancas anticorrosivas, collarines de obturación, articulación giratoria y anillos distanciadores
 - Bomba hidráulica a motor con caja eléctrica de mandos para activar la bomba hidráulica y las válvulas hidráulicas, conexión: 3 x 400 V
voltaje de motor 1 x 230 V + N voltaje de mando

D-1: 1 x Depósito posterior al molino

En ejecución de baja presión, para el producto molido.

Capacidad: 4 m³

Consta de:

- Parte superior con brida de conexión al molino, abertura de inspección y patas.
- Parte inferior con brida de conexión.

R-2: 1 x Rosca de descarga, tipo SF 400

Para la descarga del depósito del molino.

- Diámetro de rosca: 400 mm
- Largo total: aprox. 5.000 mm



Consta de:

- Canalón con cubierta y salida final libre
- Placas finales con rodamientos
- Eje tubular con filete de paso lleno soldado
- Compuerta de rebose con interruptor de proximidad
- Accionamiento con motor-reductor, potencia: 4 Kw
- Convertidor de frecuencia

4.2.Planta de secado:

Secado.

El sistema de secado es muy importante para entregar un producto de buena calidad. En nuestro caso la materia prima llega con una humedad de hasta el 50% y la queremos llevar a estar entre un 12 y 14%.

T-1: 1 x Transportador rascador, tipo KFST 600

Para el transporte de la madera desfibrada a la planta secadora largo total:
aprox.15.000 mm

Consta de:

- Canalón de transporte con estación de accionamiento y de tensión
- Codo de 40°
- Cadena transportadora adaptada al producto
- Motor reductor de accionamiento, potencia: 4,0 Kw



-Suministro local -

S-1: 1 x Secador de cinta, tipo BT 4010 - 04

Para secar la madera desfibrada, diseñado como secador horizontal en construcción modular.

- Largo total: aprox. 16.800 mm
- Ancho total: aprox. 4.600 mm
- Superficie del secador: aprox. 53 m²



Consta de:

- Sección de entrada con caja de entrada y estación tensora para la cinta secadora
- Rosca distribuidora de producto
- Secciones de caja con aberturas de inspección
- Sección de salida con estación de accionamiento
- Cinta de tejido sintético
- Monitoreo / control del funcionamiento de la cinta

-
- Sistema de limpieza para la cinta (cepillo)
 - Dispositivo para volver el producto
 - Tubería interna para extinción de incendios
 - Caperuza para el aire de entrada con tubuladura de conexión para los precalentadores de aire fondo de succión con tubuladura para el aire de salida
 - Soportes
 - Accionamiento de la cinta secadora: moto reductor aprox. 1,1 Kw con convertidor de frecuencia el suministro se efectúa en estado desensamblado (entrada y salida, secciones intermedias, accionamiento)

S-1.1: 2 x Sistema para medir la humedad en línea

Para la medición en línea de la humedad de virutas al ingreso y egreso del secador de madera, para regulación automática del proceso de secado, consta de:

- Dispositivo electromecánico para la compactación del producto encima de la sonda de medición
- Sonda de medición capacitiva de alta frecuencia con superficie de medida de cerámica
- Unidad de evaluación con display digital, función de calibrar para la sonda, función de valor medio y máximo, función de alarma

- Suministro local -

S-1.2: 1 x Generador de aire caliente, tipo WE - calentamiento directo -

Para calentar el aire del secador.

Demanda de energía térmica: 2965 Kw

Medio de calentamiento: Gas

Consta de:

- Unidad de quemador de superficie, incorporada en el conducto de aire
- Quemador, completo con entrada de gas, chapas extremas, bujía de encendido y transformador de encendido
- Tramos de regulación de gas y de seguridad pre-montados
- Sonda térmica para el aire de entrada en el secador
- Camisa para los grupos de construcción arriba mencionados con mirilla así como aberturas de mantenimiento y bridas de conexión
- Armario de mando a la máquina, completo con todos los enclavamientos, teclas y lámparas indicadoras

S-1.3: 1 x Material aislante

Para el aislamiento térmico del equipo siguiente:

- Secador de cinta

- Suministro local -

V-1 / 2: 2 x Ventilador radial, tipo RV R 013 x 930

Para transportar el aire de salida del secador

Capacidad: 56.000 m³/h

Consta de:

- Caja con bastidor base

-
- Tampones de caucho-metal
 - Rodete del ventilador con eje, equilibrados en conjunto motor de accionamiento, potencia: 30 Kw

V-1.1 / 2.1: 2 x Juego de accesorios para el ventilador, tipo RV R 013 x 930

Consta de:

- Compensadores
- Compuerta de cierre de aire con listón de obturación para el cierre rápido del aire de entrada en el case de emergencia

V-1.2 / 2.2: 2 x Convertidor de frecuencia

- 3 x 400 V / 50/60 Hz
- 30 Kw

V-1.3 / 2.3: 1 x Canal del aire de salida

Dimensiones: aprox. 2.550 x 2.500 x 3 mm

Consta de:

- Canales de aire
- Elementos de conexión
- Piezas de transición
- Cuadro de apoyo

R-3: 1 x Rosca de descarga, tipo SF 400

Para la descarga de la secadora de cinta textil.

- Diámetro de rosca: 400 mm
- Largo total: aprox. 5.000 mm



Consta de:

- Canalón con cubierta y salida final libre
- Placas finales con rodamientos
- Eje tubular con filete de paso lleno soldado
- Compuerta de rebose con interruptor de proximidad
- Accionamiento con motor-reductor, potencia: 4 Kw
- Convertidor de frecuencia

4.3.Planta de pelletizado:

Pelletizado

Luego de que la materia prima acondicionada esta en los rangos aceptables de humedad (12-14%) se procede a la etapa de pelletizado.

Antes del ingreso a la maquina pelletizadora se realiza una clasificación de las partículas según el tamaño por medio de la utilización de un filtro. Las que no son aptas son devueltas a la etapa de triturado y las que son aceptadas son depositadas en una mesa dosificadora.

Por medio de la mesa dosificadora se regula el ingreso continuo y uniforme de material al pelletizador.

Una vez en el pelletizador, el aserrín es acondicionado por vapor. El vapor contribuye a su humectación superficial, actuando como lubricante en el proceso de pelletizado. También favorece a que la lignina, el aglutinante natural de la madera, actúe con mayor facilidad sobre las fibras.

Luego el aserrín es sometido a una presión mecánica constante por medio de rodillos que se encuentran dentro de una matriz con perforaciones en la superficie. Por dichas perforaciones sale el material empujado ya aglutinado. Las perforaciones son de 6 – 12mm. Luego de salir el material es cortado por cuchillos ajustables, dejando a los pellets su largo deseado.

R-4: 1 x Rosca de alimentación al acondicionador.

Rosca tubular inclinada, construida en acero al carbono, provista de tolva de entrada de producto y conducto de descarga bridado para conexión al acondicionador Ítem 2. Provista de puntas de eje montadas sobre rodamientos y accionamiento por medio de moto reducto a engranajes con motor de 3Kw

Capacidad: 6 tn / hora = metros / min

Diámetro: 400 mm.

Long: 9.5 metros

- Suministro local -

D-2: 1 x Depósito con agitador, tipo RWB 2205-1

Sirviendo de depósito-pulmón acondicionador y para almacenar del producto

Diámetro: 2.200 mm

Altura total: 1.250 mm aprox.

Contenido: 5 m³ aprox.

Consta de:

- Depósito, fabricado de acero ordinario, con refuerzos de acero perfilado y cubierta de chapa con bulbo
- Conexiones necesarias y agujero de hombre
- Agitador con eje central y paleta agitadora
- Accionamiento del agitador con motor-reductor, potencia: 9,2 Kw

- Suministro local -

D-2.1: 3 x Interruptor final de nivel

Consta de:

- Sonda capacitiva de barra para instalar en la pared del depósito
- Electrónica de medición en el cabezal de la sonda con compensación automática de depósitos y sensibilidad ajustable

-
- Conmutación entre función MIN/MAX

- Suministro local -

RDM-1: 1 x Rosca dosificadora y mezcladora, tipo DM 200

Para dosificar y acondicionar virutas de madera consta de:

- Caja del tubo mezclador
- Eje sinfin con paletas mezcladoras especiales
- Filete de entrada especial re-cambiable
- Unión giratoria sobre bolas para girar la rosca fuera de la prensa
- Motor-reductor con convertidor de frecuencia 3 x 400 V / 50/60 Hz -

Potencia: 3,0 Kw

- Transmisor de velocidad

RDM-1.1: 1 x Sistema dosificador para agua, tipo WD GLI 15

Capacidad: 25 - 250 l/h

Con una presión inicial de 3 - 10 bar

Consta de:

- Colector de suciedades
- Válvula magnética de cierre
- Manorreductor de latón rojo con manómetro
- Tubo metálico flexible
- Caudalímetro inductivo
- Válvula de ajuste con accionamiento regulador neumático y regulador de posición electroneumático, entrada: (0)4 - 20 mA

PG-1: 1 x Prensa granuladora, tipo matriz plana 37-850

Para fabricar pellets

Condición de empleo: temperatura ambiente

- prensa 0 a + 40 °C

Consta de:

- Caja dividida de fundición, zona de engranaje provista con aletas de refrigeración
- Caperuza guardapolvo y de entrada con distribuidor de producto
- Eje principal con rodamiento axial y radial
- Cabezal con rodillos de acero templado por flameado
- Anillos distanciadores
- Dispositivo de descarga
- Engranaje helicoidal girando en un baño de aceite, rueda helicoidal de bronce especial, eje sinfín templado
- Polea de ventilación
- Bomba de aceite para lubricación los rodamientos principales, con filtro de aceite, presostato y termómetro
- Caja de herramientas con herramientas especiales

- prensa sin carga de aceite, sin matriz -



Ejemplo de prensa granuladora para producción a baja escala

PG-1.1: 1 x Accionamiento para la prensa

Consta de:

- Motor de corriente trifásica, montado sobre patas, potencia: 160 Kw
- Rieles tensores
- Polea de correas trapeciales
- Correas trapeciales
- Cubre correas en construcción de acero, paredes laterales con chapas-guías respiraderos especiales, absolutamente necesarias para ventilar la prensa

PG-1.2: 1 x Sistema de lubricación central

Para lubricar los rodamientos de los rodillos durante el servicio de la prensa

Consta de:

- Distribuidor de lubricante, con tubería y acoplamiento
- Tubo flexible con engrasador central
- Sistema de bomba de engrase con depósito, motobomba, válvulas de seguridad
- Aparato de vigilancia y de mando

PG-1.3: 1 x Caja de descarga para prensa

En ejecución de acero inoxidable equipada con:

- Compuerta de desvío
- Abertura de inspección
- Tubuladura de control
- Conexión de aspiración
- Indicador de acumulación

- Suministro local -

PG-1.4: 1 x Enfriador de aceite para la prensa granuladora

Diseñado como termo cambiador de aire para el aceite

Consta de:

-
- Termo cambiador de aire para el aceite
 - Bomba de aceite
 - Racores para manguera
 - Regulador de la temperatura

PG-1.5: 1 x Matriz plana

Material de construcción AKN13

Perforación de tarugo 6 mm

PG-1.6: 1 x Polipasto de cadenas eléctrico con carro de aspa

Para cambiar los elementos de pelletización

Capacidad portante: 2.000 kg

Consta de:

- Motor elevador con engranaje en caja de aluminio
- Cadena de cargas altamente resistente con gancho de carga giratorio
- Interruptores finales para posición máx. y mín. del gancho
- Interruptor de mando por teclado

- Suministro local por cliente -

PA-1: 1 x Plataforma de acceso

Plataforma metálica para montaje y acceso al pulmón acondicionador D-2.

Ancho: 2200mm

Largo: 3600mm

Altura: 4400mm

Consta de:

- Con barandas perimetrales normalizadas y escalera marinera de acceso
- Con protección guarda hombre.

- Suministro local -

TC-1: 1 x Transportador de cinta, tipo B 500

En construcción de acero perfilado

Largo total: 3.500 mm

Ancho de cinta: 500 mm

Consta de:

- Estación tensora con tambor tensor en rodamientos a bolas o a rótulas, cuadro, rodamiento, resorte y husillo de tensión
- Construcción de armadura, pero sin soportes
- Estaciones de rodillos portadores
- Estaciones de rodillos de retorno cinta de transporte
- Estación de accionamiento con tambor de accionamiento, en rodamientos a bolas o a rótulas
- motor-reductor, potencia: 2,2 Kw

- Suministro local -

TC-2: 1 x Transportador de cinta empinada, tipo B ST 500

En construcción de armadura tubular, previsto para la instalación inclinada

Largo total: 8.000 mm

Ancho de cinta: 500 mm

Consta de:

- Tambor tensor en rodamientos a bolas, completo c/ rodamientos y husillos de tensión
- Construcción de armadura tubular con tolva de entrada y de salida así como cubierta de la cinta inferior, pero sin soportes

- Rodillos portadores y de retorno, en rodamiento a bolas, sin mantenimiento
- Cinta de goma con borde corrugado y tacos en T
- Estación de accionamiento con tambor de accionamiento, en rodamientos a bolas o a rótulas
- motor-reductor, potencia: 2,2 Kw

- Suministro local -

Separación de finos o Tamizado

Las partículas sobrantes del proceso de pelletizado son filtradas para que el polvillo no se empaquete con el producto. Si las cantidades son grandes puede ser beneficioso hacerlas retornar al proceso.

Enfriado

El enfriado es muy importante ya que el material eleva su temperatura durante el proceso. A su vez de esta manera se favorece a la lignina para alcanzar su mayor potencial aglutinante, asegurando que los pellets queden firmemente constituidos. El enfriador consiste en una cámara vertical por donde los pellets caen por un flujo de contracorrientes que le hacen disminuir su temperatura. La existencia de ventiladores mecánicos son los que generan la corriente de aire, funcionando los mismos por electricidad.

ECC-1: 1 x Enfriador de contracorriente, tipo GK 1900 R

Superficie enfriadora: 3,6 m²

Consta de:

- Esclusa de entrada con accionamiento
- Distribuidor de producto
- Caperuza de succión con brida de conexión para la tubería de aire
- Caja de enfriamiento con puerta y vidrio de seguridad
- Indicadores de nivel
- Descarga a través de rasera con accionamiento
- Dispositivo de ajuste de la parrilla inferior para regular la cantidad de descarga
- Tolva de salida céntrica
- Bastidor fijo para la altura estándar

- Sin aislamiento -

- Suministro local -

ECC-1.1: 3 x Válvula rotativa.

Válvula rotativa para entrada y salida de producto del enfriador de pellets

Construida en acero al carbono

Accionada por un motor reductor a engranajes con motor de 1,5 Kw por medio de transmisión a cadena.

Capacidad: 5 t/hs

- Suministro local -

V-3: 1 x Ventilador radial, tipo RV M 031

Para transportar el aire de salida del enfriador de contracorriente.

Capacidad: 8.400 m³/h

Consta de:

- Caja con bastidor base
- Tampones de caucho-metal
- Rodete del ventilador con eje, equilibrados en conjunto
- Motor de accionamiento, potencia: 15 Kw

- Suministro local -

V3-1.1: 1 x Juego de accesorios para el ventilador, tipo RVM

Consta de:

- Compensadores
- Válvula de mariposa, accionada a mano

- Suministro local -

V3-1.2 1 Tubería de aire

Para la conducción del aire enfriador del enfriador al separador /
ventilador

Diámetro de tubo: 450 mm

Largo total: aprox. 15.000 mm

Consta de:

- Tubería
- Piezas formadas, codos, etc.
- Elementos de conexión
- Piezas de transición
- Material de montaje

- Suministro local -

4.4.Planta de empaquetado:

Embolsado

El pellet de madera terminado es empaquetado en bolsas de plástico de 15 kg y también en grandes bolsas de 1000kg.



Figura: Bolsa de pellets de 15 kg



Figura: Bolsas de pellets de 1000 kg



Figura: Camión para traslado de bolsas de pellets de 1000 kg

A su vez se las puede vender a granel a domicilio con la utilización de camiones similares a los que transportan combustibles.



Figura: Pellets a granel



Figura: Camión modelo para el traslado del pellet a granel

TC-3: 1 x Transportador de cinta empinada, tipo B ST 500

En construcción de armadura tubular, previsto para la instalación inclinada

Largo total: 8.000 mm

Ancho de cinta: 500 mm

Consta de:

- Tambor tensor en rodamientos a bolas, completo c/ rodamientos y husillos de tensión
- Construcción de armadura tubular con tolva de entrada y de salida así como cubierta de la cinta inferior, pero sin soportes
- Rodillos portadores y de retorno, en rodamiento a bolas, sin mantenimiento
- Cinta de goma con borde corrugado y tacos en T
- Estación de accionamiento con tambor de accionamiento, en rodamientos a bolas o a rótulas
- Motor-reductor, potencia: 2,2 Kw

- Suministro local -

SP-1: 1 x Silo pulmón de Pellets

Construido en acero al carbono, pintado con pintura Epoxi.

Ø: 1.900mm

Altura: 3000mm

Altura cono: 1200mm

Volumen aprox.: 10m³

Capacidad de estibaje: 7t/hs pellets

Consta de:

- Base cónica para descarga
- Estructura de pié para montaje sobre máquina envasadora
- Con tapa superior
- Escalera de mantenimiento con guarda hombre
- Con sensores de nivel, máx. / min

- Suministro local -

BD-1: 1 x Balanza dosificadora y llenadora de bolsa

Para llenado de bolsas de polietileno de boca abierta, capacidad de llenado hasta 40kg.

Rendimiento 6 bolsas/min. De 15kg

Consta de:

- Sistema sujeta bolsas neumático

-
- Conducto de despresurización
 - Corte automático cuando se llega al peso programado
 - Sistema de válvula mariposa
 - Sistema de sellado térmico de la bolsa

- Suministro local -

5. Introducción a la simulación

Una simulación consiste en la representación de un sistema real mediante un modelo matemático que utiliza técnicas numéricas para permitir el análisis de su comportamiento durante un determinado periodo de tiempo. A tal efecto se debe recolectar preliminarmente información que servirá como datos de entrada para analizar recursos, actividades, eventos y estrategias que puedan influir en el sistema. Un modelo de simulación representativo es una excelente herramienta de toma de decisiones, permitiendo evaluar posibilidades de mejora, disminuyendo riesgos y maximizando el rendimiento. Las corridas de simulación permiten obtener indicadores de desempeño tales como tiempos de producción, porcentaje de utilización de máquinas, disponibilidad de recursos, niveles de producción; permitiendo a su vez pronosticar de qué forma variarán en diferentes escenarios.

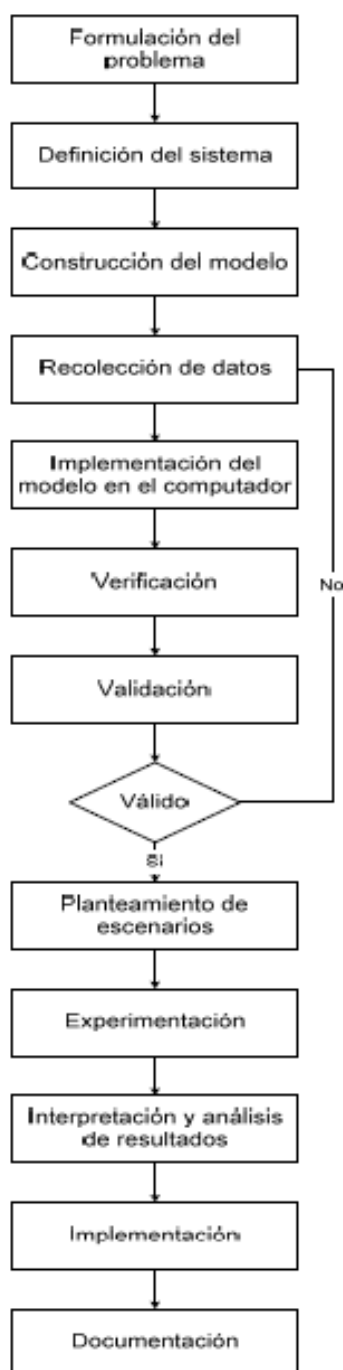
A continuación definimos los componentes básicos de una simulación:

- **Modelo:** Representación de un sistema real mediante la utilización de lógica matemática. La modelización implica la declaración de límites del sistema y criterios a utilizar.
- **Estado del modelo:** Conjunto de valores de las variables que conforman al modelo en su totalidad en cualquier instante de tiempo dentro del periodo de simulación.
- **Evento:** Cualquier ocurrencia que cambie el estado del modelo.
- **Eventos discretos:** Aquellos que se presentan a intervalos discretos de tiempo.
- **Eventos primarios:** Eventos preprogramados que siguen una distribución estadística.
- **Eventos secundarios:** Eventos no programados pero que pueden ocurrir según la lógica interna del sistema.

-
- **Actividades:** Iniciadas a partir de un evento, tienen una duración determinada y provocan un cambio en el estado del sistema.
 - **Entidades:** Objetos dinámicos del modelo que representan un objeto real del sistema, transitan por el modelo hasta que se retiran. En nuestro caso será el work ítem type: Madera.
 - **Atributos:** Características reales que se acoplan a las entidades dinámicas y se mueven con ellas. Es decir que si bien un determinado atributo es compartido por todas las entidades (color, volumen), cada una de ellas tendrá diferentes valores específicos. Se las puede denominar como variables locales, el programa Simul8 las identifica como labels.
 - **Variables:** Información del sistema que puede variar de acuerdo a su estado, independiente de las entidades pero modificables por ellas. Un modelo puede tener variables intrínsecas de los objetos que lo integran (tamaños de colas, etc.) y variables definidas por el usuario. Se las denomina como variables globales para diferenciarlas de los atributos.
 - **Recursos:** Entidades no dinámicas que proveen servicio a una entidad dinámica, permitiendo que esta transite por el sistema y complete su ciclo (operarios, etc.). Las entidades toman el recurso mientras se encuentra disponible, y lo liberan cuando ya no lo necesitan. Una entidad puede requerir más de un recurso a la vez.
 - **Colas:** Lugar en el que las entidades esperan a un recurso ocupado por otra entidades.
 - **Reloj de simulación:** Variable que representa el tiempo de simulación, permitiendo la administración de los eventos. En nuestro caso trabajamos en

minutos durante un periodo de simulación de una jornada laboral de 20 hs (dos turnos), lo que da un total de 1200 eventos.

Para realizar un estudio de simulación se deben realizar una serie de pasos. En el libro *Simulation Modeling and Analysis* los autores Law y Kelton proponen el siguiente esquema:



A continuación describiremos brevemente cada etapa:

- **Formulación del problema:** Definición del objetivo de la simulación y los resultados que se esperan de la misma. Se deben definir cuáles son las variables de interés, los periodos de simulación, las características estadísticas a utilizar, que se desea optimizar. En nuestro caso se pretende conocer las variaciones de capacidad productiva en diferentes escenarios, considerando también las cantidades de materia prima anual necesaria, las pérdidas de masa por evaporación de agua en el proceso y el resultado de dos atributos clave para evaluar la calidad de nuestro producto: humedad relativa y densidad de los pellets.
- **Definición del sistema:** Se debe realizar un análisis preliminar del comportamiento y las interacciones del sistema, definiendo claramente las fronteras del mismo. Por ejemplo, en nuestro caso el sistema se delimita desde el ingreso de madera triturada a la planta procesadora hasta el empaquetado de los pellets procesados.
- **Construcción del modelo:** Se debe formular en esta etapa un modelo simple del sistema que incluya los aspectos relevantes del sistema. Realizaremos un diagrama de flujo del proceso que será luego adaptado en Simul8 a tal efecto.
- **Recolección de datos:** los datos recogidos para adaptar el proceso de producción de pellets se basan en registros históricos de plantas similares, información brindada por la empresa Ipeco Pesaje & Control, hojas técnicas de la firma AmandusKhal y análisis de campo sobre recursos disponibles en la localización elegida para el proyecto preliminar.
- **Implementación del modelo en la computadora:** El modelo se realizará utilizando el software Simul8, los detalles de la implementación se encuentran en el siguiente punto del informe.

-
- **Verificación:** Se comprueba que no existan errores durante la implementación en el software a partir de la utilización de sus herramientas de depuración.

 - **Validación:** Se comprueba la exactitud del sistema a partir de mediciones comparativas con sistemas similares que ya estén en funcionamiento, datos históricos o datos de sistema similares. En caso de no ser satisfactoria la validación se debe modificar el modelo.

 - **Planeamiento de escenarios:** Se deciden que escenarios se desean analizar, incluyendo que tiempos de simulación y número de simulaciones se desea realizar (trials).

 - **Experimentación:** Se realizan simulaciones de todos los escenarios de acuerdo al diseño previo y se recolectan los resultados obtenidos.

 - **Interpretación:** Se analizan los resultados y se utiliza como herramienta para la toma de decisiones. Se puede evaluar la posibilidad de requerir la inclusión de datos adicionales al sistema para refinar la estimación de parámetros críticos.

 - **Implementación:** Durante la implementación del proyecto real es posible acompañar a los usuarios finales del sistema para realizar capacitaciones sobre el manejo del modelo y la interpretación de resultados.

 - **Documentación:** En esta etapa se documentan todos los datos técnicos del modelo y los resultados de los escenarios analizados, así como la evolución histórica del proyecto; lo que constituye una ventaja a la hora de realizar futuras optimizaciones. Esta información se volcará en el presente Informe de PFI.

Es conveniente señalar algunas de las ventajas y desventajas de la utilización de un modelo de simulación, así como diversos factores a tener en cuenta:

- La capacidad de procesamiento de los actuales procesadores permiten correr periodos de simulación cada vez más extensos en periodos relativamente cortos de tiempo, e incluso repetir los ensayos varias veces para aumentar la confiabilidad estadística de los resultados.
- En la actualidad existen diversos software de simulación lo suficientemente flexibles como para adaptarse a sistemas de características diferentes, facilitando la implementación de modelos matemáticos complejos a través de interfaces de usuario sencillas y comprensibles, acompañados de representaciones animadas del proceso en operación; tal es el caso del Simul8.
- Si los datos de entrada del sistema son incorrectos, el modelo indefectiblemente generará resultados imprecisos.
- Cuanto más complejo sea el sistema, mayor será la complejidad a la hora de modelizar. En caso contrario, los resultados no serán representativos del proceso real.
- La simulación no deja de ser una solución estadística, por lo que es posible que surjan imprevistos que modifiquen drásticamente los resultados. Asimismo, si bien describe al sistema en funcionamiento, el correcto análisis de los resultados y la implementación de soluciones potenciales o posibles oportunidades de mejora reside en el usuario.

Finalmente realizaremos una breve introducción a Simul8, software que se utilizamos como herramienta para modelizar la planta de procesamiento de biomasa. Este programa, desarrollado por Visual Thinking International, permite simular eventos discretos a través de una interfaz gráfica que brinda la posibilidad de ver la animación en pantalla del flujo de trabajo del sistema. Para realizar cualquier modelización se debe primero identificar todos los elementos componentes del sistema, para luego representarlos a través de los siguientes objetos elementales de Simul8:

- **Ítem de trabajo (WorkItem Type):** Unidad elemental de trabajo que transitará por el sistema hasta el final del proceso.
- **Puntos de entrada (WorkEntry Point):** Lugares de entrada de los ítems de trabajo.
- **Centro de trabajo (Work Center):** Lugar en el cual sucede un proceso determinado que convierte uno o más ítems de trabajo entrantes en ítems de trabajo saliente con características diferentes. El trabajo tiene un tiempo determinado de duración, fijo o variable. En algunos casos es posible que se requiera incluir un centro de trabajo que no representa una transformación en las unidades, pero que realizan procesos lógicos o de cálculo auxiliares. En tal caso se asignan centros de trabajo ficticios, que tienen tiempo de ejecución nulo.
- **Cola (Storage Bin):** Lugar de almacenamiento donde las unidades de trabajo pueden esperar a ser retirados por otro objeto del sistema. Son de carácter pasivo, no recolectan ni distribuyen ítems por sí mismos.
- **Transportador (Conveyor):** Objeto que traslada las unidades de trabajo de un punto a otro del sistema. Permite representar distancias y velocidades de traslación.
- **Recurso (Resource):** Objeto auxiliar que asiste a un centro de trabajo a realizar su tarea. En caso de no estar disponible, éste debe quedar en espera hasta poder finalizarla.
- **Punto de salida (WorkExit Point):** Lugares a los que llegan las unidades de trabajo luego de transitar por el sistema.

Luego se debe dibujar el flujo de proceso en la interfaz gráfica del software, utilizando flechas conectoras para relacionar todos los componentes entre sí. Los objetos enumerados anteriormente tienen varios atributos customizables, como velocidades, tiempos de trabajo, eficiencia. En caso de no ser suficiente la utilización de estos atributos, Simul8 cuenta con una potente herramienta que permite emular virtualmente cualquier tipo de comportamiento lógico / matemático en momentos específicos de la simulación: Visual Logic.

Cada unidad de trabajo que transita por el sistema tiene sus atributos particulares, los cuales pueden modificarse durante el proceso y se denominan **labels**. Asimismo, las variables globales (Global Data Items) pueden definirse en el **Information Store**. Durante cualquier momento de la simulación es posible parar el reloj y verificar en qué estado se encuentran cualquiera de estas variables.

Simul8 permite analizar variables financieras asignando costos de producción a las diferentes entidades del sistema, los cuales pueden depender de los ítems entrantes o procesados, tiempos de proceso, utilización de recursos, entre otros. Para asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos se debe conducir una serie de corridas del modelo bajo las mismas condiciones y parámetros base, pero modificando los números aleatorios en cada corrida a partir de la modificación de la semilla de la función aleatoria. Estos conjuntos de corridas de simulación se denominan **Trials**.

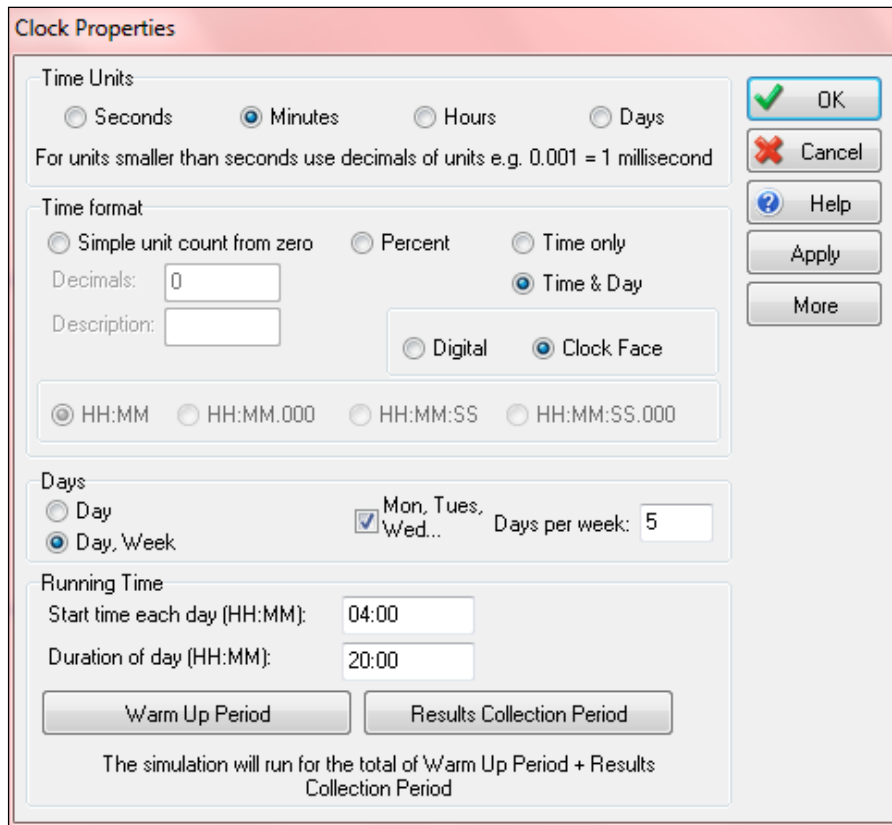
6. Modelo de simulación de planta de procesamiento de biomasa

6.1. Supuestos principales del modelo:

- Si bien administrativamente la planta tiene dos turnos, el proceso es continuo y no se registran paradas de máquinas entre un turno y otro. Por tal motivo, no se implementará ninguna opción de shifts en el programa.
- Se tomará al minuto como medida elemental de tiempo. Cada jornada laboral tiene una duración de 20 horas (2 turnos de 10 horas), por lo que el reloj se programará para evaluar un día completo de trabajo. Se considerará para todos los análisis posteriores que el año tiene 275 días laborables, en función de las especificaciones dadas por el grupo inversor.
- El proceso requiere de supervisión, por lo que en los costos de mano de obra se considerarán tres operarios más un encargado de mantenimiento por turno. Asimismo, se calcularán los sueldos de un jefe de planta y un gerente de producción. No obstante, no se los considerará como resources en el modelo de simulación, debido a que sus presencias no son mandatorias para la finalización de ninguna tarea del proceso productivo.
- Si bien el elemento de trabajo es harina de madera, no consideramos que modelarla como un fluido sea representativo del comportamiento del sistema, por lo que decidimos modelizar como elemento de trabajo una unidad discreta de un Kg de madera entrante.
- Durante el proceso de pelletizado se tomaron en cuenta tanto la variación de la densidad volumétrica del material como la pérdida de masa por evaporación de agua.

6.2. Configuración del reloj y preferencias

Se configuraron las propiedades del reloj para utilizar al **minuto** como unidad de tiempo. A su vez, se configuró una semana laboral de 5 días (lunes a viernes), comenzando aleatoriamente desde las 4 AM y se simulan en cada corrida 20 horas. Por tal motivo el ResultRecollectionPeriod se encuentra configurado en 1200 min:



Clock Properties

Time Units
 Seconds Minutes Hours Days
For units smaller than seconds use decimals of units e.g. 0.001 = 1 millisecond

Time format
 Simple unit count from zero Percent Time only
Decimals: Time & Day
Description:
 Digital Clock Face

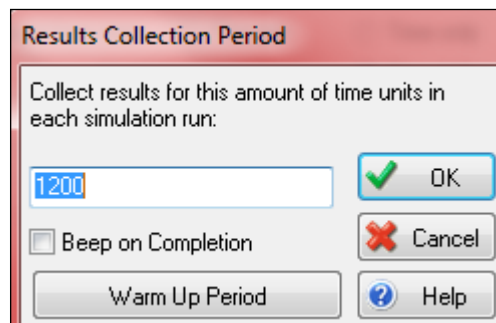
Days
 Day Mon, Tues, Wed... Days per week:
 Day, Week

Running Time
Start time each day (HH:MM):
Duration of day (HH:MM):

The simulation will run for the total of Warm Up Period + Results Collection Period

OK Cancel Help Apply More

Propiedades del Reloj



Results Collection Period

Collect results for this amount of time units in each simulation run:

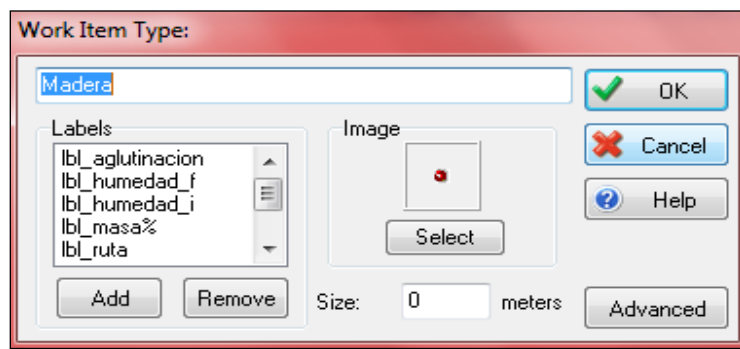
Beep on Completion

OK Cancel

Periodo de Recolección de Datos

6.3. Ítem de trabajo

Cabe destacar que Simul8 tiene objetos complejos (tanks y pipes) para el tratamiento de procesos continuos en vez de la elaboración de unidades discretas, pero no fueron implementados en nuestra simulación debido a que su uso se encuentra principalmente destinado al comportamiento de fluidos incompresibles y densidad volumétrica constante, que no es nuestro caso. No obstante, para poder representar el carácter continuo del proceso tomamos una unidad elemental discreta lo más pequeña posible: 1 Kg de madera triturada.



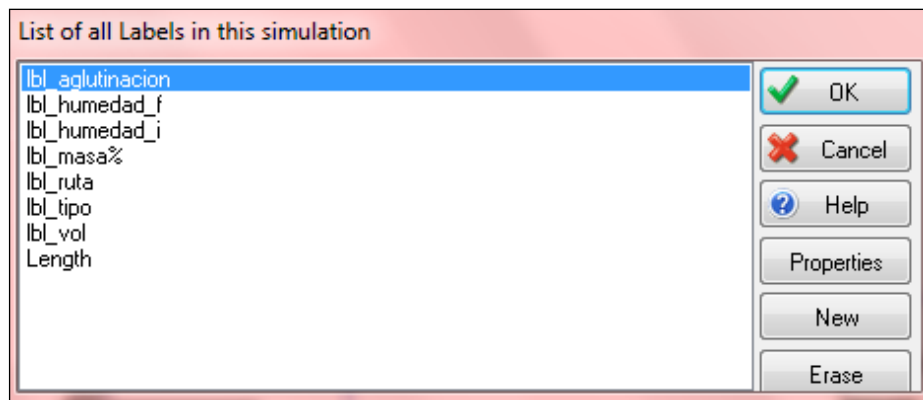
WorkItemType: Madera

La figura muestra a la unidad elemental de trabajo “madera”, incluyendo la imagen básica de animación y algunos de los atributos asociados (aglutinación, humedad inicial y final, % masa, etc.). Nótese que la variable Size se encuentra seteada en 0 metros, pero será configurada posteriormente por el label reservado: Lenght. El valor de este parámetro es fundamental, dado que configura el espacio que cada Kg de madera ocupará en cada objeto de transporte.

Es importante indicar que si bien al comienzo de la simulación cada unidad de trabajo se corresponde con un kg de madera, a medida que este transita por el proceso sufre una pérdida de masa por evaporación de agua, por lo que al final de la simulación esta relación ya no se mantiene constante.

6.4. Variables del sistema

Variables Locales (labels): Atributos que acompañan a cada unidad de trabajo durante todo el periodo de simulación. Es decir que cada una de las variables locales que se enumeran a continuación acompaña a cada kg de madera que entra al sistema:



Labels del sistema

- **lbl_aglutinacion:** Una variable de distribución normal que identifica el aumento de temperatura que sufre la madera para que se produzca la plastificación de la lignina, lo que genera la aglutinación sin necesidad de agentes externos. En caso de encontrarse bastante por debajo de su media, el modelo considera que dicha unidad de trabajo no fue aglutinada al no haber alcanzado la temperatura requerida y se desprende como polvillo, que puede separarse del producto final en la etapa de secado.
- **lbl_humedad_f:** Humedad relativa del producto final (% de agua contenida en los pellets).
- **lbl_humedad_i:** Humedad relativa de la materia prima entrante (% de agua contenida en el aserrín).

-
- **lbl_%masa:** Variable local que representa el porcentaje de masa restante que queda de un Kg de materia prima entrante a medida que éste transita por el sistema. Comienza con el valor por default = 100, y varía con la pérdida de agua por evaporación durante el proceso de secado.

 - **lbl_ruta:** Identifica que ruta puede tomar una unidad de trabajo de acuerdo a si fue aglutinada como pellet o no.

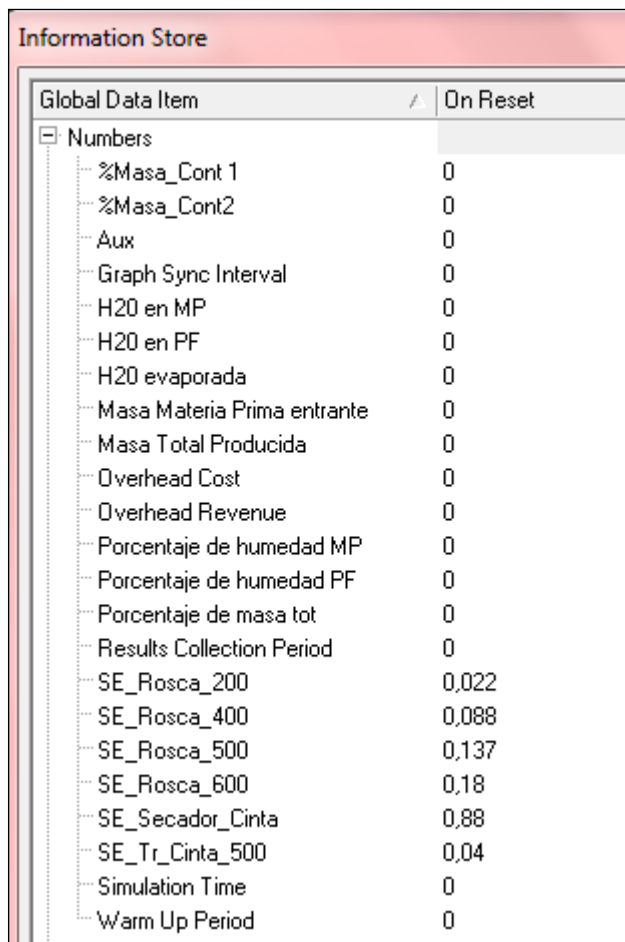
 - **lbl_tipo:** Label de uso interno que especifica si luego del paso por el molino granulador el ítem de trabajo tiene las características volumétricas adecuadas para el proceso de pelletizado:
 - lbl_tipo = 1 → Especificaciones volumétricas no adecuadas.
 - lbl_tipo = 2 → Especificaciones volumétricas adecuadas.

Un alto porcentaje de unidades finales con valor lbl_tipo = 1 indicarían que la materia prima adquirida no se encuentra lo suficientemente triturada y requeriría una toma de decisión al respecto.

- **lbl_vol:** Volumen másico del ítem de trabajo, expresado en m³ / Kg. Para conocer los volúmenes totales en el producto final se debe considerar que es necesario multiplicar esta variable por la label lbl_%masa.

- **Lenght:** Label de uso reservado de Simul8, representa la longitud expresada en metros que cada unidad de trabajo ocupa en un conveyor, incidiendo en la cantidad de unidades que cada transportador puede mover simultáneamente.

Variables Globales (Global Data Items): Variables generales a todo el sistema, pueden encontrarse en la sección *Information Store* de la solapa *Objects* de Simul8:



Global Data Item	On Reset
Numbers	
%Masa_Cont 1	0
%Masa_Cont2	0
Aux	0
Graph Sync Interval	0
H2O en MP	0
H2O en PF	0
H2O evaporada	0
Masa Materia Prima entrante	0
Masa Total Producida	0
Overhead Cost	0
Overhead Revenue	0
Porcentaje de humedad MP	0
Porcentaje de humedad PF	0
Porcentaje de masa tot	0
Results Collection Period	0
SE_Rosca_200	0,022
SE_Rosca_400	0,088
SE_Rosca_500	0,137
SE_Rosca_600	0,18
SE_Secador_Cinta	0,88
SE_Tr_Cinta_500	0,04
Simulation Time	0
Warm Up Period	0

Variables globales del sistema

- **%Masa_Cont1/2:** Contadores auxiliares para el cálculo de pérdida de masa total.
- **Aux:** Variable auxiliar para asistir a cualquier cálculo local.
- **GraphSyncInterval:** Indica en qué valor se encuentra seteado el intervalo de sincronización de resultados. No puede ser modificada, es de solo lectura.
- **H₂O en MP:** Contenido de agua total en la materia prima entrante, durante toda la simulación. Medida en litros.

- **H₂O en PF:**Contenido de agua total en el producto final, durante toda la simulación. Medida en litros.
- **H₂O evaporada:**Cantidad total de agua evaporada durante .
- **Masa Materia Prima Entrante:** Indica la cantidad total de kg de materia prima que entraron al sistema durante la corrida.
- **Masa Total Producida:** Indica la cantidad total de kg de producto final (pellets empaquetados) resultantes luego de finalizada la corrida.
- **Porcentaje de Humedad MP:** Indica el porcentaje de humedad que tiene la materia prima entrante, dependiendo de la configuración de la distribución de humedad inicial.
- **Porcentaje de Humedad PF:** Indica el porcentaje de humedad en los pellets, dependiendo de la humedad inicial y el proceso de secado.
- **Porcentaje de masa tot:** Variable que indica que porcentaje de la masa media de la materia prima entrante se mantuvo hasta el final del proceso productivo, dado que esta experimenta una pérdida de masa por evaporación de agua.
- **SE_Rosca_200:** Sección efectiva de transporte de todos los conveyors a rosca de 200 mm de diámetro.
- **SE_Rosca_400:** Sección efectiva de transporte de todos los conveyors a rosca de 400 mm de diámetro.

-
- **SE_Rosca_500:** Sección efectiva de transporte de todos los conveyors a rosca de 500 mm de diámetro.

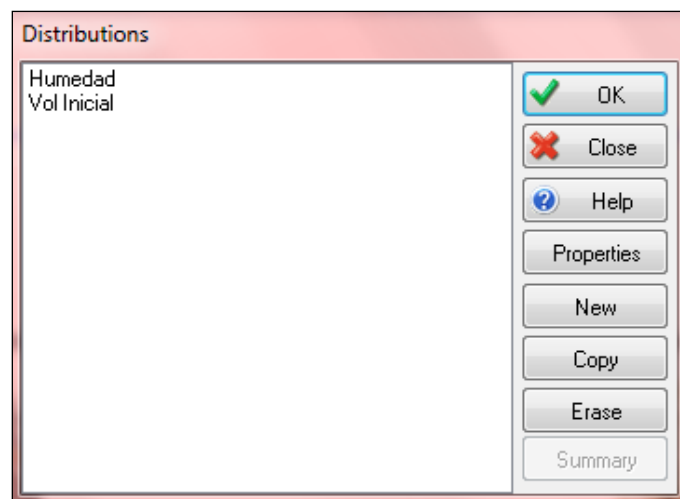
 - **SE_Rosca_600:** Sección efectiva de transporte de todos los conveyors a rosca de 600 mm de diámetro.

 - **SE_Secador_Cinta:** Sección efectiva de secador de cinta, según recomendaciones del fabricante.

 - **SE_Tr_Cinta_500:** Sección efectiva de transporte de una cinta de 500 mm de ancho.

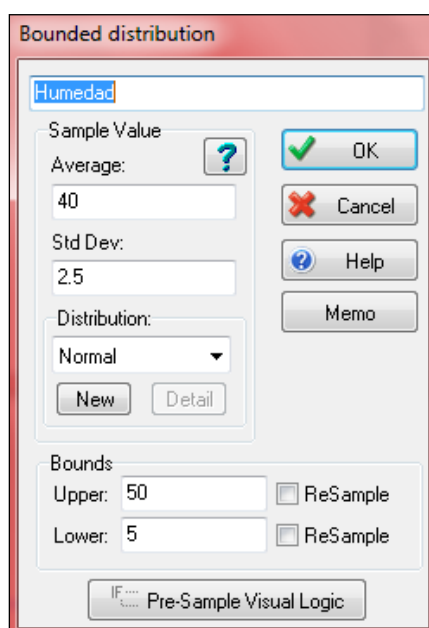
6.5. Distribuciones:

Distribuciones estadísticas preprogramadas que describen el valor inicial de algunas variables del sistema pueden encontrarse en la sección *Distributions* de la solapa *Objects* de Simul8. Es necesario mencionar que todas las distribuciones fueron elegidas a partir de la información con la que se cuenta al inicio de este proyecto, pero pueden ser afinadas estando la planta ya en marcha para ajustarse lo mejor posible a la realidad:



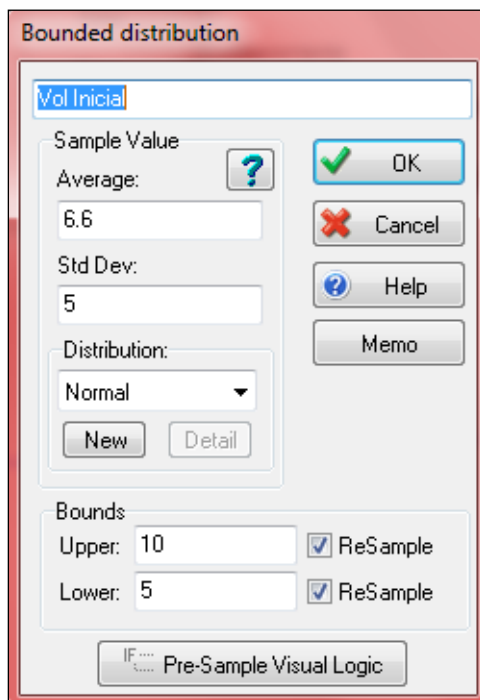
Distribuciones del sistema

- **Humedad:** La humedad de la materia prima es un factor fundamental para la obtención de un producto final de excelente calidad. Es por ello que el grupo inversor involucrado en este proyecto apunta asegurar que el porcentaje de humedad de la madera triturada sea aproximadamente del 40 %, sin exceder nunca el 50%. A tal efecto se modeliza la humedad inicial mediante una distribución normal de $\mu = 40$ y $\sigma = 2.5$, pero limitada entre 5 y 50 % (lo que significa que cualquier n° fuera del rango mencionado tomará el valor límite correspondiente).



Distribución de Humedad

- **Vol_inicial:** La información estadística sobre la materia prima en este tipo de procesos indica que la madera triturada tiene una densidad volumétrica promedio de $150 \text{ Kg} / \text{m}^3$, lo que indica que cada unidad de trabajo (inicialmente 1 Kg de madera triturada) tiene al comienzo un volumen promedio de 0.0066 m^3 . Si bien Simul8 trabaja por default en m, la distribución genera los números randomizados en el orden de la unidad, para luego ser divididos por 1000 al entrar cada ítem al proceso. La razón de esto es que así se obtiene una considerable aceleración en la velocidad de simulación. En este caso también se optó por modelizar el volumen con una distribución normal de $\mu = 6.6$ y $\sigma = 5$, limitada entre 5 y 10. El desvío es mayor debido a que la madera triturada es el material de descarte de otro proceso, por lo que esta variable no se encuentra bajo control. A su vez, consideramos que la densidad de la materia prima no puede aumentar demasiado, por lo que el límite inferior se fijó en 5, lo que corresponde a no más de $200 \text{ Kg} / \text{m}^3$.



The image shows a 'Bounded distribution' dialog box from the Simul8 software. The dialog box is titled 'Bounded distribution' and contains the following fields and controls:

- Sample Value:** A text box containing 'Vol Inicial'.
- Average:** A text box containing '6.6'.
- Std Dev:** A text box containing '5'.
- Distribution:** A dropdown menu set to 'Normal'.
- Bounds:** Two text boxes, 'Upper:' containing '10' and 'Lower:' containing '5'. Both have a checked 'ReSample' checkbox next to them.
- IF: Pre-Sample Visual Logic:** A text box at the bottom.
- Buttons:** 'OK' (green checkmark), 'Cancel' (red X), 'Help' (question mark), 'Memo', 'New', and 'Detail'.

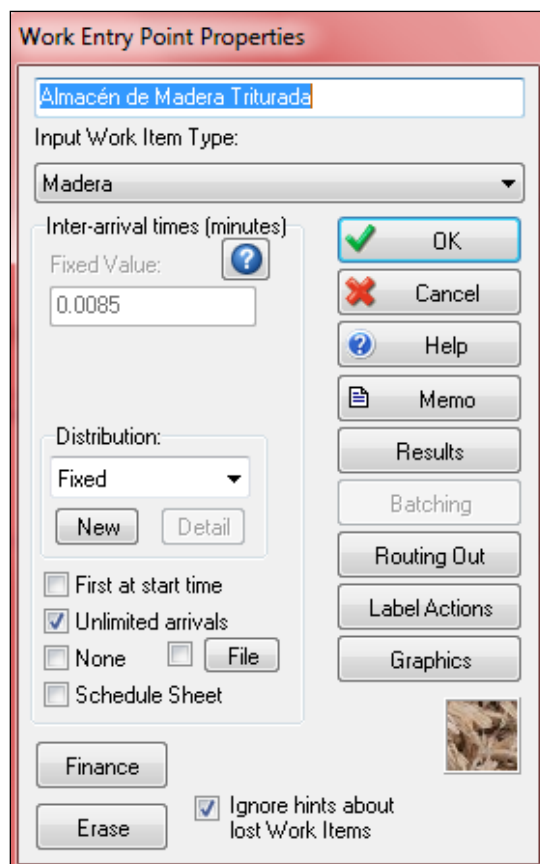
Distribución de Volumen Inicial

6.6. Objetos del sistema

Se han considerado todos los elementos mencionados en el Capítulo 4 *Análisis de Detalle*, categorizándolos dentro de los siguientes tipos de objeto de sistema incluidos en Simul8:

WorkEntryPoints:

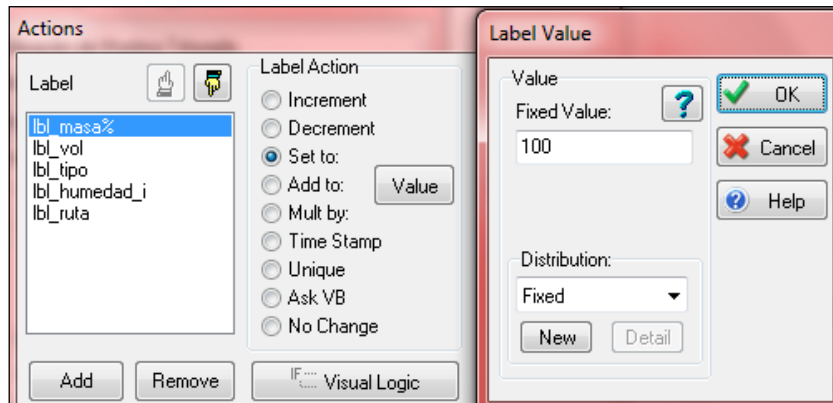
- **A1-Almacén de Madera Triturada:** Corresponde al almacén de materia prima del cual se abastece el proceso. Se encuentra configurado para arribos ilimitados (*unlimitedarrivals*), dado que no consideramos la posibilidad de que haya limitaciones en el abastecimiento, considerando que incluso parte de la madera triturada viene incluso de la fábrica de placas que los inversores tienen en el terreno aledaño. Los ítems entrantes son Kg de madera sobrante de aserraderos, de Pino Elliotis, con un porcentaje de humedad menor al 50 %.



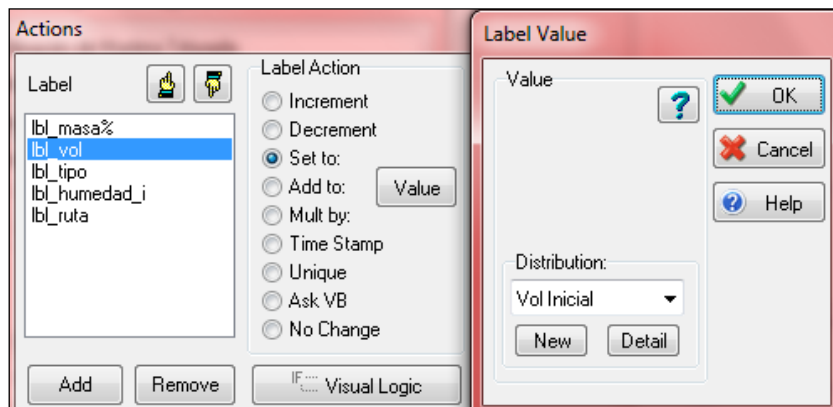
A1: Almacén de Madera Triturada

A1 configura el valor inicial de la mayoría de las labels de cada ítem de trabajo, a saber:

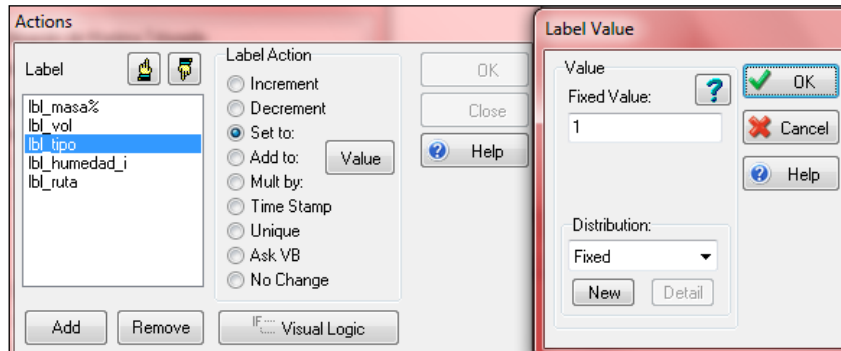
- lbl_masa% = 100 (1 unidad = 1 Kg):



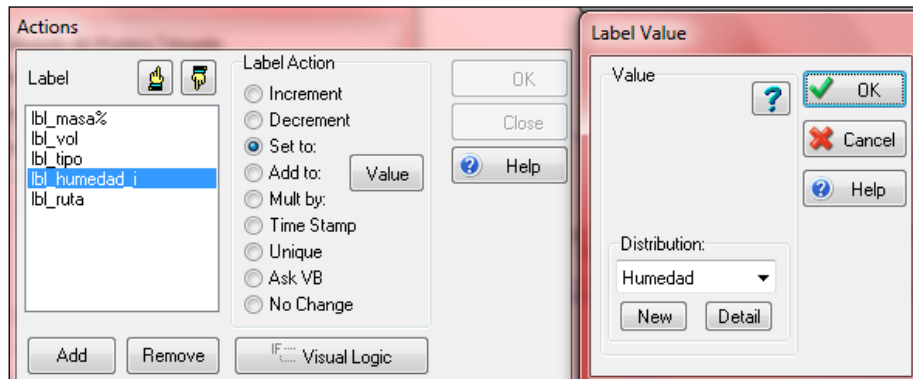
- lbl_vol = asignado por la distribución *Vol Inicial* descrita en la sección 6.5:



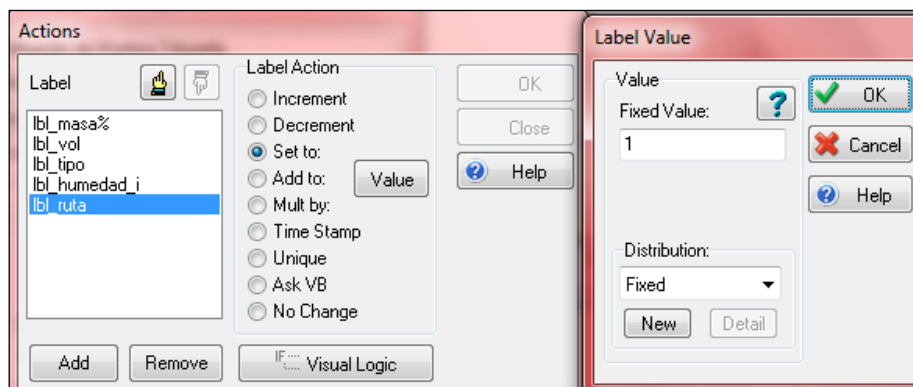
- lbl_tipo = 1 (especificaciones volumétricas no adecuadas al comienzo del proceso):



- lbl_humedad_i = asignado por la distribución *Humedad* descrita en la sección 6.5:

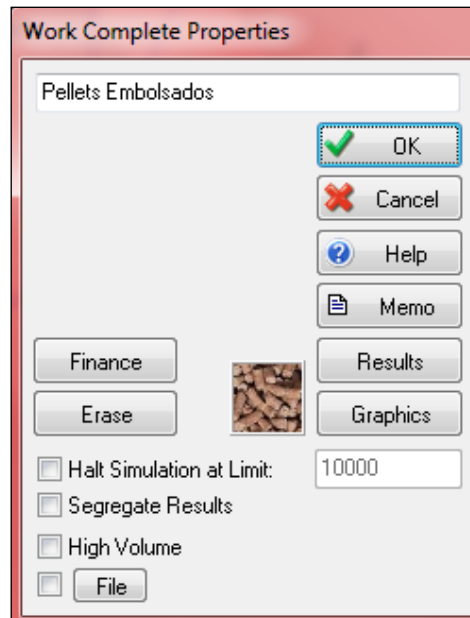


- lbl_ruta = 1 (al comienzo del proceso todos los ítems de trabajo van por la ruta default, luego pueden llegar a ser desviados si luego de algún proceso no cumple con determinado requisito):



Work Complete:

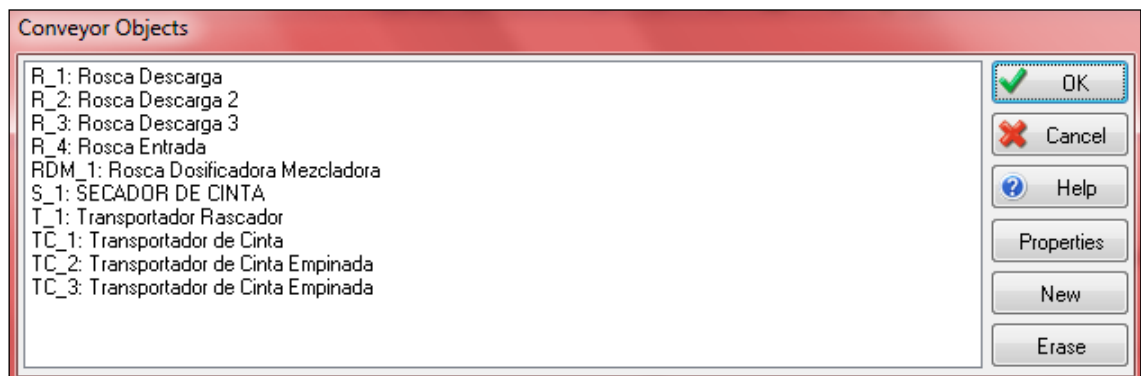
- **Pellets Embolsados:** Lugar al que arriban todos los ítems de trabajo que atravesaron satisfactoriamente todo el proceso hasta llegar a convertirse en producto final. Este objeto proporciona una serie de datos estadísticos y financieros en los cuales se basará el análisis de resultados. Cabe señalar que cada unidad de trabajo ya no corresponde a un kg de pellets, sino a un porcentaje representado por $lbl_masa\%$. A su vez, la cantidad total de ítems contados durante toda la corrida permite calcular la cantidad de producto final en kg mediante el uso de la variable global *Porcentaje de masa tot*:



Pellets Embolsados

- **Finos Filtrados:** Lugar al que arriban todos los ítems que luego de haber pasado por la prensa granuladora de pellets no fueron correctamente aglutinados, por lo que deben ser filtrados en el proceso para no llegar al producto final como arenilla y disminuir su calidad. Todos ellos tienen $lbl_ruta = 2$.

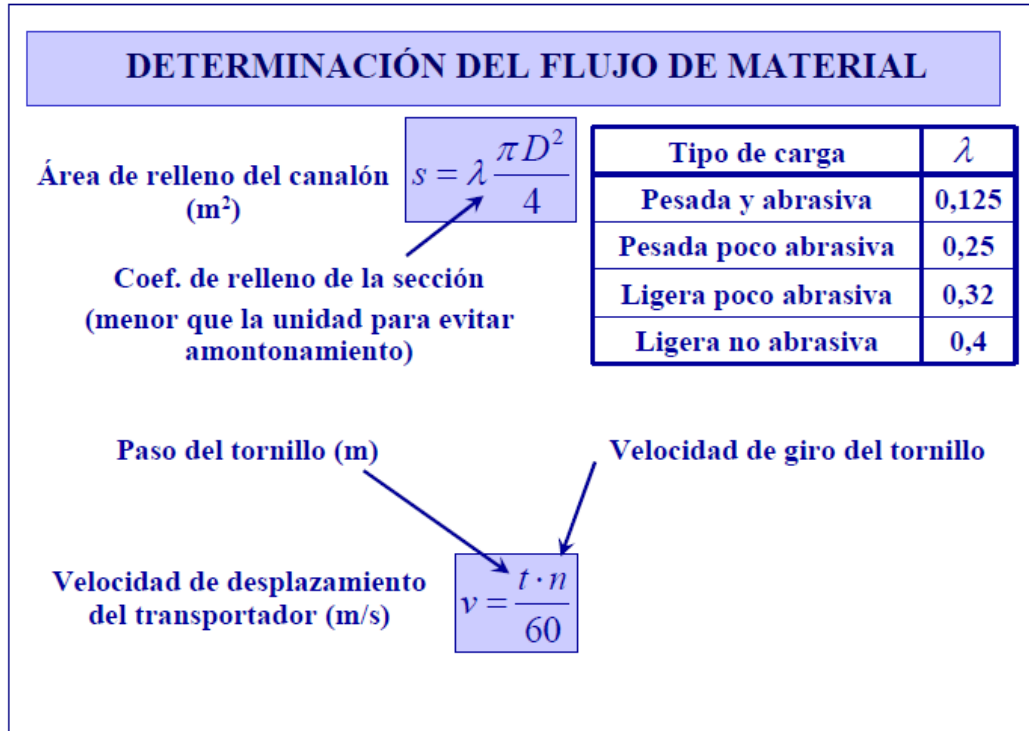
Conveyors: Elementos de transporte por el cual transitan todas las unidades de trabajo a través del sistema. Sus características principales son la longitud total y la velocidad a la que se desplazan, caracterizadas por las variables propias *Length* y *Speed*. La propiedad *Pick Area* no se utiliza, ya que los Work Centers se encuentran al principio y final de cada transportador. Dado que partimos del supuesto de que cada ítem ocupa una longitud correspondiente a su volumen dividido la sección eficaz del conveyer y todos los transportadores tienen sensor de rebalse regulable, consideramos que todos se comportan como no acumulativos, por lo que las opciones “*accumulating*” y “*allow gaps*” se encuentran inhabilitadas.



Conveyors del Sistema

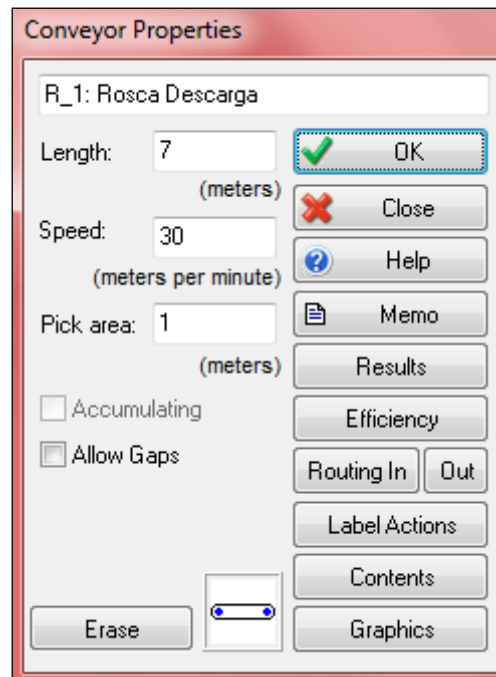
- **Roscas:** Diversos manuales de operaciones unitarias recomiendan no utilizar más del 45 % de la sección total de la rosca. El siguiente cuadro extraído de un trabajo del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Carlos III de Madrid indica que el área de relleno eficaz puede calcularse a partir del diámetro de la rosca afectado por un coeficiente de relleno dependiendo del tipo de carga. Consideramos que la madera triturada es una **carga ligera no abrasiva**, por lo que todas las secciones eficaces de las roscas (variables globales SE_Rosca_XXX) han sido afectadas por el coeficiente $\lambda = 0.35$, manteniendo un margen de seguridad por sobre el λ recomendado 0.4.

TORNILLOS SIN FIN

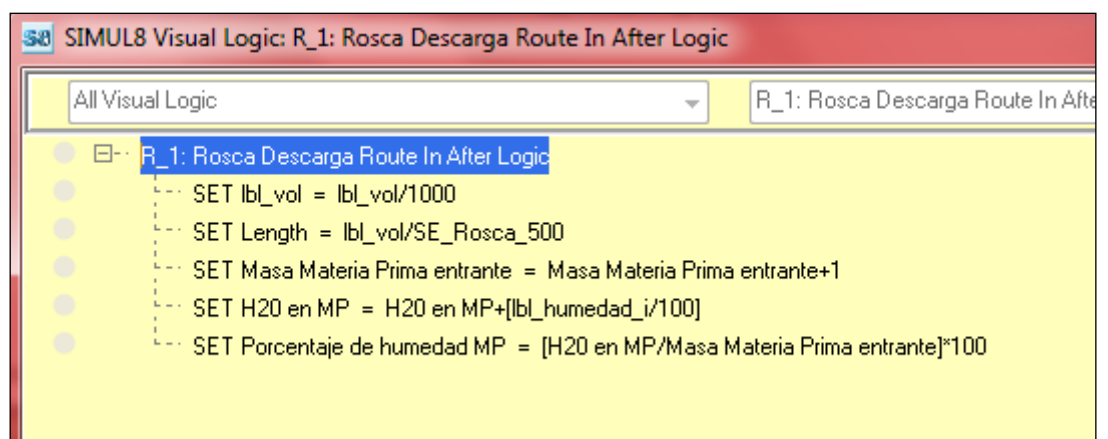


La velocidad de giro recomendada es $n < 150$ rpm para cargas ligeras, reduciéndose considerablemente si la carga aumenta. A su vez, el diámetro de las roscas en nuestro proceso varía entre 0.2 y 0.6 m, por lo que tendremos variaciones del paso t dentro de dichos valores (la relación entre t y el diámetro suele encontrarse entre 0.5 y 1). Considerando a su vez que trabajar con velocidades bajas previene que se triture el material y aumenta la vida útil de los transportes, consideramos velocidades de desplazamiento de entre 20 y 30 m/s, lo que corresponde a velocidades de giro entre 50 y 100 rpm. El proceso cuenta con las siguientes roscas:

- **R_1: Rosca Descarga.** Tiene una longitud de 7 metros. A través de Visual Logic en el *Routing InAfterLoadingWork* modifica el valor de volumen a la escala real, setea la longitud que ocupa cada ítem dividiendo su volumen por la sección eficaz correspondiente a 500 mm, incrementa el contador de materia prima y calcula su porcentaje de humedad.

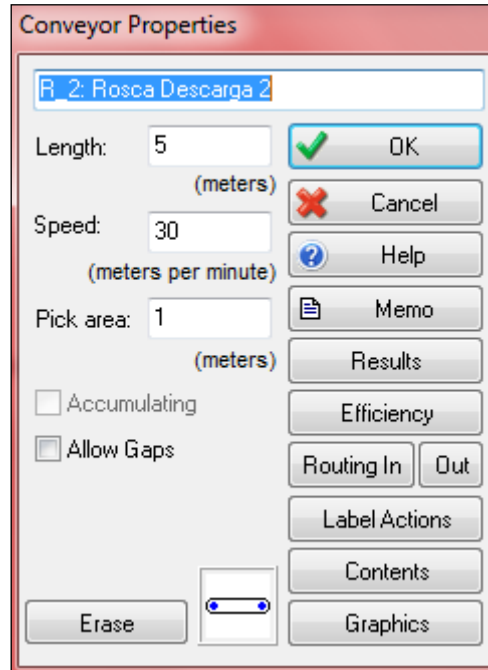


Propiedades de R_1



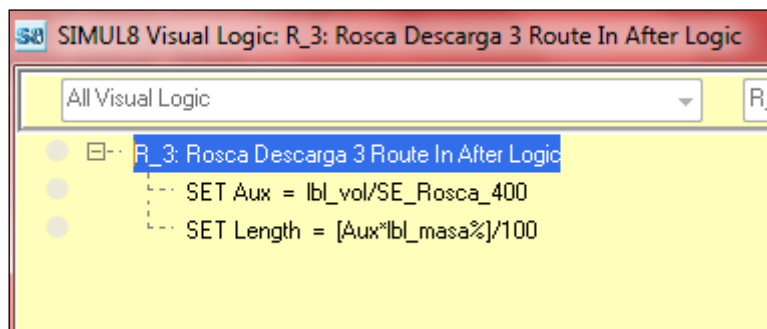
Visual Logic de R_1

- **R_2: Rosca Descarga 2.** Tiene longitud total de 5 metros, misma velocidad que R_1. En Visual Logic solo calcula la longitud ocupada según sección efectiva de rosca de 400 mm.



Propiedades de R_2

- **R_3: Rosca Descarga 3.** Similar a R_2, solo que considera la pérdida de volumen resultante de la pérdida de masa por evaporación luego de haber pasado por el secador de cinta. Así, el Visual Logic es el siguiente:

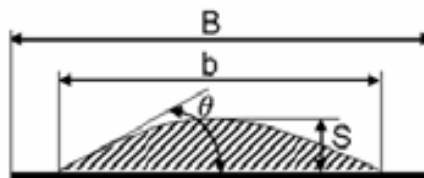


Visual Logic de R_3

- **R_4: Rosca Entrada.** Propiedades según información de la sección 4. Dado que no cambia la sección efectiva con respecto a R_3. no se realizan cambios a través de Visual Logic.
 - **T_1: Transportador Rascador.** Tiene una cadena de transporte adaptada al producto y un canalón de 600 mm de diámetro, por lo que fue tratado como una rosca de iguales características, calculando la longitud del ítem a través de Visual Logic.
 - **RDM_1: Rosca Dosificadora Mezcladora 1.** Tiene 1.8 metros de longitud y un diámetro considerablemente menor (200 mm), por lo que se reduce la velocidad de traslación a 20 m/min para poder disminuir la velocidad de rotación del motor y mejorar las condiciones de dosificación de agua. Dado que la variación de porcentaje de humedad es menor al 3 % y correctiva (solo se adecua la materia prima antes de pasar a la prensa granuladora), se desestima la variación en la `labellbl_humedad_f`.
- **Transportadores de Cinta:** Nuestro sistema tiene los transportadores de cinta **TC_1, TC_2 y TC_3.** Según la norma DIN 22101 el ancho útil de un transportar de cinta es:

$$b = 0.9 * B - 0.05[m]$$

Donde:

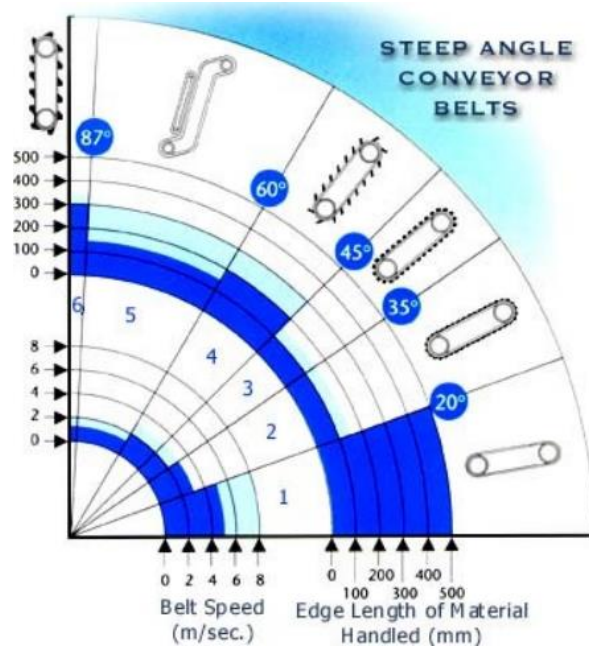


Para $B \leq 2$ m, donde S depende de la fluidez del material y las condiciones de transporte. En nuestro caso todos los conveyors de cinta tienen una banda de 0.5 m, por lo que $b = 0.4$ m. Como aproximación, se considera $S = \frac{1}{4} * b = 0.1$

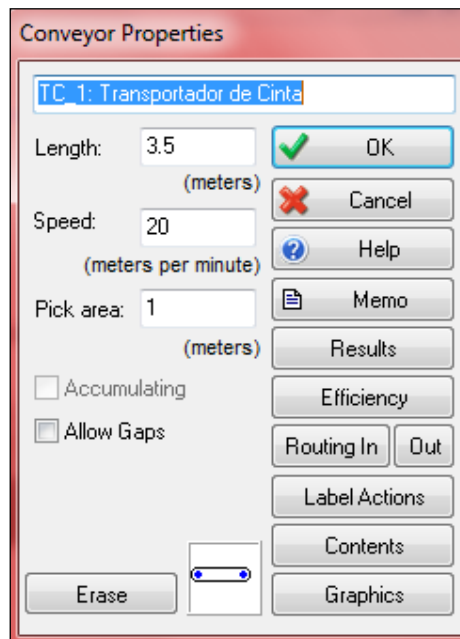
m, por lo que la sección eficaz de todos los transportadores de banda en nuestro sistema será $SE_{Tr_Cinta_500} = 0.04 \text{ m}^2$. La siguiente tabla recomienda velocidades de acuerdo al tipo de producto:

Material	B (mm)	V (m/s)
Granos y otros materiales que fluyen bien y no son abrasivos	500	2,62
	650 y 800	3,35
	1000 y 1200	4,19
	1400 y 2400	5,24
Carbón, arcilla compactada, minerales blandos y tierras, piedras trituradas de pequeño tamaño	500	2,09
	650 a 1000	3,35
	1200 a 1200	4,19
	1400 a 2400	5,24
Materiales no abrasivos	Cualquier ancho	1,05 – 1,68

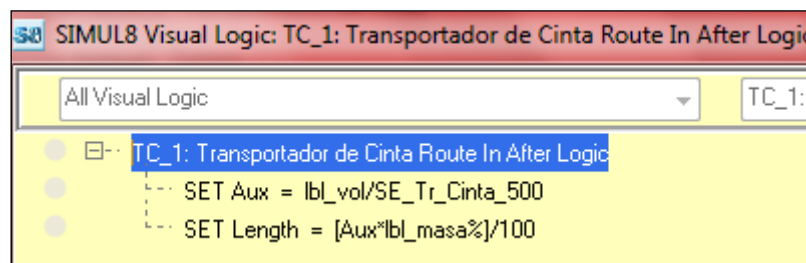
A su vez, la capacidad de transporte de los mismos se ve afectado por un coeficiente de reducción debido al ángulo de inclinación de la banda. El siguiente gráfico fue extraído de un trabajo publicado por la Facultad de Ingeniería de la Republica - Uruguay (<http://www.fing.edu.uy/>), e identifica como la capacidad de carga y velocidad de transporte se ven gravemente afectadas para cintas muy empinadas:



No obstante, como la sección efectiva de todas las cintas es el doble de la correspondiente a la rosca dosificadora RDM, se opta por utilizar una velocidad de 10 m/min para todas ellas, valor muy inferior al máximo recomendable para materiales no abrasivos. Esto garantiza un correcto flujo de material sin riesgo de que los pellets retrocedan en la cinta empinada TC_2, y es posible acelerarlos en el futuro en caso de necesidad. Así, el atributo Length de los ítems de trabajo se setea por única vez en TC_1 y no varía en el resto de las cintas.

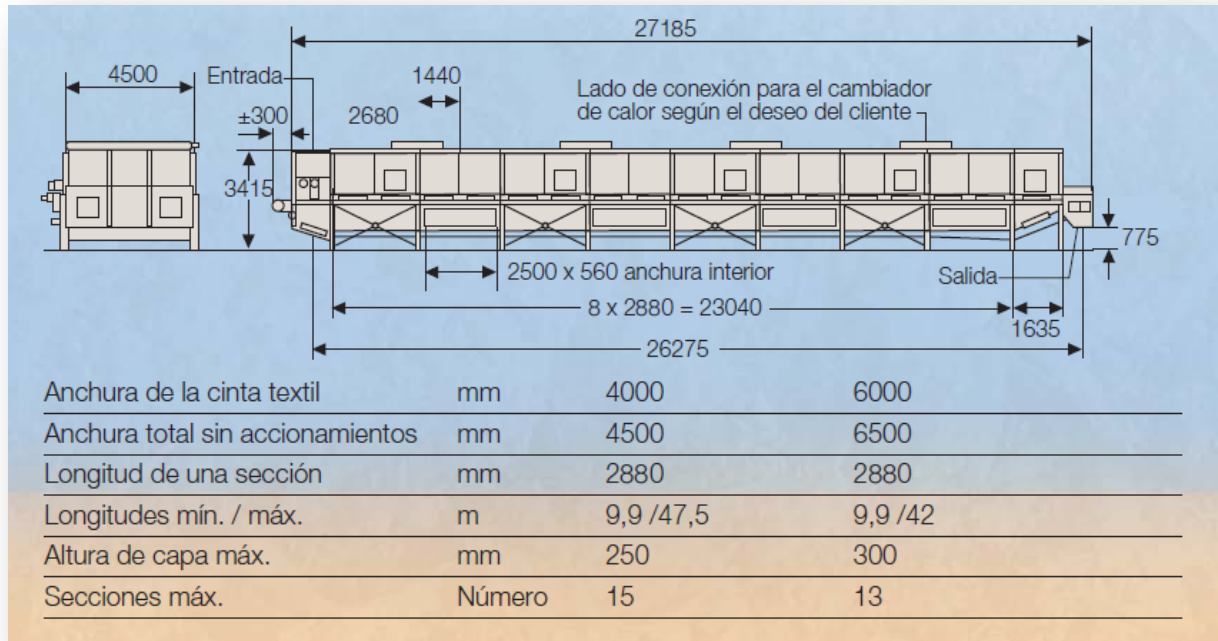


Propiedades de TC_1



Route In After Logic de TC_1

- **S_1: Secador de Cinta.** Si bien la norma DIN 22101 utiliza $b = B - 0.2$ para anchos de cinta > 2 m, en este caso tomamos un $b = 3.5$ m para el secador S_1, que tiene un $B = 4$ m. Para un secador de cinta tipo **BT 4010-04** el catálogo de Kahl recomienda una altura de capa máxima de 250 mm, tal como se ve a continuación:



Hoja de datos del catálogo de Kahl – Secador de Cinta Tipo BT 4010-04

Así, la sección efectiva del secador será:

$$SE_{Secador_Cinta} = b * h_{max} = 0.35 * 0.25 = 0.88 \text{ m}^2.$$

La longitud total del secador es de 16.8 m y la velocidad de transporte se configuró en 20 m/min, dado que el fabricante brinda limitaciones para que el secado sea efectivo.

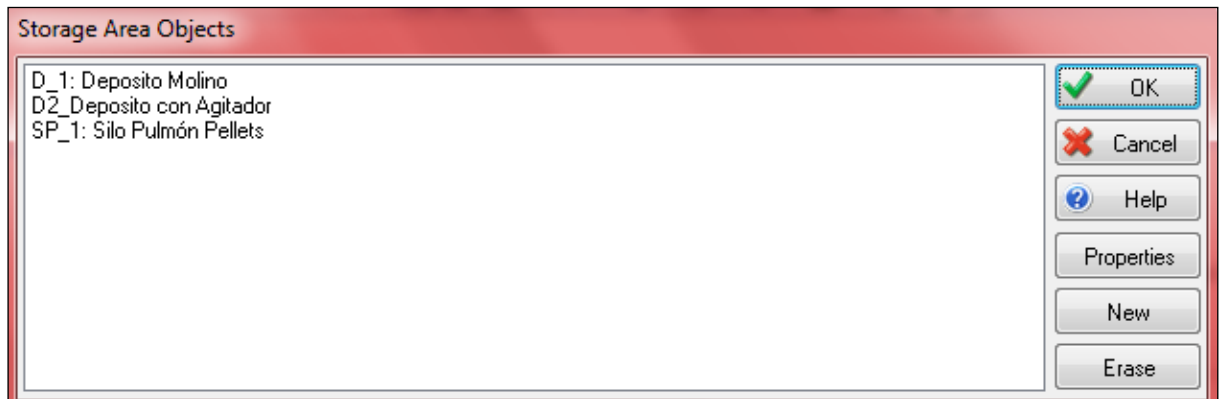
Dado que los conveyors no tienen opciones para programar Visual Logic durante la salida, se simulan todas las funciones de S_1 mediante el Work Center Ficticio **WCF_1** (ver *Work Centers*).

A continuación se resume la configuración final de las secciones efectivas de todos los conveyors del sistema:

SE_Rosca_200	0,011
SE_Rosca_400	0,044
SE_Rosca_500	0,0685
SE_Rosca_600	0,09
SE_Secador_Cinta	0,88
SE_Tr_Cinta_500	0,04

Secciones efectivas de los transportadores a rosca de diversos diámetros, el secador de cinta y los transportadores de cinta de 500 mm de ancho, todos expresados en m².

Storage Bins: Son los elementos donde se pueden almacenar los elementos de trabajo mientras esperan a que un centro de trabajo o recurso se encuentre disponible. Nuestro sistema tiene tres almacenamientos:



Almacenes del sistema

- **D_1: Deposito Molino.** Contiene un volumen de 4 m^3 . Se encuentra luego del molino triturador, por lo que se considera que la densidad inicial de $150 \text{ Kg} / \text{m}^3$ ha aumentado a aproximadamente $220 \text{ Kg} / \text{m}^3$, recordando que en esta etapa del proceso 1 unidad de trabajo = 1 Kg de producto. Así, tendrá una capacidad promedio de:

$$CapD_1 = 220 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 4 \text{ m}^3 = 880 \text{ Kg}$$

- **D_2: Depósito con Agitador.** Contiene un volumen de 5 m^3 . Se tienen las mismas consideraciones que para D_1, por lo que tendrá una capacidad promedio de:

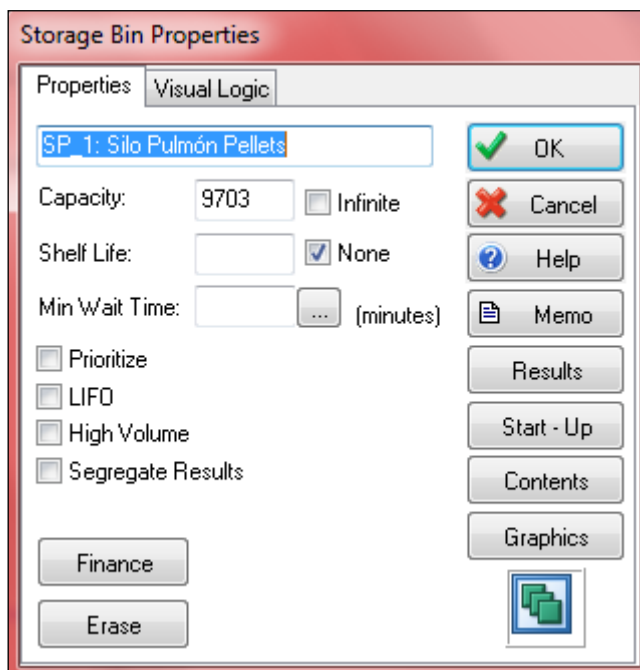
$$CapD_2 = 220 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 5 \text{ m}^3 = 1100 \text{ Kg}$$

Pero dado que al llegar a D_2 la materia prima ya ha perdido masa en el secador de cinta, WCF_1 se encarga de afectar el atributo Max size por la variable global *Porcentaje de masa tot* para reflejar el aumento de capacidad en relación a la unidad de trabajo.

- SP_1: Silo Pulmón de Pellets. Contiene un volumen de 10 m^3 , pero la densidad volumétrica del pellet es significativamente mayor al final del proceso, aproximadamente $650 \text{ Kg} / \text{m}^3$. Así:

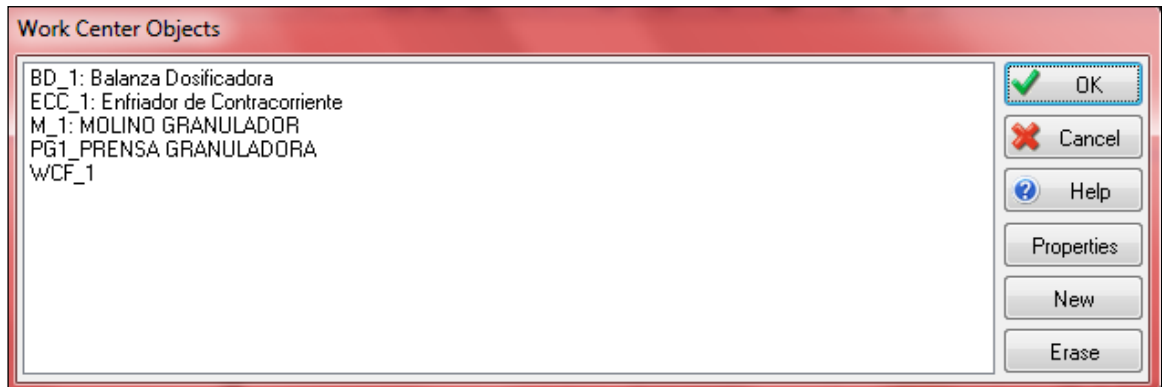
$$CapD_2 = 650 \text{ Kg} / \text{m}^3 * 10 \text{ m}^3 = 6500 \text{ Kg}$$

Al igual que con D_2 la materia prima ya ha perdido masa en el secador de cinta, por lo que WCF_1 también modificará el atributo Max sizede SP_1.



El cuadro de propiedades de SP_1 es una muestra de cómo se modificó el atributo *Capacity* a través de Visual Logic. Todos los almacenamientos son FIFO y no tienen un tiempo de expiración en cola, por lo que *ShelfLife* se configuró como None.

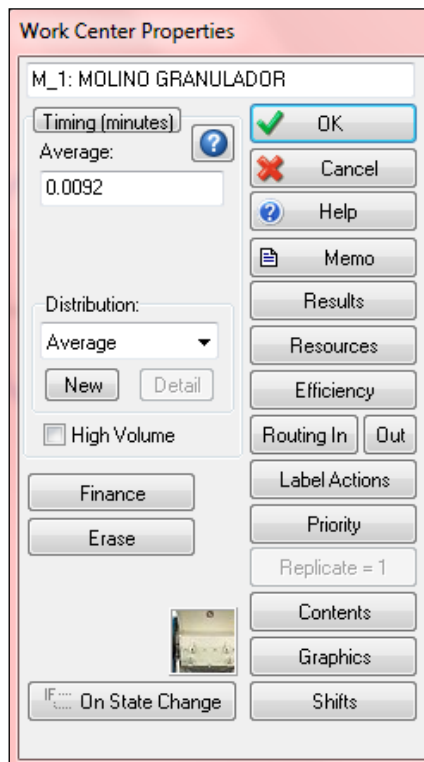
Work Centers: Los principales centros de trabajo del sistema son la el molino granulador, el secador de cinta (representado por WCF_1), la prensa granuladora PG_1, el enfriador de contracorriente ECC_1 y la balanza dosificadora BD_1:



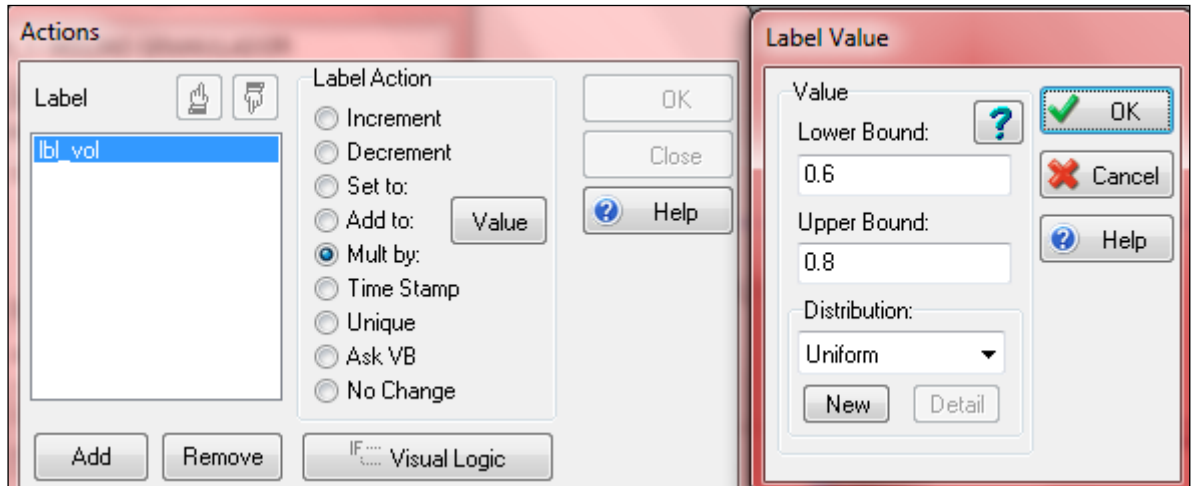
Work Center del Sistema

- **M_1: Molino Granulador.** Tiene una capacidad media de 6.5 tn / hora, en base a la cual se calcula el *Average time* de la siguiente forma:

$$Average = \left(\frac{6500 \text{ Kg}}{60 \text{ min}} \right)^{-1} = 0.0092 \left[\frac{\text{min}}{\text{Kg}} \right]$$

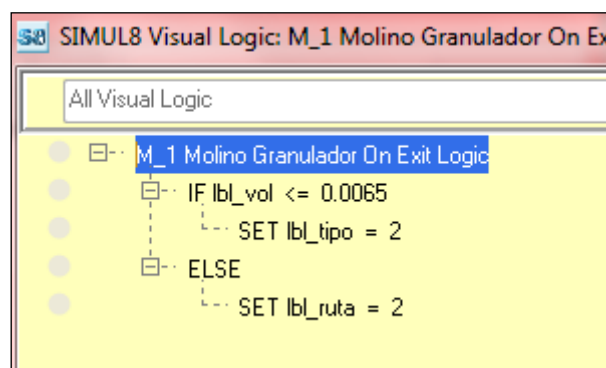


Debido a la trituración del producto su volumen másico disminuye aproximadamente un 30 %, por lo que M_1 multiplica la variable lbl_vol inicial por una distribución uniforme entre 0.6 y 0.8.



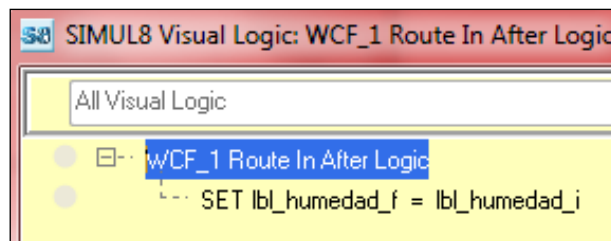
LabelsActions de M_1

Si al salir del molino algún ítem de trabajo todavía tienen un volumen másico mayor a $0.0065 \text{ m}^3 / \text{Kg}$ (correspondiente a $150 \text{ Kg} / \text{m}^3$) M_1 afectará su ruta de salida modificando su lbl_rutapara que llegado el momento sea desviado, dado que por su tamaño no podrá ser aglutinado. En caso contrario configurará lbl_tipo = 2, indicando que pasó a la siguiente parte del proceso.

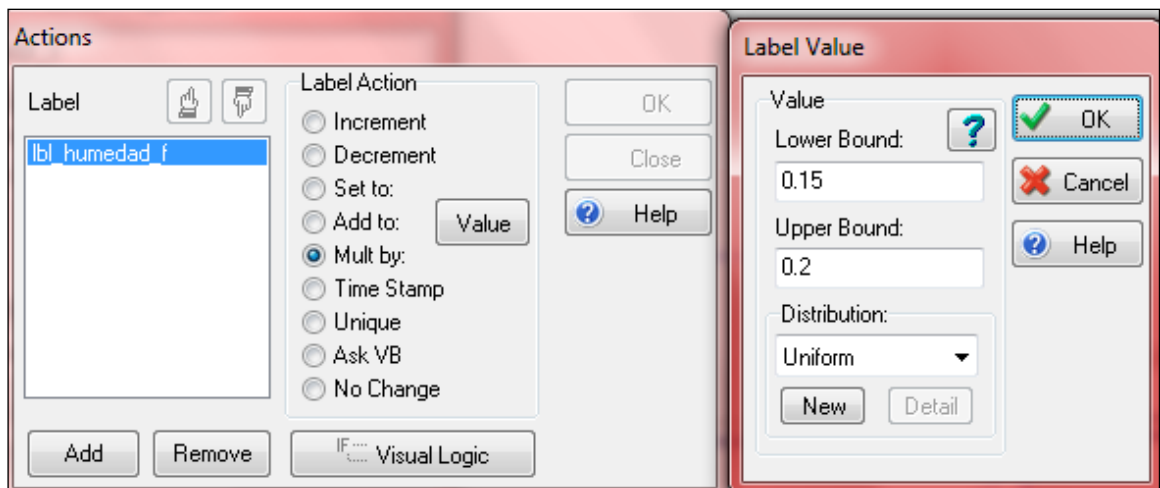


Visual Logic de M_1 (On Exit Logic)

- **WCF_1: Secador de Cinta.** El tiempo medio que pasa cada ítem de trabajo ya se encuentra configurado o el objeto S_1, que representa las características del secador de cinta como medio de transporte. No obstante, en los conveyors solo se puede programar lógica en el *routing in* pero no a la salida, y las posibilidades brindadas por *LabelActions* no eran suficientes para describir el funcionamiento de S_1. Por esta razón se decidió incluir un centro de trabajo ficticio que realiza las siguientes tareas:
 - Carga el valor inicial de humedad en *lbl_humedad_f*, para luego afectarlo multiplicándolo por una distribución uniforme de media = 0.175, dado que en esta etapa se reduce aproximadamente un 82 % la masa de agua de la materia prima. Recordemos que el secador tiene un generador de aire caliente, una superficie de intercambio total de 53 m2 y un sistema de medición de humedad en línea.

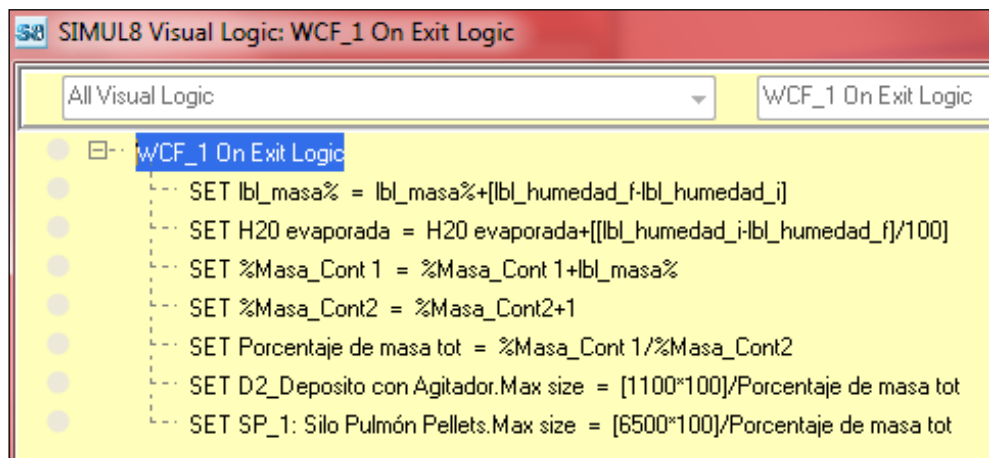


Visual Logic de WCF_1 (After Loading Work)



Label Actions de WCF_1

- Cualquier desvío en la humedad a la salida que se encuentre en el orden del 3 % puede ser manejado por la rosca dosificadora mezcladora RDM_1 que precede a la prensa granuladora.
- Se calcula el porcentaje de masa restante en función de la variación del porcentaje de humedad a la salida del secador de cinta.
- Se calcula el agua evaporada en el ítem y se adiciona a la variable global H2O evaporada (total).
- Se calcula la media de porcentaje de masa total que representan los ítems a la salida de la simulación.
- En función de dicho porcentaje de masa restante se recalculan las capacidades de almacenamiento del depósito con agitador D_2 y el silo pulmón de pellets SP_1.



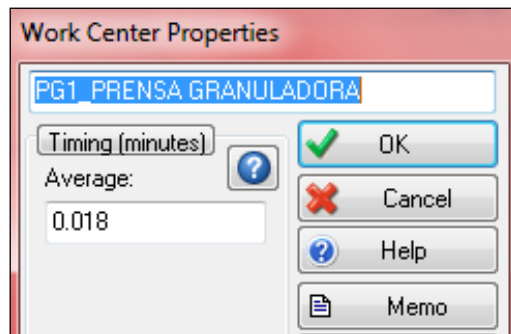
The screenshot shows the SIMUL8 Visual Logic editor for the event 'WCF_1 On Exit Logic'. The logic consists of several SET statements:

```
SET lbl_masa% = lbl_masa%+(lbl_humedad_f-lbl_humedad_i)
SET H2O evaporada = H2O evaporada+[(lbl_humedad_i-lbl_humedad_f)/100]
SET %Masa_Cont 1 = %Masa_Cont 1+lbl_masa%
SET %Masa_Cont2 = %Masa_Cont2+1
SET Porcentaje de masa tot = %Masa_Cont 1/%Masa_Cont2
SET D2_Deposito con Agitador.Max size = [1100*100]/Porcentaje de masa tot
SET SP_1: Silo Pulmón Pellets.Max size = [6500*100]/Porcentaje de masa tot
```

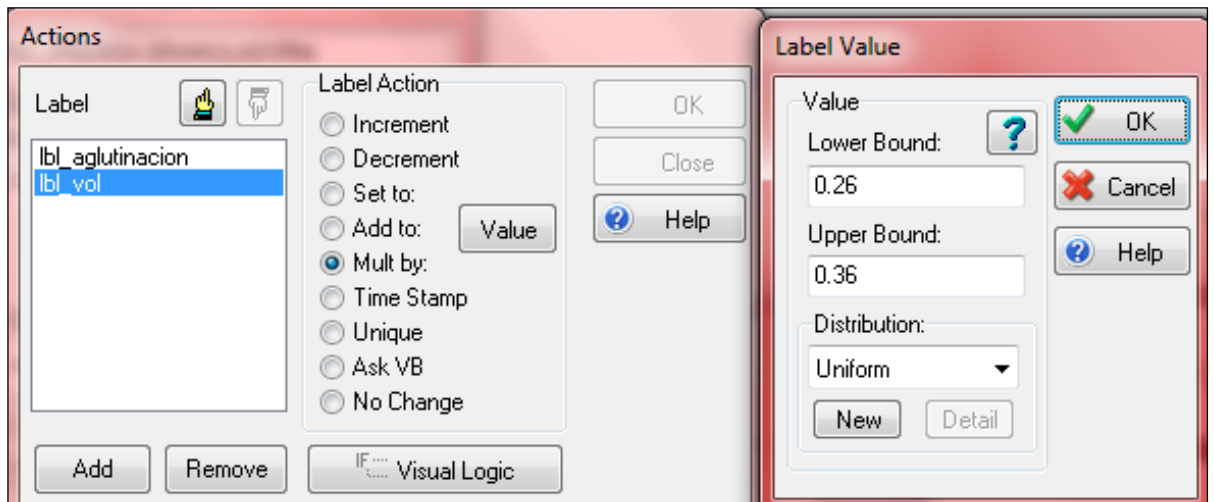
Visual Logic de WCF_1 (On Exit Logic)

- PG_1: Prensa Granuladora.** La prensa tiene una capacidad teórica de 2200 Kg / hora, pero se debe considerar que cada ítem en esta etapa del proceso no corresponde a un Kg de madera. Luego de realizar tres corridas de la etapa de secado durante 1200 min (un día) obtuvimos como resultado que la variable global Porcentaje de masa tot tiene un valor de aproximadamente 67 %. Así, calculamos el tiempo medio de proceso de un ítem para PG_1, según:

$$Average = \left[\left(\frac{2200 \text{ Kg}}{60 \text{ min}} \right)^{-1} \right] * 0.67 = 0.018 \left[\frac{\text{min}}{\text{item}} \right]$$

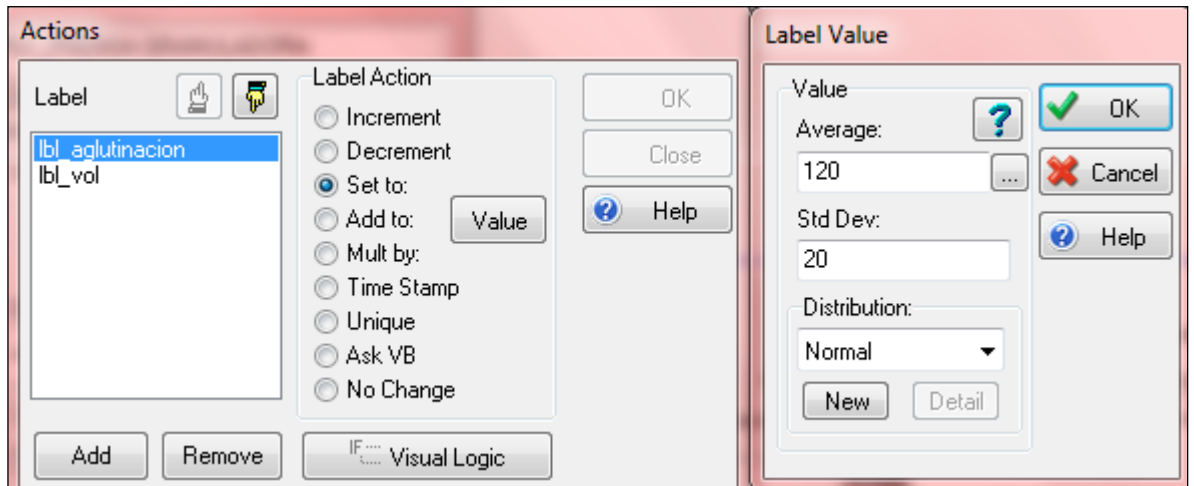


Durante el pelletizado el volumen másico de la materia prima disminuye aproximadamente un 70 %, pero sin ocasionar pérdida de masa. Así, lbl_vol se multiplica por una distribución uniforme entre 0.26 y 0.36:



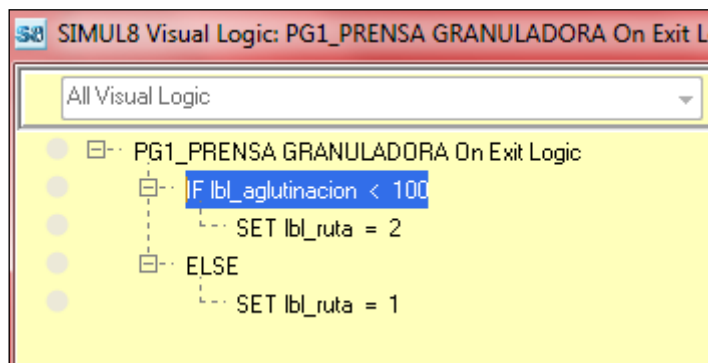
Reducción volumétrica en la prensa

No obstante, el proceso de aglutinación depende de que el material alcance un incremento térmico del orden de 120 °C para que se genere la plastificación de la lignina. Así, se configura la variable lbl_aglutinación representando dicho incremento, con una distribución normal de $\mu = 120$ y $\sigma = 20$.



Incremento térmico en la prensa

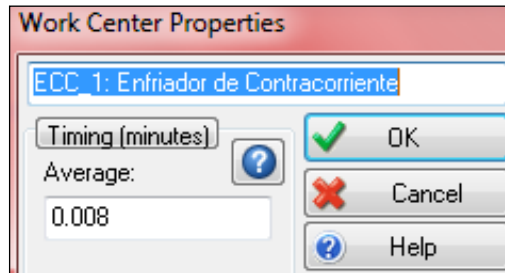
Si el incremento térmico no llega a los 100 °C la lignina no logra plastificarse, por lo que ese ítem no se aglutina y termina siendo polvillo. La ruta de tales ítems se modifica para que sean filtrados y no lleguen al producto final:



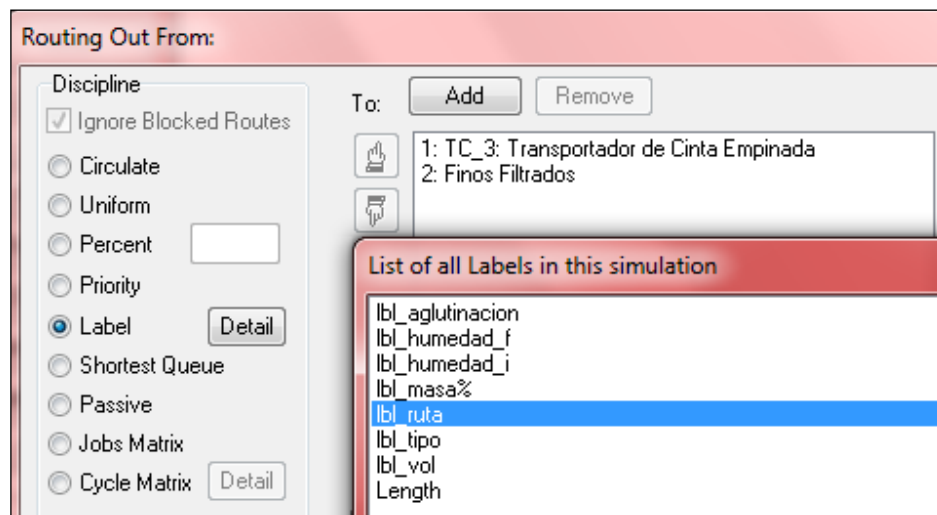
Filtrado de elementos no aglutinados por falta de temperatura

- **ECC_1: Enfriador de Contracorriente.** Este objeto tiene una capacidad máxima de 5000 Kg / h, por lo que tomando en cuenta Porcentaje de masa tot el tiempo medio de procesamiento será:

$$Average = \left[\left(\frac{5000 \text{ Kg}}{60 \text{ min}} \right)^{-1} \right] * 0.67 = 0.008 \left[\frac{\text{min}}{\text{item}} \right]$$



A la salida del mismo se filtran los finos por decantación. Los ítems que no fueron aglutinados terminan el proceso en *Finos Filtrados*. ECC_1 se encarga manejar el enrutamiento adecuado analizando la variable *lbl_ruta*, que fue anteriormente modificada por los centros de trabajo antecesores:

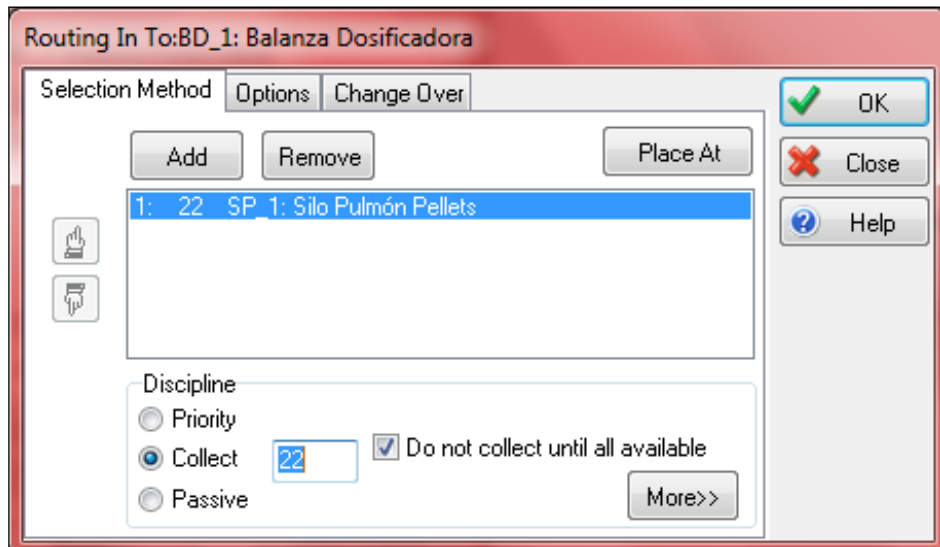


Envío de elementos no aglutinados a *Finos Filtrados*

- **BD_1: Balanza Dosificadora.** La capacidad de producción de la balanza es de 6 bolsas de 15 Kg / min = 90 Kg / min. Así, teniendo en cuenta *Porcentaje de masa tot*, el tiempo medio de proceso será:

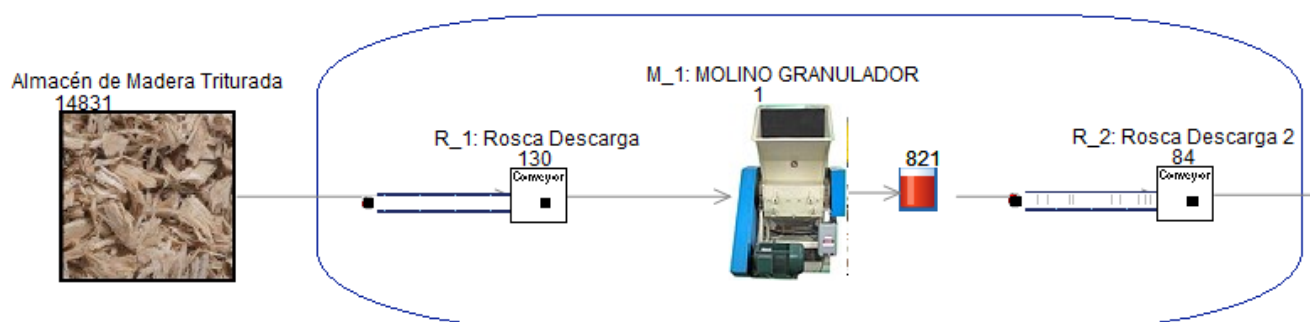
$$Average = \left[\left(90 \text{ Kg}/\text{min} \right)^{-1} \right] * 0.67 = 0.0075 \left[\frac{\text{min}}{\text{item}} \right]$$

Dado que luego de la recolección de 15 Kg de pellets el ingreso a la balanza se bloquea hasta que se selle la bolsa y se coloque una nueva, ahora se configurará el método de selección a la entrada para una recolección de 22 ítems (15 Kg / 0.67):



6.7. Flujo del Proceso

- **Triturado:** Paso a través del molino granulador M_1, con su correspondiente depósito. En esta etapa del proceso no hay pérdida de masa, solo un pequeño aumento de la densidad volumétrica del material.



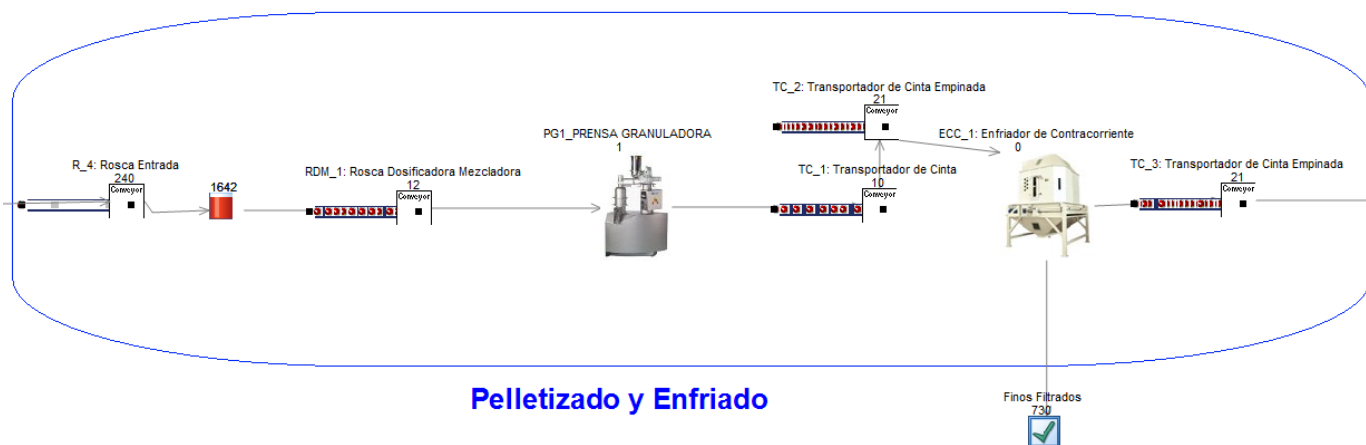
Triturado

- **Secado:** El secador de cinta S_1 genera una pérdida de masa por evaporación de agua, la cual es calculada por el Work Center Ficticio WCF_1 que lo precede.

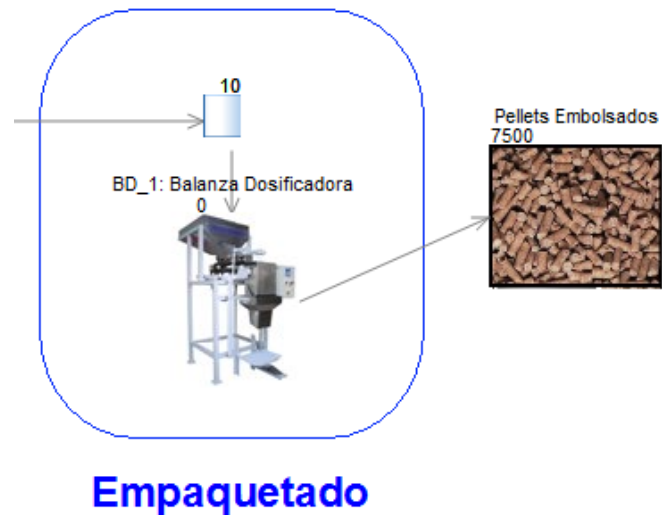


Secado

- **Pelletizado y Enfriado:** La rosca dosificadora mezcladora RDM_1 acondiciona la materia prima antes del proceso de pelletizado, ajustando variaciones del porcentaje de humedad del orden de un 3%. La prensa granuladora PG_1 aglutina el material conformando los pellets, los cuales tienen una densidad volumétrica del orden de $650 \text{ Kg} / \text{m}^3$. Las cintas transportadoras llevan el producto a alta temperatura hasta el enfriador de contracorriente ECC_1, donde se adecuan para el almacenamiento. Un pequeño porcentaje de material no logra ser aglutinado en la prensa, por lo que debe ser filtrado a la salida de ECC_1 para no llegar al sector de empaquetado. Este hecho es reflejado en Finos Filtrados.



- **Empaquetado:** El producto sale del sector de pelletizado y puede ser empaquetado en bolsos de 15 Kg o vendido a granel. El silo pulmón SP_1 tiene capacidad para almacenar 6500 Kg de producto, que puede ser empaquetado cuando se desee.



El flujo completo del proceso puede observarse en los planos del *Anexo: Diagrama de Proceso Productivo*.

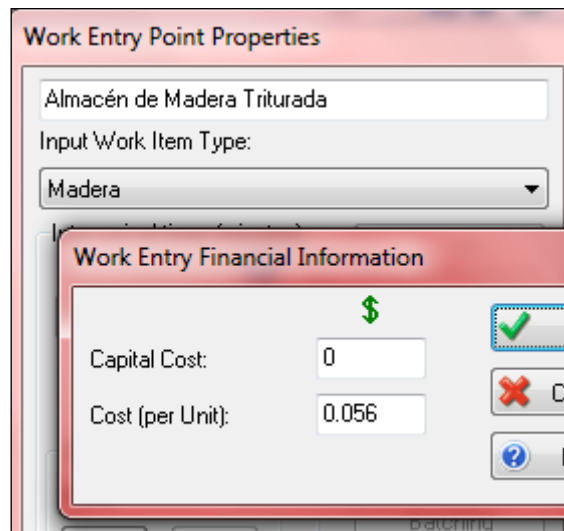
6.8. Configuración de variables financieras:

Si bien el análisis financiero en detalle se realiza en el capítulo 10 del Informe de PFI, se configuran 3 variables financieras en el modelo de simulación para realizar un análisis de resultados más adecuado:

- **Costo unitario de materia prima entrante:** Según el Boletín de Precios de Maderas para Pasta Celulósica de Mayo de 2011 (Colegio de Ingenieros Forestales de Misiones), el precio de la astilla de Pinus para pulpa es de 64 \$ / tn. Realizando la corrección por el índice inflacionario este valor asciende a 80 \$ / tn. No obstante, los inversores aseguran que aproximadamente 20.000 Kg diarios de la materia prima será de origen propio, de los sobrantes de su fábrica de placas de madera que en la actualidad no venden. Luego de realizar una serie de trials (ver capítulo siguiente) observamos que esto representa un 30 % del consumo diario. Por lo tanto, el precio final de adquisición será de $80 \$ / tn * 0.7 = 56.5 \$ / tn = 0.056 \$ / Kg$.

BOLETIN DE PRECIOS DE MADERAS PARA PASTA CELULOSICA				
FECHA:	COLEGIO DE INGENIEROS FORESTALES DE MISIONES			
EMPRESA	PRODUCTO	ZONA	PRECIO (\$/tn)	COND. PAGO
ALTO PARANA S.A.	Troncos pulpable de pinus, araucaria y eucaliptos con destino a triturado plantas Celulosa/MDF (Pto. Esperanza/Piray)	Norte	85.00	Cierre quincenal - Pago a 15 días
		Centro-Sur	95.00	
	Astillas para pulpa de pinus, araucaria con destino a plantas Celulosa/Piray	Hasta 40 km	78.00	
		> 40 km	90.00	
	Chips leña (combustible) para Planta térmica Piray	Hasta 50 km	42.00	
		> 50 km	50.00	
PAPEL MISIONERO S.A.	Raleo de Pinus spp	Norte	76.00	Cierre quincenal - Pago a 15 días
		Sur	76.00	
	Astillas p/pulpa	Norte	64.00	
		Sur	64.00	
	Astillas leña y aserrín	Norte	45.00	
		Sur	45.00	
COOP. DE TRABAJO INDUSTRIA PTO. PIRAY LTDA.	Raleo Eucalyptus sin corteza (m3 st)	radio 150 km	75.00	Cierre Quinc. Pag 30/45 días
	Raleo Eucalyptus con corteza (m3 st)		45.00	
	Raleo Pino con corteza (tn)		70.00	
	Leña (tn)	Unica	75.00	Cierre Quinc. Pag 15 días
	Chip leña (tn)		53.00	
ZONA SUR DE MISIONES	Leña Eucalipto / Grevillea (tn)	verde	55.00	Cierre Quinc. Pag 15/30 días
	Leña Eucalipto colorado (tn)	seco	70.00	

Este costo se configura en el *WorkEntry Point* Almacén de Madera Triturada, en la solapa Finance:



Costo unitario de cada ítem de trabajo

- Costo por unidad de tiempo de los principales Work Centers:** El costo de la energía eléctrica en Misiones para usuarios industriales de consumo menor a 2000 Kwh es de \$0.586 neto por Kwh. *Fuente: EMSA (Electricidad de Misiones SA), Proyecto de Cuadro Tarifario N° 228 vigente a partir del periodo 11/2011.*

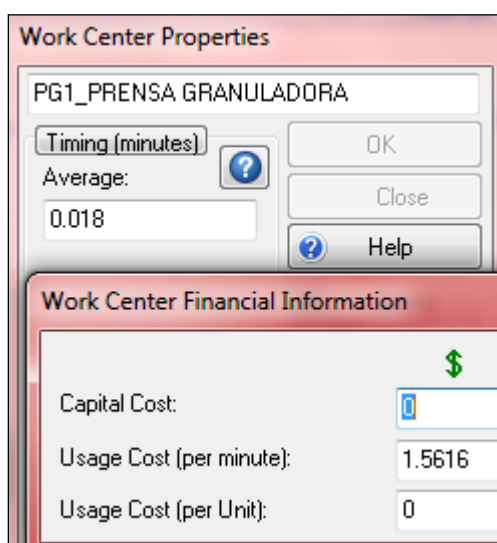
<http://www.emsadigital.com.ar/servicios/cuadrotarifariosinsubsidio.asp>

3	Industrial	3.a 1 Menor a 2000 KWh		
		Energía	0,586	41,26
		3.a 2 Desde 2000 KWh a 4000 KWh		
		Energía	0,649	51,46
		3.b Mayor a 4000 KWh		
		Energía	0,649	51,46

Costo del Kwh para usuarios industriales

Expresado en minutos el costo incurrido será de \$ **0.00976** por Kw, que multiplicado por el consumo de cada máquina resulta en un costo de uso por minuto que es ingresado en la solapa *Finance* de cada *Work Center*. Por ejemplo, en el caso de la prensa granuladora PG_1 este costo será:

$$\text{Costo Consumo Eléctrico PG}_1: \$ 0.00976 \text{ Kw}/\text{min} \times 160 \text{ Kw} = 1,5616 \text{ $}/\text{min}$$



Work Center Properties	
PG1_PRESA GRANULADORA	
Timing (minutes)	?
Average:	0.018
OK	
Close	
Help	

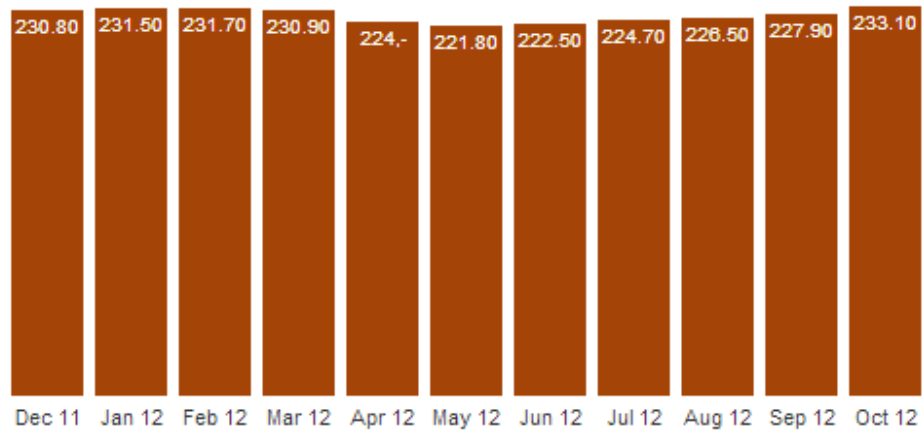
Work Center Financial Information	
Capital Cost:	0
Usage Cost (per minute):	1.5616
Usage Cost (per Unit):	0

En el *Capítulo 10: Análisis Financiero* se encuentra la lista completa de consumos y gastos en servicio eléctrico.

- **Ingresos por venta de producto final.** El precio de venta del producto final en el extranjero es de aproximadamente € 233 por tonelada (*Fuente:* <http://www.pelletshome.com/en>).

Average pellet prices of Austrian pellet suppliers

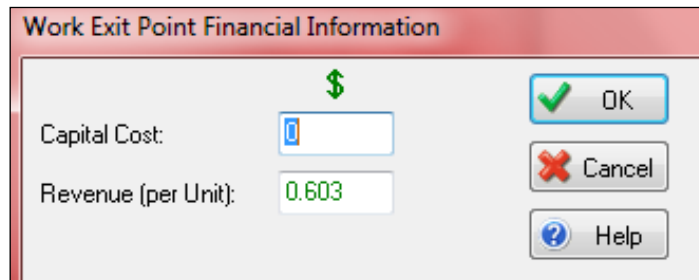
The price survey of proPellets Austria showed for the month October 2012 an average price of € 233.10 incl. VAT, per tonne of pellets.



Considerando que una tonelada de producto es energéticamente equivalente a aproximadamente 500 litros de gasoil, el grupo inversor pretende generar una ventaja competitiva vendiendo el producto a un 35 % del costo de dicho combustible. El precio actual del gasoil común oscila entre 5 y 5.5 \$ / l, por lo que el costo de adquisición de 500 litros es de 2500 ~ 2500 \$. Así, se estipula el precio de venta de la tonelada de producto a \$ 900 en puerta, o \$ 1200 incluyendo un flete hasta 1000 km. Tomando el precio en puerta, el ingreso por unidad de trabajo será:

$$\frac{900}{1000} \times 0.67 = 0.603 \frac{\$}{item}$$

El precio de venta por unidad de trabajo se ingresa en la solapa *Finance* del *WorkCompletePellets Embolsados*:



Work Exit Point Financial Information

Capital Cost: \$

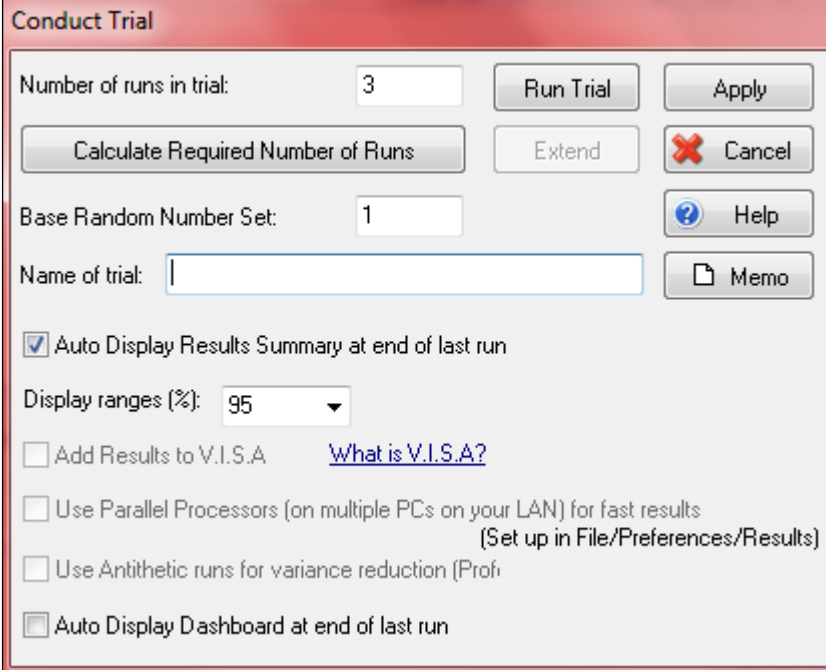
Revenue (per Unit):

OK Cancel Help

Revenue per Unit – Work Exit Point

7. Análisis de resultados

Para incrementar la precisión de los resultados obtenidos se debe primero configurar un trial (o experimento), consistente en una serie de corridas de la simulación donde todos los parámetros se mantienen, excepto por la utilización de diferentes series de números aleatorios para aumentar la similitud con escenarios de la vida real. La configuración del trial en Simul8 fue definida para realizar tres corridas, tal como se ve a continuación:



Conduct Trial

Number of runs in trial: 3 Run Trial Apply

Calculate Required Number of Runs Extend Cancel

Base Random Number Set: 1 Help

Name of trial: Memo

Auto Display Results Summary at end of last run

Display ranges (%): 95

Add Results to V.I.S.A. [What is V.I.S.A?](#)

Use Parallel Processors (on multiple PCs on your LAN) for fast results
(Set up in File/Preferences/Results)

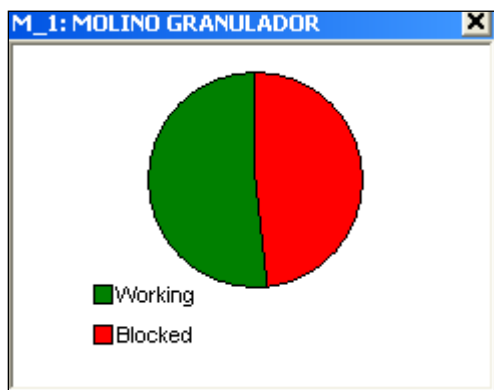
Use Antithetic runs for variance reduction (Prof:

Auto Display Dashboard at end of last run

Configuración de corridas en el trial

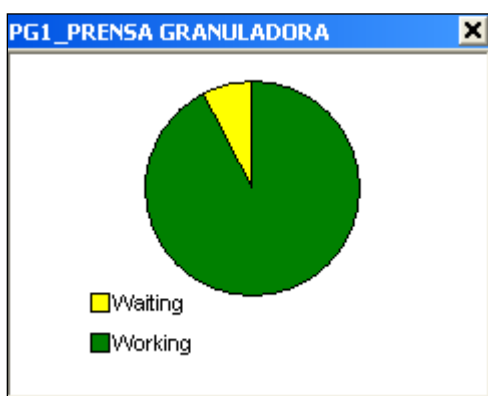
- **Detalle de Resultados – Centros de Trabajo:** Se presentan a continuación todos los resultados promedio (average) del trial que permiten ver el porcentaje de eficiencia de cada centro de trabajo.

M_1: MOLINO GRANULADOR	Waiting %	0.04
	Working %	51.61
	Blocked %	48.36
	Stopped %	0.00
	Number Completed Jobs	67440.00
	Minimum use	0.00
	Average use	1.00
	Maximum use	1.00
	Current Contents	1.00
	Change Over %	0.00
	Off Shift %	0.00
	Resource Starved %	0.00



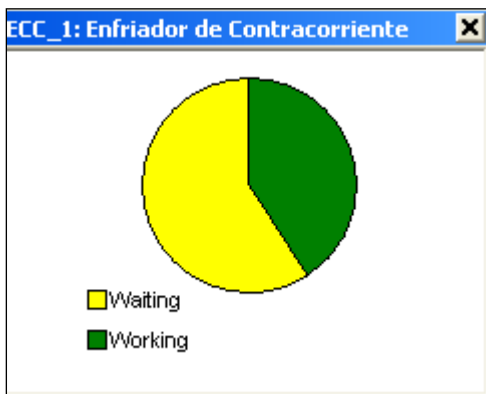
Porcentaje de Trabajo M_1

PG1_PRENSA GRANULADORA	vWaiting %	7.58
	vWorking %	92.42
	Blocked %	0.00
	Stopped %	0.00
	Number Completed Jobs	61706.00
	Minimum use	0.00
	Average use	0.94
	Maximum use	1.00
	Current Contents	1.00
	Change Over %	0.00
	Off Shift %	0.00
	Resource Starved %	0.00



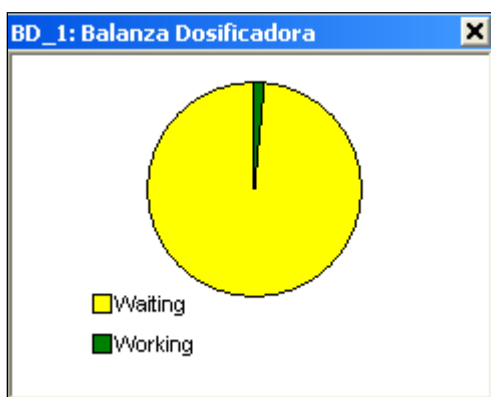
Porcentaje de Trabajo PG_1

ECC_1: Enfriador de Contracorr	vWaiting %	59.13
	vWorking %	40.87
	Blocked %	0.00
	Stopped %	0.00
	Number Completed Jobs	61391.00
	Minimum use	0.00
	Average use	0.43
	Maximum use	1.00
	Current Contents	1.00
	Change Over %	0.00
	Off Shift %	0.00
	Resource Starved %	0.00



Porcentaje de Trabajo ECC_1

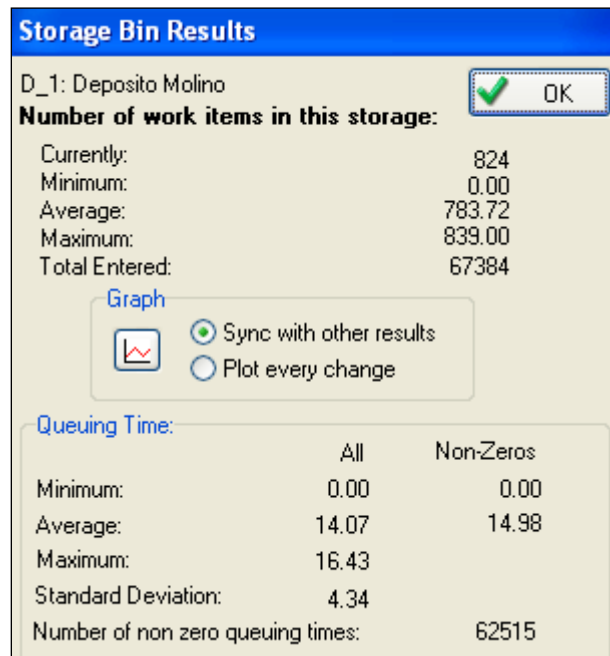
BD_1: Balanza Dosificadora	Waiting %	98.54
	Working %	1.46
	Blocked %	0.00
	Stopped %	0.00
	Number Completed Jobs	2340.00
	Minimum use	0.00
	Average use	0.28
	Maximum use	22.00
	Current Contents	0.00
	Change Over %	0.00
	Off Shift %	0.00
	Resource Starved %	0.00



Porcentaje de Trabajo BD_1

- **Detalle de Resultados – Almacenes:** Se presentan a continuación todos los resultados promedio (average) de cantidad de unidades contenidas en los almacenes durante la corrida y el tiempo promedio de almacenaje.

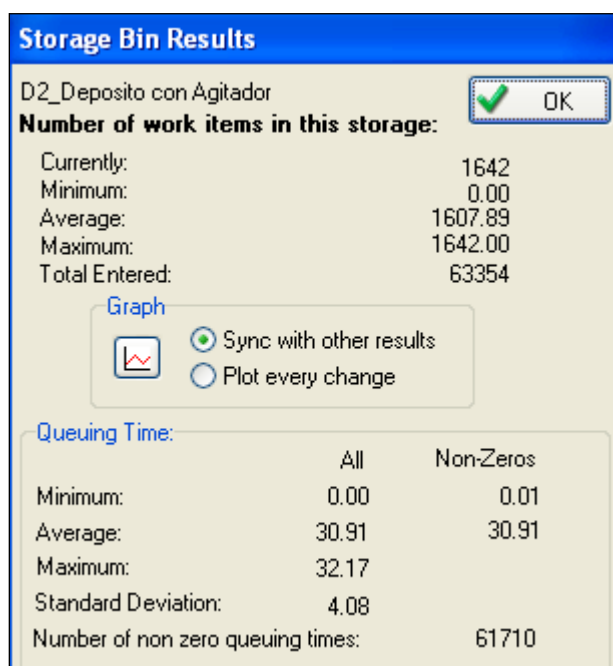
D_1: Deposito Molino	Minimum queue size	0.00
	Average queue size	783.72
	Maximum queue size	839.00
	Minimum Queuing Time	0.00
	Minimum (non-zero) Queuing Time	0.00
	Average Queuing Time	14.07
	Average (non-zero) Queuing Time	14.98
	Maximum Queuing Time	16.43
	Number of non zero queuing times	62515.00
	% Queued less than time limit	9.85
	"Queued less than" time	10.00
	St Dev of Queuing Time	4.34
	Current Contents	824.00
	Items Entered	67384.00



Promedio de unidades en D_1 = 783 Kg

Tiempo promedio de almacenado = 14.07 min

D2_Deposito con Agitador		
	Minimum queue size	0.00
	Average queue size	1607.89
	Maximum queue size	1642.00
	Minimum Queuing Time	0.00
	Minimum (non-zero) Queuing Time	0.01
	Average Queuing Time	30.91
	Average (non-zero) Queuing Time	30.91
	Maximum Queuing Time	32.17
	Number of non zero queuing times	61710.00
	% Queued less than time limit	1.63
	"Queued less than" time	10.00
	St Dev of Queuing Time	4.08
	Current Contents	1642.00
	Items Entered	63354.00



Promedio de unidades en D_2 = 1607 unidades = aprox. 1076 Kg.

Tiempo promedio de almacenado = 30.91 min

SP_1: Silo Pulmón Pellets		
Minimum queue size		0.00
Average queue size		10.07
Maximum queue size		22.00
Minimum Queuing Time		0.00
Minimum (non-zero) Queuing Time		0.00
Average Queuing Time		0.24
Average (non-zero) Queuing Time		0.25
Maximum Queuing Time		0.70
Number of non zero queuing times		49140.00
% Queued less than time limit		100.00
"Queued less than" time		10.00
St Dev of Queuing Time		0.15
Current Contents		12.00
Items Entered		51492.00

Storage Bin Results

SP_1: Silo Pulmón Pellets OK

Number of work items in this storage:

Currently:	12
Minimum:	0.00
Average:	10.07
Maximum:	22.00
Total Entered:	51492

[Graph](#)

Sync with other results
 Plot every change

Queuing Time:

	All	Non-Zeros
Minimum:	0.00	0.00
Average:	0.24	0.25
Maximum:	0.70	
Standard Deviation:	0.15	
Number of non zero queuing times:		49140

Promedio de unidades en SP_1 = 10 unidades = aprox. 7 Kg.

Tiempo promedio de almacenado = 0.24 min

- Detalle de Resultados – Punto de Salida de Pellets:** En esta sección no solo se ve el número promedio de trabajos terminados, sino que también se puede observar el tiempo promedio que transcurre una unidad de trabajo en el sistema:

Pellets Embolsados	Average Time in System	113.51
	Number Completed	51458.00
	"In System less than" time	10.00
	% In System less than time limit	0.00
	St Dev of	22.82
	Maximum Time in System	126.88
	Minimum Time in System	21.08

El tiempo promedio que tarda cada Kg de materia prima entrante en convertirse en aproximadamente 0.67 Kg de pellets es de 113.5 min.

- Resultados de variables globales:**

H2O en MP	0	27002,573152	Contenido de agua en materia prima (l)
H2O en PF	0	2411,8060101	Contenido de agua en producto final (l)
H2O evaporada	0	20967,127541	Cantidad de agua evaporada, en litros
Masa Materia Prima entrante	0	67508	En Kg
Masa Total Producida	0	34492,830000	En Kg

Resultados de materia prima utilizada, cantidad de pellets producidos y contenidos de agua, expresados en litros totales. La variación entre el resultado del cálculo de la diferencia entre H₂O en PF y MP en relación a H₂O evaporada se debe al contenido de agua del material filtrado.

Porcentaje de humedad MP	0	39,999071446
Porcentaje de humedad PF	0	6,9921952188
Porcentaje de masa tot	0	67,004284300

Porcentajes de humedad en materia prima y producto final. Como se ve, el sistema de secado se encuentra configurado para obtener un pellet con aproximadamente un 7% de humedad relativa. El porcentaje de masa total es la relación entre la cantidad de unidades producidas y la cantidad de kg efectivos de producto final, calculado teniendo en consideración la cantidad de H₂O evaporada.

- **Resumen y análisis de resultados:**

- RESULTADOS DEL PERIODO SIMULADO: 1200 min = 20 Horas = 1 DIA (2 jornadas de 10 horas sin parada)
- CANTIDAD DE DIAS HÁBILES: 275 DIAS / AÑO (55 semanas)
- MATERIA PRIMA / DIA: 67508 Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 34492 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 1.72 tn / hora
- MASA FILTRADA POR NO HABER SIDO AGLUTINADA: 6419 Kg
- EFICIENCIA = PF / MP = 0.511
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 9.485.300 Kg = 9.485 tn / año
- GANANCIA DIARIA: En función del precio de venta y los costos variables unitarios

Costs	\$ 7.095.25
Revenue	\$ 31.029.17
Profit	\$ 23.933.92

A partir de los resultados podemos realizar las siguientes afirmaciones:

- La prensa granuladora PG_1 se encuentra funcionando a máxima capacidad mientras que el molino granulador M_1 y el enfriador de contracorriente ECC_1 tienen capacidad ociosa.
- Los almacenes D_1 y D_2 aprovechan su espacio volumétrico para compatibilizar las variaciones de velocidad de transporte y procesamiento de los conveyors y centros de trabajo, pero el silo pulmón de pellets SP_1 en teoría sería prescindible. No obstante, la razón de su existencia es que la etapa de empaquetado no es

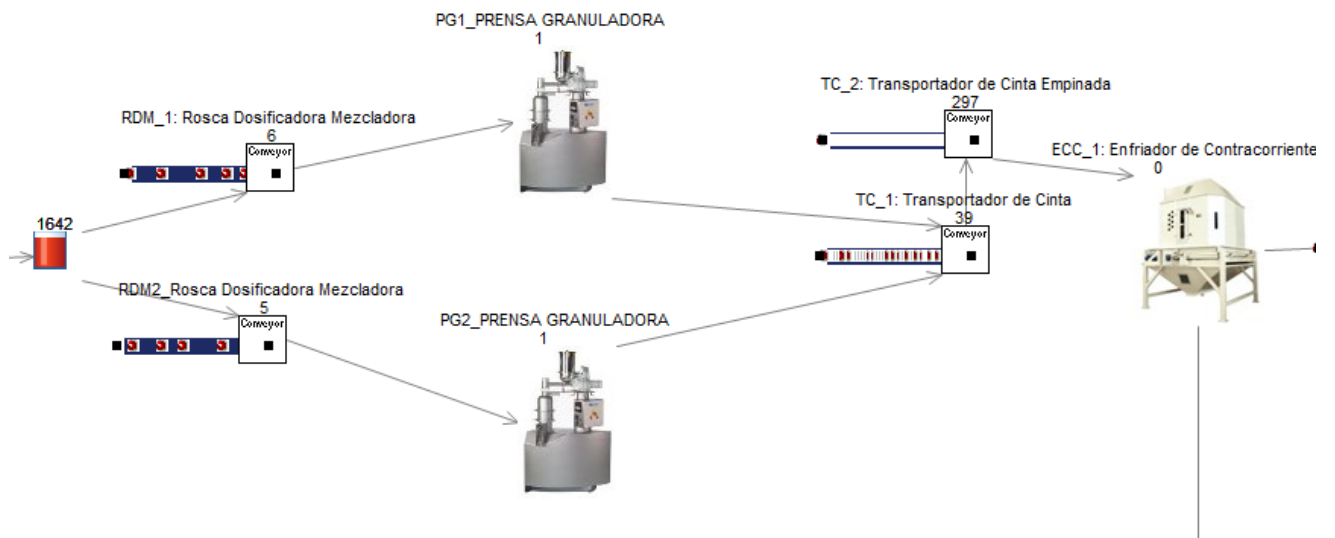
necesariamente continua, sino que es posible almacenar hasta 6.5 toneladas de producto para luego embasarlo en big bags de 1000 Kg, bolsas de bajo peso o incluso venderlo a granel. Asimismo, es importante remarcar que esta situación indica que la capacidad de empaquetado de la balanza dosificadora supera ampliamente las necesidades productivas.

- Las características del pellet de humedad del pellet superan los requerimientos de mercado, configurando al producto dentro del rango premium.
- Según la estructura de costos que se presenta la materia prima no es un ítem clave, dado que su precio por tonelada es bajo y parte del consumo es solventado por la planta vecina de los mismos dueños. No obstante, se debe considerar en los análisis financieros un escenario pesimista en el que los costos de adquisición de pulpa de madera aumenten.

8. Presentación de escenarios de mejora

8.1. Inclusión de 2da prensa granuladora:

A partir del análisis realizado en el punto anterior una de las primeras afirmaciones realizadas fue la poca eficiencia productiva de las etapas de molienda y empaquetado en relación al pelletizado, debido a las limitaciones de capacidad de la prensa granuladora. Por tal motivo, la 1ra optimización en orden de prioridad es la inclusión de una segunda presa:



Podemos observar en la figura anterior como están dispuestas las dos prensas granuladoras en paralelo. Cada una es alimentada por su rosca dosificadora independiente que a su vez se alimentan de forma simultánea del depósito con agitador anterior.

A continuación de las prensas las siguen sendos transportadores de cinta independientes que confluyen en el enfriador de contracorriente.

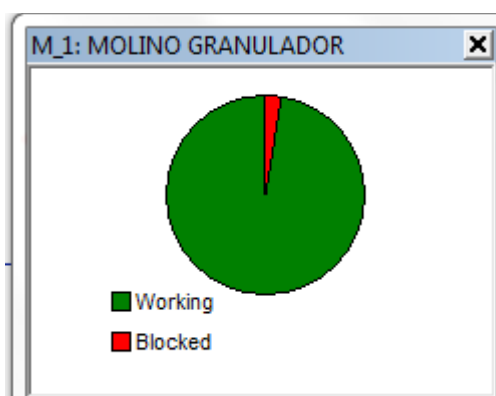
En esta configuración vemos una notable mejora del rendimiento productivo, pasando de producir 34492 kg de pellets a 70829 kg, haciendo notar que los cambios introducidos son menores en comparación al total de la línea productiva.

- **Detalle de Resultados Optimización 1 – Centros de Trabajo:** Se presentan a continuación todos los resultados promedio (average) del trial que permiten ver el porcentaje de eficiencia de cada centro de trabajo.

Pellets Embolsados Average Time in System 47.14152

M_1: MOLINO GRANULADOR

Waiting %	0.09831
Working %	97.48702
Blocked %	2.41467
Stopped %	0
Number Completed Jobs	127311
Minimum use	0
Average use	0.99583
Maximum use	1
Current Contents	1
Change Over %	0
Off Shift %	0



Molino Granulador M 1

Se observa que con la nueva configuración el molino granulador tiene muy poca capacidad ociosa, trabaja ahora un 97,5%.

PG1_PRESA GRANULADORA

Waiting %	7.14832
Working %	91.19211
Blocked %	1.65957
Stopped %	0
Number Completed Jobs	60880
Minimum use	0
Average use	0.92083
Maximum use	1
Current Contents	1
Change Over %	0
Off Shift %	0



Porcentaje de Trabajo PG_1

PG2_PRESA GRANULADORA

Waiting %	7.16408
Working %	91.21521
Blocked %	1.62071
Stopped %	0
Number Completed Jobs	60896
Minimum use	0
Average use	0.92083
Maximum use	1
Current Contents	1
Change Over %	0

Off Shift % 0

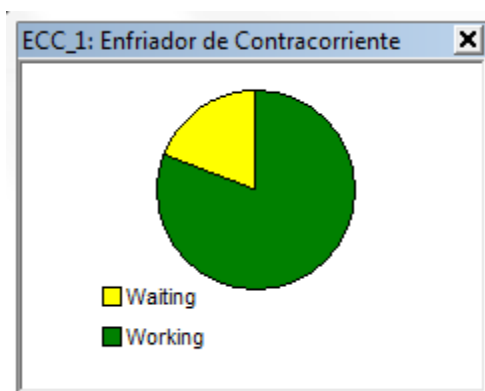


Porcentaje de Trabajo PG_2

Es interesante observar que la inclusión de una segunda prensa prácticamente no afecto el rendimiento efectivo de cada una de ellas, descendiendo apenas a un 91,2 %.

ECC_1: Enfriador de Contracorriente

Waiting %	19.11283
Working %	80.87067
Blocked %	0.0165
Stopped %	0
Number Completed Jobs	121440
Minimum use	0
Average use	0.775
Maximum use	1
CurrentContents	0
ChangeOver %	0



Porcentaje de Trabajo ECC 1

Al igual que con el molino granulador, el enfriador de contracorriente ahora se ve mucho más exigido, trabajando a 80,9 %.

BD_1: BalanzaDosificadora

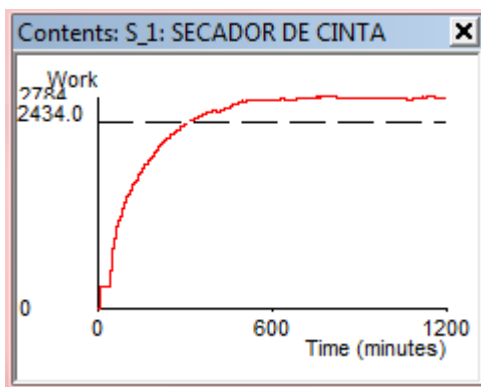
Waiting %	97.00279
Working %	2.99721
Blocked %	0
Stopped %	0
Number Completed Jobs	4805
Minimum use	0
Average use	0.275
Maximum use	22
Current Contents	0
Change Over %	0
Off Shift %	0

La balanza dosificadora sigue estando muy por debajo de su capacidad productiva máxima.

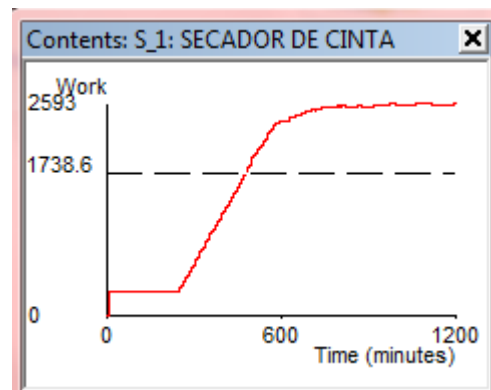
Detalle de Resultados Optimización 1 – Secador de Cinta: El WCF del secador de cinta realiza las mismas acciones que en el modelo original. Como la velocidad de trabajo y la sección eficaz no se han modificado podemos, afirmar que la eficacia del secado será similar. Por lo tanto, solo resta saber que variaciones tendrá el secador como conveyor:

S_1: SECADOR DE CINTA

Maximum conveyor content	2598
Average conveyor content	1738.63333
Minimum conveyor content	0
Current Contents	2576
Total on	126189
Minimum Queuing Time	2.54129
Average Queuing Time	16.66287
Maximum Queuing Time	25.66501
St Dev of Queuing Time	9.404
Empty %	0
Moving %	28.42509
Blocked %	71.337



Secador con una prensa



Secador con dos prensas

Como se observa en los gráficos, el incremento de capacidad productiva genera un decremento en la cantidad media de unidades contenidas en el secador, que además tarda un tiempo considerablemente mayor en entrar en régimen estable.

- Detalle de Resultados Optimización 1 – Punto de Salida de Pellets:** No solo se observa el esperado aumento en la cantidad de unidades de trabajo terminadas, sino que se ve una drástica disminución en el tiempo medio que transcurren en el sistema, ahora de aproximadamente 47 minutos:

Pellets Embolsados	Average Time in System	47.14
	Number Completed	105644.00
	"In System less than" time	10.00
	% In System less than time limit	0.00
	St Dev of	15.60
	Maximum Time in System	63.15
	Minimum Time in System	14.70

- Resultados de variables globales – Optimización 1:**

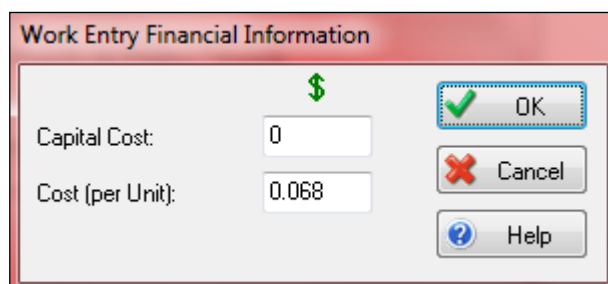
H2O en MP	0	50942,501505909	Contenido de agua en materia prima (l)
H2O en PF	0	4953,85698417177	Contenido de agua en producto final (l)
H2O evaporada	0	40782,5783701906	Cantidad de agua evaporada, en litros
Masa Materia Prima entrante	0	127376	En Kg
Masa Total Producida	0	70829,4567949973	En Kg

El total de PF producido ha aumentado a 70.829 Kg diarios, con el consecuente aumento en el consumo de materia prima, que ahora es de 127.376 Kg diarios.

- Resumen y análisis de resultados - Optimización 1:**

- VARIACION DE COSTOS DE MATERIA PRIMA: Dado que la cantidad fija de aserrín que pueden trasladar la planta vecina es de 20000 Kg diarios de aserrín de, ahora el aumento de materia prima necesaria provoca un aumento en el costo de MP, siendo necesaria la compra del 85% del total requerido:

$$80 \text{ \$ / tn} * 0.85 = 68.0 \text{ \$ / tn} = \mathbf{0.068 \text{ \$ / Kg}}$$



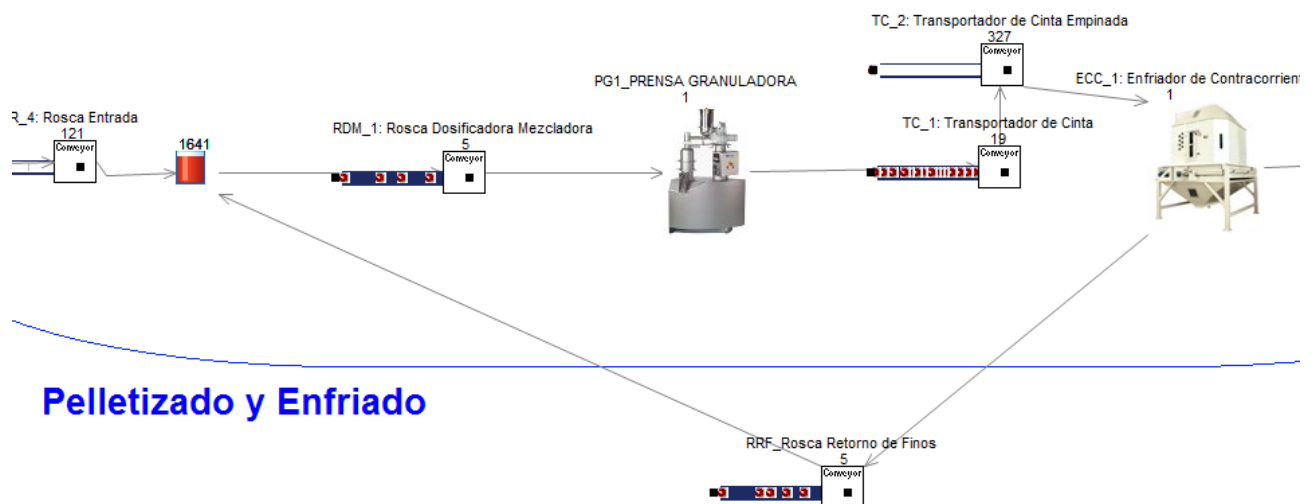
- RESULTADOS DEL PERIODO SIMULADO: 1200 min = 20 Horas = 1 DIA (2 jornadas de 10 horas sin parada)
- CANTIDAD DE DIAS HÁBILES: 275 DIAS / AÑO (55 semanas)
- MATERIA PRIMA / DIA: 127376 Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 70829 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 3.54 tn / hora
- EFICIENCIA = $PF / MP = 0.556$
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 19.477.975 Kg = 19.477 tn / año
- GANANCIA DIARIA: En función del precio de venta y los costos variables unitarios

Costs	\$ 15.076.29
Revenue	\$ 63.703.33
Profit	\$ 48.627.04

Observamos que la eficiencia productiva en función de la materia prima utilizada prácticamente no varía, pero la capacidad productiva total sufre un aumento drástico. No obstante, implementar esta optimización requiere una considerable inversión de capital, dado que se requiere una segunda prensa granuladora con todos sus accesorios.

8.2. Inclusión de rosca de retorno de finos.

La planta original requería el filtrado de aproximadamente 6400 Kg de material proveniente del enfriador de contracorriente que no había logrado ser aglutinada, el cual termina en el filtro de la tubería de aire del enfriador de contracorriente o decantado antes de pasar al transportador de cinta empinada. La segunda optimización propuesta es la inclusión de un medio de retorno de todos los finos en línea para que no sea necesario desaprovechar dicho material. El nuevo modelo implementado en Simul8 es el siguiente



Pelletizado y Enfriado

Para su realización se requiere la inclusión de los siguientes nuevos elementos:

- 1 x **Criba vibratoria, tipo SI V 500 x 1000**

Es una criba vibratoria circular, con accionamiento desequilibrador para acelerar la decantación de finos. Consta de:

- Vibrador a motor, potencia: 0,75 Kw
- Caja del cuadro de chapa de acero, en construcción soldada resistente a vibraciones

-
- Tejido de criba
 - Resortes helicoidales
 - Bastidor inferior
- 1 x **Ciclón, tipo OZ 1000**

Para separar finos del flujo de aire del enfriador de contracorriente, y devolverlo a la rosca de retorno de finos.

Consta de:

- Parte superior con tubuladura de entrada tangencial para aire cargado de polvo y con salida vertical para aire puro
 - Parte inferior con compuerta de limpieza de acceso fácil, con interruptor final
 - Pieza de adaptación de esclusa como transición del ciclón a la esclusa de rueda celular, complementada con bridas
- **RRF: 1 x Rosca de retorno de finos: ST-250**

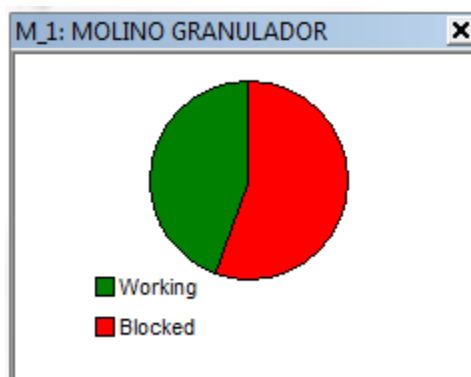
Una rosca tubular inclinada con capacidad de 1,5 t/hs, construida en acero al carbono:

- Largo: 7900 mm
- Provista de tolva de entrada de producto y conducto de descarga bridado para conexión al pulmón acondicionador
- Provista de puntas de eje montadas sobre rodamientos y accionamiento por medio de moto reductor a engranajes con motor de 1,5kW

- **Detalle de Resultados Optimización 2 – Centros de Trabajo:** Se presentan a continuación todos los resultados promedio (average) del trial que permiten ver el porcentaje de eficiencia de cada centro de trabajo.

M_1: MOLINO GRANULADOR

Waiting %	0.03282
Working %	44.35836
Blocked %	55.60882
Stopped %	0
Number Completed Jobs	57962
Minimum use	0
Average use	0.99583
Maximum use	1
Current Contents	1
Change Over %	0
Off Shift %	0



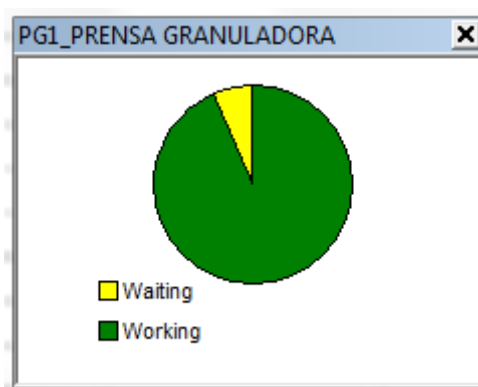
Porcentaje de Trabajo M_1

Se puede observar que la eficiencia del molino granulador ha bajado ligeramente, al 44% del tiempo.

PG1_PRESA GRANULADORA

Waiting %	6.57521
Working %	93.42395
Blocked %	0.00084

Stopped % 0
 Number Completed Jobs 62373
 Minimum use 0
 Average use 0.94583
 Maximum use 1
 Current Contents 1
 Change Over % 0
 Off Shift % 0

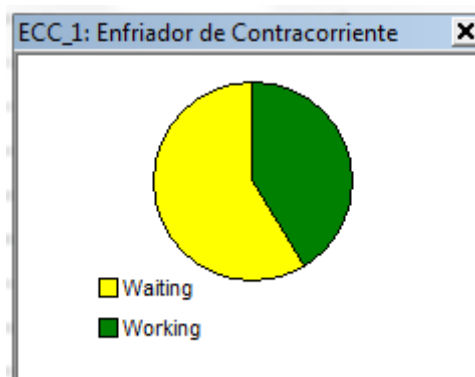


Porcentaje de Trabajo PG_1

La prensa granuladora trabaja un 93% del tiempo, ligeramente superior al resultado de la planta original.

ECC_1: Enfriador de Contracorriente

Waiting % 58.7094
 Working % 41.28859
 Blocked % 0.00202
 Stopped % 0
 Number Completed Jobs 62026
 Minimum use 0
 Average use 0.41667
 Maximum use 1
 Current Contents 1
 Change Over % 0
 Off Shift % 0



Porcentaje de Trabajo PG_1

El enfriador de contracorriente trabaja el 41% del tiempo, ligeramente superior al original.

• **Resultados de variables globales – Optimización 2:**

H2O en MP	0	23207,2348459025	Contenido de agua en materia prima (l)
H2O en PF	0	2421,48619409544	Contenido de agua en producto final (l)
H2O evaporada	0	17879,8438573565	Cantidad de agua evaporada, en litros
Masa Materia Prima entrante	0	58026	En Kg
Masa Total Producida	0	34632,4655696081	En Kg

El total de PF producido se mantuvo prácticamente idéntico, pero la cantidad de materia prima entrante disminuyó de 67508 Kg a 58026 Kg.

• **Resumen y análisis de resultados - Optimización 1:**

- RESULTADOS DEL PERIODO SIMULADO: 1200 min = 20 Horas = 1 DIA (2 jornadas de 10 horas sin parada)
- CANTIDAD DE DIAS HÁBILES: 275 DIAS / AÑO (55 semanas)
- MATERIA PRIMA / DIA: 58026Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 34632 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 1.73 tn / hora
- EFICIENCIA = PF / MP = 0.597

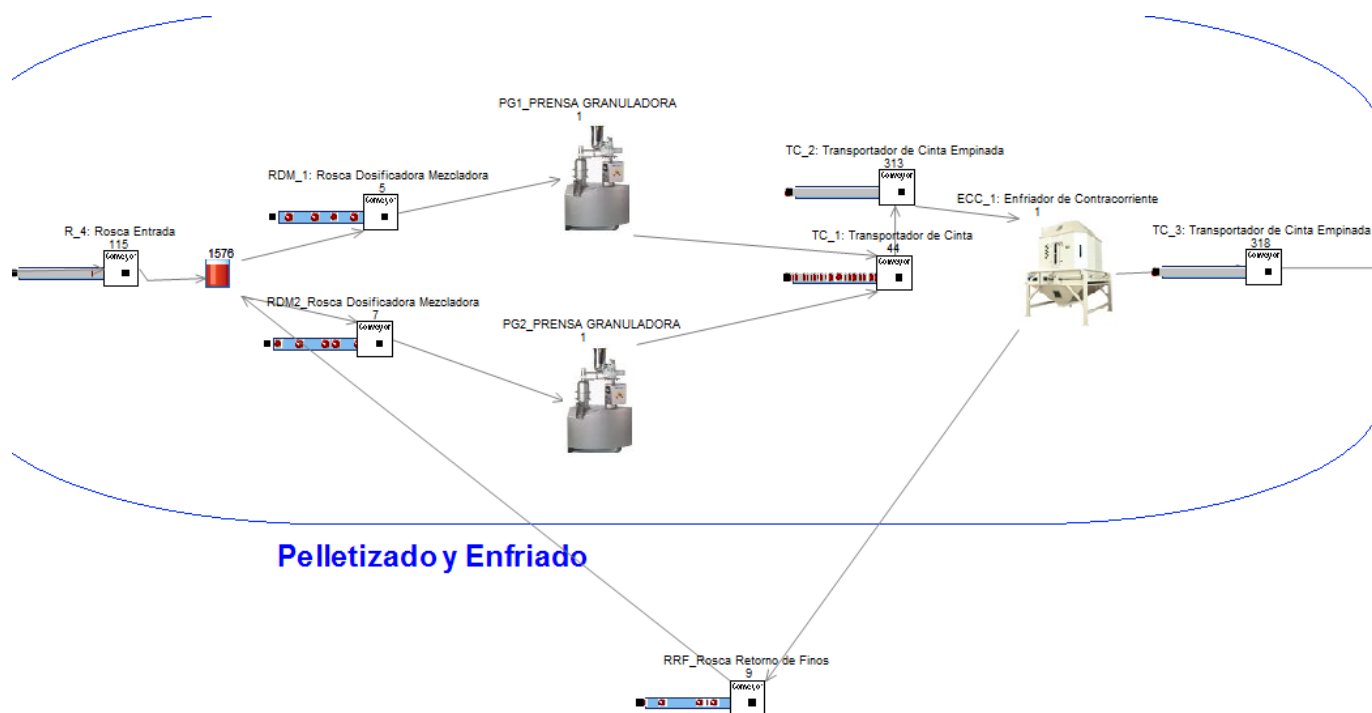
-
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 9.523.800 Kg = 9.523 tn / año
 - GANANCIA DIARIA: En función del precio de venta y los costos variables unitarios

Costs	\$ 6.371.52
Revenue	\$ 31.135.30
Profit	\$ 24.763.78

Observamos que la ganancia diaria no ha sufrido un aumento considerable, pero consideramos que esto se debe al bajo precio de la materia prima. En un escenario pesimista en el que este parámetro aumente esta optimización puede jugar un rol fundamental, debido a que genera un 9 % de aumento en la eficiencia productiva al requerir menor cantidad de materia prima para obtener los mismos resultados.

8.3. Ambas optimizaciones a la vez.

Finalmente se realizó un modelo de simulación que incluyese a ambas optimizaciones a la vez, con el siguiente resultado:



- **Resultados de variables globales – Ambas optimizaciones:**

H2O en MP	0	42650,0054809159	Contenido de agua en materia prima (l)
H2O en PF	0	6861,31646088893	Contenido de agua en producto final (l)
H2O evaporada	0	31059,5852314487	Cantidad de agua evaporada, en litros
Masa Materia Prima entrante	0	106636	En Kg
Masa Total Producida	0	70090,0063943999	En Kg

El total de PF producido es drásticamente mayor al de la planta original, pero la materia prima utilizada no es tan alta como al utilizar solo la optimización 1 descrita en el punto 8.1.

- **Resumen y análisis de resultados –Ambas optimizaciones:**

- RESULTADOS DEL PERIODO SIMULADO: 1200 min = 20 Horas = 1 DIA (2 jornadas de 10 horas sin parada)
- CANTIDAD DE DIAS HÁBILES: 275 DIAS / AÑO (55 semanas)
- MATERIA PRIMA / DIA: 106636Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 70090 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 3.50 tn / hora
- EFICIENCIA = PF / MP = 0.657
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 19.275.750 Kg = 19.275 tn / año

Costs	\$ 13.171.44
Revenue	\$ 60.506.23
Profit	<hr/> \$ 47.334.78

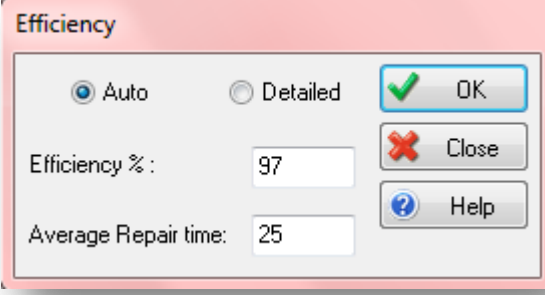
Como se puede apreciar en el resumen de resultados, la aplicación de ambas optimizaciones en simultáneo produce un enorme incremento de la capacidad productiva y un aumento de la eficiencia en relación a la materia prima utilizada del 14 % respecto a la planta original.

Si bien en este punto se observaron algunas de las implicancias en relación a costos variables unitarios y ganancias totales de ambas optimizaciones, el siguiente capítulo analizará las en profundidad las variables financieras, incluyendo un escenario optimista y otro pesimista.

9. Modelo Logístico Completo: Análisis de variables

El objetivo de este nuevo modelo es estudiar el comportamiento del sistema ante variables endógenas y exógenas a la empresa, y la posibilidad de ocurrencia de eventos no esperados, como puede ser la falla de una máquina o un periodo de desabastecimiento de materia prima por huelgas gremiales u otras causas.

- **9.1 - Paradas de máquina:** Se simulan paradas de máquina del molino granulador, el secador de cinta y la prensa granuladora. La configuración realizada es la siguiente:
 - **Molino Granulador:** Eficiencia del 97%, reparación de distribución exponencial de tiempo con tiempo medio de 25 minutos. Esta configuración corresponde a un tiempo medio entre ciclos de falla de 13 horas y media.



Efficiency

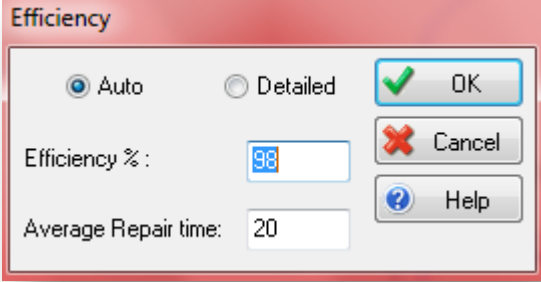
Auto Detailed

Efficiency % : 97

Average Repair time: 25

OK Close Help

- **Secador de cinta:** Eficiencia del 98%, reparación de distribución exponencial de tiempo con tiempo medio de 20 minutos. Esta configuración corresponde a un tiempo medio entre ciclos de falla de 16 horas.



Efficiency

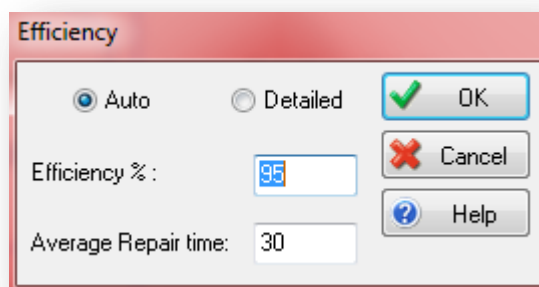
Auto Detailed

Efficiency % : 98

Average Repair time: 20

OK Cancel Help

- **Prensa granuladora:** Eficiencia del 95%, reparación de distribución exponencial de tiempo con tiempo medio de 30 minutos. Esta configuración corresponde a un tiempo medio entre ciclos de falla de 9 horas y media, menor a las anteriores debido a que las prensas en esta etapa del proceso son las que más exigidas se encuentran.



- **RESULTADOS:**

- **Planta Original:**

- MATERIA PRIMA / DIA: 62039Kg
 - MASA PRODUCIDA / DIA: 31400 Kg
 - PRODUCTIVIDAD / HORA: 1.57 tn / hora
 - EFICIENCIA = PF / MP = 0.506
 - MASA PRODUCIDA ANUAL: 8.635 tn / año

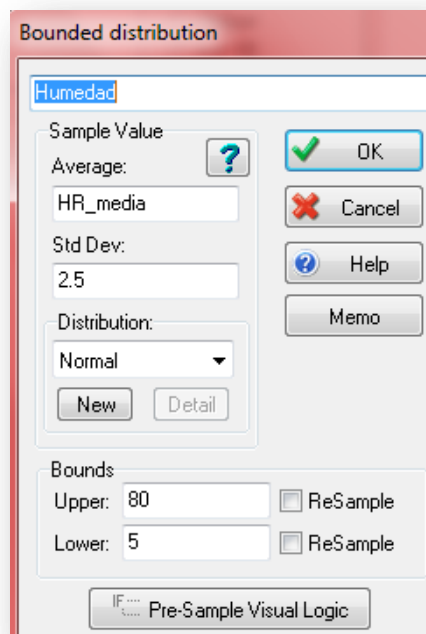
Costs	\$ 6.506.76
Revenue	\$ 28.230.05
 	<hr style="width: 15%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
Profit	\$ 21.723.29

▪ **Planta Ambas Optimizaciones:**

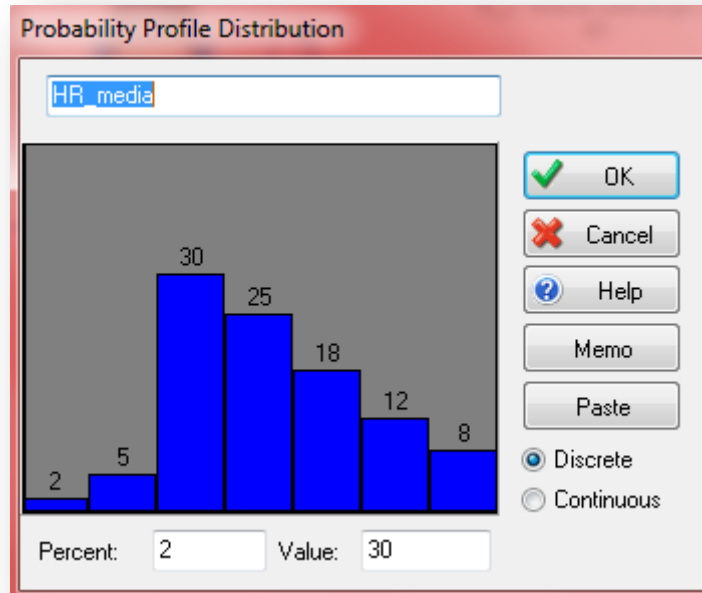
- MATERIA PRIMA / DIA: 96043Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 62732 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 3.13 tn / hora
- EFICIENCIA = PF / MP = 0.653
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 17.251 tn / año

Costs	\$ 10.693.04
Revenue	\$ 54.151.81
Profit	\$ 43.458.77

- **9.2 - Variación en la calidad de la materia prima - Exceso de humedad:** La humedad relativa inicial que se configura al entrar cada ítem al sistema tiene ahora una media que responde a un perfil de probabilidad llamado HR_media, y permite valores de hasta 80 % de humedad:



Dicho perfil de distribución asigna medias de humedad entre 30% y 60 %, dando mayor probabilidad de ocurrencia a valores altos, tal como se ve en la imagen:



Medias utilizadas por la distribución de humedad inicial

○ **RESULTADOS:**

▪ **Planta Original:**

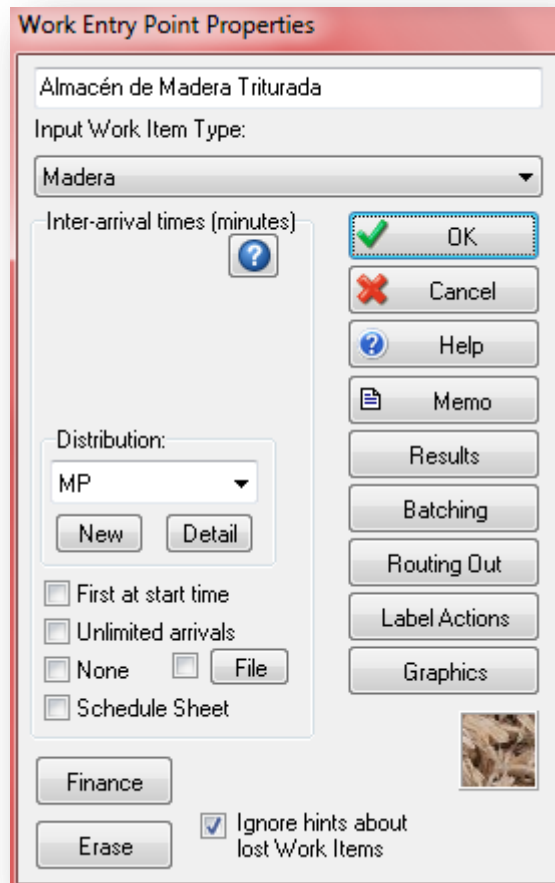
- PORCENTAJE HUMEDAD MATERIA PRIMA: ~ 46 %.
- PORCENTAJE HUMEDAD PRODUCTO FINAL: ~ 7.93 %.

▪ **Planta Ambas Optimizaciones:**

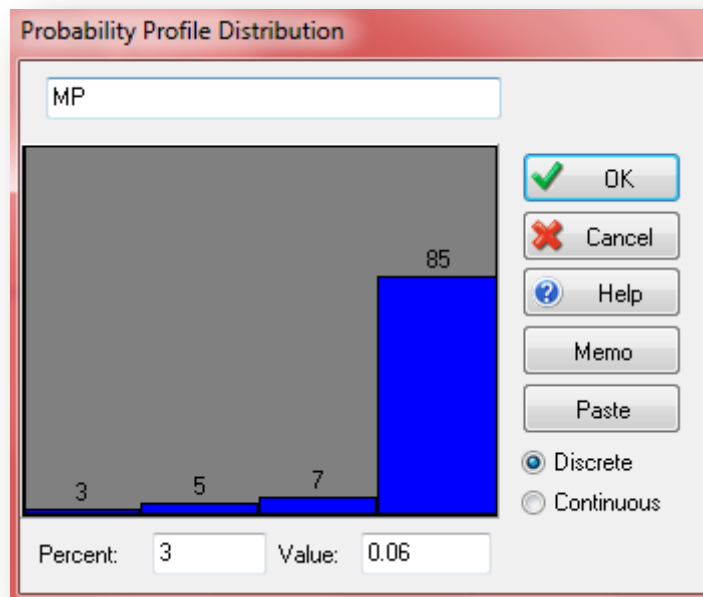
- PORCENTAJE HUMEDAD MATERIA PRIMA: ~ 46 %.
- PORCENTAJE HUMEDAD PRODUCTO FINAL: ~ 11.12 %.

Como se observa en los resultados, la planta optimizada es más susceptible al aumento de humedad relativa en la materia prima, dado que el proceso produce mayores cantidades de pellets. No obstante, en ambos casos los valores siguen manteniéndose dentro del estándar de un producto de calidad Premium.

- **9.3 - Limitaciones de abastecimiento de materia prima:** Se simulan diferentes contextos de limitaciones de abastecimiento, desde un 3% de probabilidad (equivalente a 8 días al año) de contar únicamente con la capacidad de autoabastecimiento de la fabrica a partir de los residuos de la producción de placas (como puede ser un corte de ruta, o algún evento que no permita la llegada de MP desde ningún proveedor) hasta el abastecimiento ilimitado; pasando por dos estadios intermedios de limitaciones más moderadas de abastecimiento. Así, el tiempo de medio de arribo de cada kg de madera desde el almacén es ahora definido por la distribución MP, tal como se ve en la imagen:



MP es un perfil de probabilidad que en el caso extremo fija un tiempo medio de arribo de 0.06 min / kg, lo que corresponde a los 20000 kg excedentes de la propia empresa. Se considera que el 85 % del tiempo (234 días hábiles al año) no hay ningún inconveniente de abastecimiento. Considerar que el almacén de madera triturada tiene capacidad suficiente para proveer un flujo continuo de material en condiciones normales de trabajo.



○ **RESULTADOS:**

▪ **Planta Original:**

- MATERIA PRIMA / DIA: 57902Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 31915 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 1.59 tn / hora
- EFICIENCIA = $PF / MP = 0.551$
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 8.776 tn / año

Costs	\$ 6.236.66
Revenue	\$ 28.694.36
Profit	\$ 22.457.70

▪ **Planta Ambas Optimizaciones:**

- MATERIA PRIMA / DIA: 85673Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 58768 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 2.94 tn / hora
- EFICIENCIA = PF / MP = 0.686
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 16.170 tn / año

Costs	\$ 10.524.76
Revenue	\$ 50.742.45
Profit	\$ 40.217.69

- **9.4 - Análisis simultaneo de todas las variables logísticas:** Se aplican todas las modificaciones descritas anteriormente tanto en el modelo de la planta original como en el modelo optimizado, con los siguientes resultados:

- **Planta Original:**

- MATERIA PRIMA / DIA: 58556Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 29843 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 1.49 tn / hora
- EFICIENCIA = PF / MP = 0.509
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 8.206 tn / año

Costs	\$ 6.338.28
Revenue	\$ 28.999.48
Profit	\$ 22.661.20

- **Planta Ambas Optimizaciones:**

- MATERIA PRIMA / DIA: 80499Kg
- MASA PRODUCIDA / DIA: 51526 Kg
- PRODUCTIVIDAD / HORA: 2.58 tn / hora
- EFICIENCIA = PF / MP = 0.640
- MASA PRODUCIDA ANUAL: 14.169 tn / año

Costs	\$ 10.227.35
Revenue	\$ 47.585.14
Profit	\$ 37.357.79

10. Análisis financiero

El análisis financiero pretende cubrir una serie de costos fijos y variables que el modelo no contempla, así como contemplar los costos totales de maquinarias de la planta original y la planta con optimizaciones. A su vez se desea plantear para ambos modelos (los expuestos en los Capítulos 7 y 8.3 de este Informe) un escenario optimista y otro pesimista, además del normal. Para ello se han corrido simulaciones de ambos modelos en nuevas condiciones.

10.1. Costos de materia prima, insumos y servicios

Se suman a los costos variables ya expuestos el uso de los siguientes consumibles anuales según las recomendaciones de Ipeco Pesaje & Control:

- Lubricante Grado SAE 15W40 Extra Duración: Consumo de 600 litros anuales (3 tambores de 200 litros). Precios extraídos de la cartilla orientativa de la Corporación de Fomento del Chubut CORFO, actualizada a Agosto 2012.
- Rolos y rodamientos para transportadores: 24 unidades anuales. Precios consultados a Alas Universal, situado en Rivadavia 922 PB, CABA.

Se contempla a su vez el consumo de gas del generador de aire caliente para el secador de cinta, contemplado según la información del fabricante para la masa producida en la planta original:

$$2965 \text{ Kw} = 860 * 2965 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 2549900 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Considerando que la capacidad calorífica del gas es de 9300 Kcal / m³ el consumo será de 274.2 m³ / h, lo que genera un consumo anual de 1.508.100 m³. Para la planta optimizada se espera un aumento a 548 m³ / h, considerando el aumento de la cantidad de masa a secar. Los precios del gas fueron extraídos del cuadro tarifario de GASNEA

SA del año 2012, distribuidora de gas natural cuya área de licencia comprende Entre Ríos, Formosa, Chaco, Corrientes y Misiones. Los precios incluyen los costos de traslado:

<http://www.gasnea.com.ar/cuadrotarifarioformosa.htm>

Se considera para la materia prima un aporte propio de 20.000 Kg diarios, lo que equivale a 5500 tn de materia prima que no es necesario comprar a precio de mercado y tienen un costo de oportunidad casi nulo, dado que no es vendido.

El consumo eléctrico es afectado por los índices de rendimiento de cada máquina en el modelo de simulación, lo que incluye los porcentajes de tiempo en que los transportadores no están moviendo material. Para los equipos de mayor consumo este índice es significativo. Un ejemplo conciso es la prensa granuladora, donde los Kw insumidos se reducen considerablemente cuando no hay material para compactar.

Todos los valores mencionados serán volcados en una planilla de costos de MP, insumos y servicios.

10.2. Costo unitario de equipos.

Los costos de los equipos nacionales e importados fueron cotizados por IPECO Pesaje & Control. Todos los valores mencionados serán volcados en una planilla de costos unitarios de equipos, permitiendo discernir entre maquinaria importada y de origen nacional. En el caso de la planta optimizada se puede calcular el aumento porcentual del capital invertido por los dueños de la fábrica de placas de madera en la implementación de las mejoras propuestas.

Los equipos importados informados en euros a precio FOB Hamburgo fueron recalculados a dólares en puerta de fábrica por el proveedor IPECO. Los precios de los equipos de origen nacional se expresan de la misma forma.

10.3. Costos de mano de obra directa:

IPECO recomienda al grupo inversor la inclusión del siguiente personal de planta, considerando las dimensiones del proyecto: Tres operarios, un operario de mantenimiento, un administrativo y un jefe de planta por turno. Para la planta optimizada se contempla el siguiente aumento de plantel acorde al incremento de la capacidad de planta y la mayor necesidad de mantenimiento: Cinco operarios, dos operarios de mantenimiento y dos administrativos de planta. En ambos casos los jefes de planta deben reportar directamente a la actual gerencia de la planta de fabricación de placas de madera.

Para la discriminación de los costos de mano de obra directa se consultó al gerente de RRHH Roberto Nítoli de la Aseguradora de Riesgos del Trabajo Liberty Seguros, situada en Zufriategui 4501, Villa Martelli.

Todos los valores mencionados se encuentran en las planillas de costos de MO directa incluidas en la sección de Resultados Financieros.

10.4. Rentabilidad marginal para escenario normal, optimista y pesimista

Todos los costos operativos variables y fijos se incluyen en un Cuadro de Resultados junto con los ingresos por ventas y los impuestos a ganancias. No se contemplan aquí los gastos administrativos, de distribución y comercialización, que serán incluidos en el análisis de flujos de caja del punto 10.5. Además del escenario normal se contemplan un escenario pesimista y otro optimista, que consisten en los siguientes supuestos:

- **Pesimista:** Contempla una disminución del 10 % de la cantidad de materia prima propia, fruto de una merma en la industria de placas de madera. Supone un precio de venta de \$ 550 / tn, correspondiente a los valores más bajos que pueden encontrarse en fábricas del Mercosur para pellets de la menor calidad disponible, con niveles de humedad mayores al 12 % y bajo poder calórico. Se considera a su vez una disminución de la capacidad productiva anual del 30 %, debido a problemas gremiales por la tendencia en baja de la industria maderera y poca penetración del producto en el mercado local por falta de conocimiento. Escenario drástico para poder evaluar las condiciones cerca del punto de equilibrio, donde la utilidad pasa a ser negativa.
- **Optimista:** contempla la posibilidad de un aumento del 10 % en la capacidad de autoabastecerse de aserrín propio, lo cual es incluso moderado considerando las tendencias actuales de la industria de placas de madera. A su vez supone un aumento del precio de venta a € 200 / tn, lo cual sería posible destinando gran parte de la producción a la exportación, considerando que tal como indica el Capítulo 6 del Informe, en Europa el precio de venta es de aproximadamente € 230 / tn.

Los resultados excluyen las planillas de cálculo donde algún costo operativo no varía y ya fue expuesto.

• **Resultados Financieros – Planta ORIGINAL – Escenario Normal:**

Costo de Materias Primas, Insumos y Servicios						
Materia Prima		Materia Prima Propia (Ton / Año)	Precio / Ton	Ton / año	Costo (\$/año)	Proveedor
Astillas para Pulpa - Pino Elliotis		5500	80,00	18562	\$ 1.044.960	Papel Misionero SA
Insumos		% Uso (Simul8)	Consumo Anual	Costo Unitario	Costo (\$/año)	Proveedor
Lubricante Grado SAE 15W40 (tambor 200 l)		100,0%	3,00	3964	\$ 11.892,00	YPF
Rolos y rodamientos (unidades)		100,0%	24,00	135	\$ 3.240,00	ALAS UNIVERSAL
Servicio: Gas		% Uso (Simul8)	Consumo: m3 / año	Costo (\$ / m3)	Costo (\$/año)	Proveedor
S-1	Generador Aire Caliente Secador	100,0%	1508100,00	0,268	\$ 404.170,80	GASNEA
Servicio: Consumo Eléctrico		% Uso (Simul8)	Consumo: Kwh	Consumo Kw / año	Costo (\$/año)	Proveedor
R-1	Rosca de descarga	20,3%	5,50	30250	\$ 3.598,48	EMSA
M-1	Molino granulador	51,6%	220,00	1210000	\$ 365.874,96	EMSA
R-2	Rosca de descarga	23,6%	4,00	22000	\$ 3.042,51	EMSA
T-1	Transporte rascador	15,0%	4,00	22000	\$ 1.933,80	EMSA
S-1	Secador de cinta	4,7%	1,10	6050	\$ 166,63	EMSA
V-1	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
V-2	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
R-3	Rosca de descarga	22,4%	3,50	19250	\$ 2.526,83	EMSA
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	22,4%	3,00	16500	\$ 2.165,86	EMSA
D-2	Depósito c/ agitador	100,0%	9,20	50600	\$ 29.651,60	EMSA
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	81,5%	3,00	16500	\$ 7.880,24	EMSA
P-1	Prensa granuladora plana	92,4%	160,00	880000	\$ 476.488,32	EMSA
TC-1	Transportador de cinta	99,4%	2,20	12100	\$ 7.048,06	EMSA
TC-2	Transportador de cinta empinada	94,5%	2,20	12100	\$ 6.700,62	EMSA
V-3	Ventilador radial enfriador CC	100,0%	15,00	82500	\$ 48.345,00	EMSA
TC-3	Transportador de cinta empinada	98,9%	2,20	12100	\$ 7.012,60	EMSA
BD_1	Balanza dosificadora bolsas	1,5%	0,17	935	\$ 8,22	EMSA
OPCIONALES						
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	0,0%	3,00	16500	\$ -	EMSA
P-2	Prensa granuladora plana 2	0,0%	160,00	880000	\$ -	EMSA
CRI-1	Criva Vibratoria	0,0%	0,75	4125	\$ -	EMSA
RRF	Rosca retorno de finos	0,0%	1,50	8250	\$ -	EMSA
V-4	Ventilador succión retorno de finos	0,0%	2,20	12100	\$ -	EMSA
TOTAL ENERGIA ELECTRICIA			495,07	2722885	\$ 1.155.824	
TOTAL				TOTAL INSTALADO	CONSUMO ANUAL	\$ 2.620.087
Días de Operación			275			
Horas / día			20			
Precio Kw / h			0,586			

DETALLE DEL COSTOS UNITARIO DE LOS EQUIPOS (u\$s)					
Codigo	Equipos	Cant.	Valor U\$d	Valor U\$d Total	Proveedor
TRITURADO					
R-1	Rosca de descarga	1	\$ 6.352	\$ 6.352	Ipeco
M-1	Molino granulador completo	1	\$ 219.583	\$ 219.583	Amandus Kahl
R-2	Rosca de descarga	1	\$ 6.352	\$ 6.352	Ipeco
	Polipasto de cadena electrico	1	\$ 1.260	\$ 1.260	Ipeco
SECADO					
T-1	Transporte rascador	1	\$ 16.120	\$ 16.120	Ipeco
S-1	Secador de cinta	1	\$ 333.320	\$ 333.320	Amandus Kahl
V-1	Ventilador radial cinta	1	\$ 14.937	\$ 14.937	Amandus Kahl
V-2	Ventilador radial cinta	1	\$ 14.937	\$ 14.937	Amandus Kahl
R-3	Rosca de descarga	1	\$ 7.735	\$ 7.735	Ipeco
	Generador de aire caliente	1	\$ 52.780	\$ 52.780	Amandus Kahl
	Accesorios para ventilador radial	2	\$ 7.338	\$ 14.676	Amandus Kahl
	Convertidor de frecuencia	2	\$ 6.760	\$ 13.520	Amandus Kahl
	Medidor humedad en linea	2	\$ 21.450	\$ 42.900	Amandus Kahl
	Canal de aire de salida	1	\$ 11.375	\$ 11.375	Ipeco
	Material aislante	1	\$ 10.985	\$ 10.985	Ipeco
PELETIZADO Y ENFRIADO					
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	1	\$ 7.735	\$ 7.735	Ipeco
D-2	Depósito c/ agitador	1	\$ 19.916	\$ 19.916	Ipeco
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	2	\$ 20.969	\$ 41.938	Amandus Kahl
P-1	Prensa granuladora plana	1	\$ 107.120	\$ 107.120	Amandus Kahl
C-1	Transportador de cinta	1	\$ 9.919	\$ 9.919	Ipeco
C-2	Transportador de cinta empinada	1	\$ 11.863	\$ 11.863	Ipeco
V-3	Ventilador radial enfriador CC	1	\$ 4.095	\$ 4.095	Amandus Kahl
ESC-1	Esclusa de rueda celular	1	\$ 4.271	\$ 4.271	Ipeco
TC-3	Transportador de cinta empinada	1	\$ 11.863	\$ 11.863	Ipeco
	Sistema dosificador para agua	2	\$ 6.364	\$ 12.728	Amandus Kahl
	Accionamiento para la prensa	2	\$ 11.518	\$ 23.036	Amandus Kahl
	Sistema lubricacion central	2	\$ 8.853	\$ 17.706	Amandus Kahl
	Enfriador de aceite para prensa	2	\$ 4.583	\$ 9.166	Amandus Kahl
	Matriz plana	4	\$ 3.751	\$ 15.004	Amandus Kahl
	Interruptor final de nivel	3	\$ 2.145	\$ 6.435	Amandus Kahl
	Caja de descarga para prensa	2	\$ 4.160	\$ 8.320	Ipeco
	Plataforma de acceso	1	\$ 12.155	\$ 12.155	Ipeco
	Enfriador de contracorriente	1	\$ 16.835	\$ 16.835	Amandus Kahl
	Valvula rotativa	2	\$ 4.648	\$ 9.296	Ipeco
	Juego de accesorios para ventilador	1	\$ 1.365	\$ 1.365	Amandus Kahl
	Tubería de aire	1	\$ 5.135	\$ 5.135	Ipeco
EMPAQUETADO					
EMP-1	Balanza dosificadora bolsas	1	\$ 17.615	\$ 17.615	Ipeco
Pes	Tanque de almacenaje de Pesado	1	\$ 15.405	\$ 15.405	Ipeco
	Transportador de cinta empinada	1	\$ 11.863	\$ 11.863	Ipeco
OPCIONALES					
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	0	\$ 20.969	\$ -	Ipeco
P-2	Prensa granuladora plana 2	0	\$ 107.120	\$ -	Ipeco
CRI-1	Criva Vibratoria	0	\$ 9.536	\$ -	Amandus Kahl
R-5	Rosca retorno de finos	0	\$ 5.226	\$ -	Ipeco
V-4	Ventilador succión retorno de finos	0	\$ 3.810	\$ -	Ipeco
CS-1	Ciclón Separador	0	\$ 9.750	\$ -	Ipeco
Costo total de equipos				\$ 1.167.616	
IVA 21%				\$ 245.199	
TOTAL FINAL [u\$s]				\$ 1.412.815	

COSTOS DE MANO DE OBRA DISCRIMINADO (\$)										
Personal	Pers./Turno	Turnos a cubrir	Cant. Total	Sueldo Bruto unitario	Sueldo Bruto global	Aportes Patronales	A.R.T	Total Mensual con Ap. Patron.+ ART	Plus Vacacional	Costo TOTAL ANUAL
PLANTA										
Operarios	3	2	6	\$ 4.625	\$ 27.750	\$ 7.010	\$ 500	\$ 35.260	\$ 2.775	\$ 461.153
Operarios de Mantenimiento	1	2	2	\$ 3.800	\$ 7.600	\$ 1.927	\$ 137	\$ 9.665	\$ 760	\$ 126.401
Jefe de PlantaTurno	1	2	2	\$ 9.250	\$ 18.500	\$ 4.630	\$ 332	\$ 23.462	\$ 1.850	\$ 306.855
Administrativo de Planta	1	1	1	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 641	\$ 45	\$ 3.187	\$ 250	\$ 41.679
TOTAL			11				\$ 12.183	\$ 71.573,35		\$ 936.089

CUADRO DE RESULTADOS ANUAL (IVA NO INCLUIDO)		
Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)	785,1	
Producción Pellets Anual (Tn)	9485	
Capacidad (%)	100%	
Costos de Fabricación	Materias Primas	
	Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 1.044.960
	Insumos	
	Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 11.892
	Rolos y rodamientos	\$ 3.240
	Servicios	
	Gas	\$ 404.171
	Electricidad	\$ 1.155.824
	TOTAL Costos Variables	\$ 2.620.087
	RRHH:	
	Mano de Obra Directa	\$ 587.555
	Supervisión Directa	\$ 306.855
	Administrativos de Planta	\$ 41.679
	Terreno	
	Propio	\$ -
TOTAL Costos Fijos	\$ 936.089	
Costos Operativos Totales	\$ 3.556.175	
Ventas	\$ 7.446.901	
Ganancia Bruta	\$ 3.890.726	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional N° 20628 - Dec. 1394/98	\$ 1.361.754	
Ganancia Neta	\$ 2.528.972	

CONCLUSIONES

El escenario normal de la planta original es el analizado en el Capítulo 8 del Informe. El análisis financiero incluye otras variables que el modelo no contempla, pero todos los resultados de capacidad de planta total y niveles de rendimiento de cada máquina fueron extraídos del mismo.

Se incluyen ahora el uso de nuevos insumos y el servicio de gas. También se han añadido los costos fijos operativos para poder calcular la ganancia neta después de impuestos correspondiente a la venta del total de la producción anual supuesta. No se contemplan aquí los gastos de distribución, administrativos y comerciales; que se incluirán posteriormente en el análisis de flujos de caja.

• **Resultados Financieros – Planta ORIGINAL – Escenario Pesimista:**

Costo de Materias Primas, Insumos y Servicios						
Materia Prima	Materia Prima Propia (Ton / Año)	Precio / Ton	Ton / año	Costo (\$/año)	Proveedor	
Astillas para Pulpa - Pino Elliotis	4950	121,90	18562	\$ 1.659.303	Papel Misionero SA	
Insumos	% Uso	Consumo Anual	Costo Unitario	Costo (\$/año)	Proveedor	
Lubricante Grado SAE 15W40 (tambor 200 l)	100,0%	3,00	3964	\$ 11.892,00	YPF	
Rolos y rodamientos (unidades)	100,0%	24,00	135	\$ 3.240,00	ALAS UNIVERSAL	
Servicio: Gas	% Uso	Consumo: m3 / año	Costo (\$ / m3)	Costo (\$/año)	Proveedor	
S-1	Generador Aire Caliente Secador	100,0%	1508100,00	0,268	\$ 404.170,80	GASNEA
Servicio: Consumo Eléctrico	% Uso (Simul8)	Consumo: Kwh	Consumo Kw / año	Costo (\$/año)	Proveedor	
R-1	Rosca de descarga	20,3%	5,50	30250	\$ 3.598,48	EMSA
M-1	Molino granulador	51,6%	220,00	1210000	\$ 365.874,96	EMSA
R-2	Rosca de descarga	23,6%	4,00	22000	\$ 3.042,51	EMSA
T-1	Transporte rascador	15,0%	4,00	22000	\$ 1.933,80	EMSA
S-1	Secador de cinta	4,7%	1,10	6050	\$ 166,63	EMSA
V-1	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
V-2	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
R-3	Rosca de descarga	22,4%	3,50	19250	\$ 2.526,83	EMSA
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	22,4%	3,00	16500	\$ 2.165,86	EMSA
D-2	Depósito c/ agitador	100,0%	9,20	50600	\$ 29.651,60	EMSA
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	81,5%	3,00	16500	\$ 7.880,24	EMSA
P-1	Prensa granuladora plana	92,4%	160,00	880000	\$ 476.488,32	EMSA
TC-1	Transportador de cinta	99,4%	2,20	12100	\$ 7.048,06	EMSA
TC-2	Transportador de cinta empinada	94,5%	2,20	12100	\$ 6.700,62	EMSA
V-3	Ventilador radial enfriador CC	100,0%	15,00	82500	\$ 48.345,00	EMSA
TC-3	Transportador de cinta empinada	98,9%	2,20	12100	\$ 7.012,60	EMSA
BD_1	Balanza dosificadora bolsas	1,5%	0,17	935	\$ 8,22	EMSA
OPCIONALES						
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	0,0%	3,00	16500	\$ -	EMSA
P-2	Prensa granuladora plana 2	0,0%	160,00	880000	\$ -	EMSA
CRI-1	Criva Vibratoria	0,0%	0,75	4125	\$ -	EMSA
RRF	Rosca retorno de finos	0,0%	1,50	8250	\$ -	EMSA
V-4	Ventilador succión retorno de finos	0,0%	2,20	12100	\$ -	EMSA
TOTAL ENERGIA ELECTRICIA			495,07	2722885	\$ 1.155.824	
TOTAL			TOTAL INSTALADO	CONSUMO ANUAL	\$ 3.234.429	
Días de Operación	275					
Horas / día	20					
Precio Kw / h	0,586					

CUADRO DE RESULTADOS (SIN IVA)

Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)			454,5
Producción Pellets Anual (Tn)			9485
Capacidad (%)			70%
Costos de Fabricación	Variables	Materias Primas	
		Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 1.659.303
		Insumos	
		Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 11.892
		Rolos y rodamientos	\$ 3.240
		Servicios	
		Gas	\$ 404.171
		Electricidad	\$ 1.155.824
	TOTAL Costos Variables		\$ 2.264.101
	Fijos	RRHH:	
		Mano de Obra Directa	\$ 587.555
		Supervisión Directa	\$ 306.855
		Administrativos de Planta	\$ 41.679
		Terreno	
		Propio	\$ -
TOTAL Costos Fijos		\$ 936.089	
Costos Operativos Totales		\$ 3.200.189	
Ventas		\$ 3.017.955	
Ganancia Bruta		\$ (182.235)	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional N° 20628 - Dec. 1394/98		\$ (63.782)	
Ganancia Neta		\$ (118.452)	

CONCLUSIONES

El escenario pesimista contempla una disminución de la industria de placas de madera que resulta en una baja del 10 % en la cantidad de materia prima propia, lo que obliga a comprarla a precio de mercado.

Se presupone a su vez un precio de venta de \$ 550 / tn (IVA incluido), correspondiente a los valores más bajos que pueden encontrarse en fábricas del Mercosur para pellets de la menor calidad disponible, con niveles de humedad mayores al 12 % y bajo poder calórico. Se considera a su vez una disminución de la capacidad productiva anual del 30 %, debido a problemas gremiales por la tendencia en baja de la industria maderera y poca penetración en el mercado local por falta de conocimiento del producto.

Este escenario es drástico, tal es así que hemos cruzado el punto de equilibrio obteniendo una utilidad negativa. Tal escenario permite analizar las optimizaciones propuestas en el peor contexto.

• **Resultados Financieros – Planta ORIGINAL – Escenario Optimista:**

Costo de Materias Primas, Insumos y Servicios						
Materia Prima		Materia Prima Propia (Ton / Año)	Precio / Ton	Ton / año	Costo (\$/año)	Proveedor
Astillas para Pulpa - Pino Elliotis		6050	80,00	18565	\$ 1.001.200	Papel Misionero SA
Insumos		% Uso	Consumo Anual	Costo Unitario	Costo (\$/año)	Proveedor
Lubricante Grado SAE 15W40 (tambor 200 l)		100,0%	3,00	3964	\$ 11.892,00	YPF
Rolos y rodamientos (unidades)		100,0%	24,00	135	\$ 3.240,00	ALAS UNIVERSAL
Servicio: Gas		% Uso	Consumo: m3 / año	Costo (\$ / m3)	Costo (\$/año)	Proveedor
S-1	Generador Aire Caliente Secador	100,0%	1508100,00	0,268	\$ 404.170,80	GASNEA
Servicio: Consumo Eléctrico		% Uso (Simul8)	Consumo: Kwh	Consumo Kw / año	Costo (\$/año)	Proveedor
R-1	Rosca de descarga	20,3%	5,50	30250	\$ 3.598,48	EMSA
M-1	Molino granulador	51,6%	220,00	1210000	\$ 365.874,96	EMSA
R-2	Rosca de descarga	23,6%	4,00	22000	\$ 3.042,51	EMSA
T-1	Transporte rascador	15,0%	4,00	22000	\$ 1.933,80	EMSA
S-1	Secador de cinta	4,7%	1,10	6050	\$ 166,63	EMSA
V-1	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
V-2	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
R-3	Rosca de descarga	22,4%	3,50	19250	\$ 2.526,83	EMSA
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	22,4%	3,00	16500	\$ 2.165,86	EMSA
D-2	Depósito c/ agitador	100,0%	9,20	50600	\$ 29.651,60	EMSA
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	81,5%	3,00	16500	\$ 7.880,24	EMSA
P-1	Prensa granuladora plana	92,4%	160,00	880000	\$ 476.488,32	EMSA
TC-1	Transportador de cinta	99,4%	2,20	12100	\$ 7.048,06	EMSA
TC-2	Transportador de cinta empinada	94,5%	2,20	12100	\$ 6.700,62	EMSA
V-3	Ventilador radial enfriador CC	100,0%	15,00	82500	\$ 48.345,00	EMSA
TC-3	Transportador de cinta empinada	98,9%	2,20	12100	\$ 7.012,60	EMSA
BD_1	Balanza dosificadora bolsas	1,5%	0,17	935	\$ 8,22	EMSA
OPCIONALES						
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	0,0%	3,00	16500	\$ -	EMSA
P-2	Prensa granuladora plana 2	0,0%	160,00	880000	\$ -	EMSA
CRI-1	Criva Vibratoria	0,0%	0,75	4125	\$ -	EMSA
RRF	Rosca retorno de finos	0,0%	1,50	8250	\$ -	EMSA
V-4	Ventilador succión retorno de finos	0,0%	2,20	12100	\$ -	EMSA
TOTAL ENERGIA ELECTRICA			495,07	2722885	\$ 1.155.824	
TOTAL			TOTAL INSTALADO	CONSUMO ANUAL	\$ 2.576.327	
Dias de Operación	275					
Horas / dia	20					
Precio Kw / h	0,586					

CUADRO DE RESULTADOS (SIN IVA)

Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)			988,4
Producción Pellets Anual (Tn)			9485
Capacidad (%)			100%
Costos de Fabricación	Variables	Materias Primas	
		Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 1.001.200
		Insumos	
		Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 11.892
		Rolos y rodamientos	\$ 3.240
		Servicios	
		Gas	\$ 404.171
		Electricidad	\$ 1.155.824
	TOTAL Costos Variables		\$ 2.576.327
	Fijos	RRHH:	
		Mano de Obra Directa	\$ 587.555
		Supervisión Directa	\$ 306.855
		Administrativos de Planta	\$ 41.679
		Terreno	
		Propio	\$ -
TOTAL Costos Fijos		\$ 936.089	
Costos Operativos Totales		\$ 3.512.415	
Ventas		\$ 9.375.256	
Ganancia Bruta		\$ 5.862.841	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional N° 20628 - Dec. 1394/98		\$ 2.051.994	
Ganancia Neta		\$ 3.810.847	

CONCLUSIONES

Este escenario contempla la posibilidad de un aumento del 10 % en la capacidad de autoabastecerse de aserrín propio, lo cual es incluso moderado considerando las tendencias actuales de la industria de placas de madera. A su vez supone un aumento del precio de venta del 25 %, lo cual sería posible destinando gran parte de la producción a la exportación, considerando que tal como indica el Capítulo 6 del Informe, en Europa el precio de venta promedio de productos similares es de aproximadamente € 230 / tn, por lo que un precio FOB de aproximadamente € 135 / tn es competitivo

• Resultados Financieros – Planta Optimizada – Escenario Normal:

Costo de Materias Primas, Insumos y Servicios						
Materia Prima	Materia Prima Propia (Ton / Año)	Precio / Ton	Ton / año	Costo (\$/año)	Proveedor	
Astillas para Pulpa - Pino Elliotis	5500	80,00	29325	\$ 1.905.992	Papel Misionero SA	
Insumos	% Uso (Simul8)	Consumo Anual	Costo Unitario	Costo (\$/año)	Proveedor	
Lubricante Grado SAE 15W40 (tambor 200 l)	120,0%	3,00	3964	\$ 14.270,40	YPF	
Rolos y rodamientos (unidades)	120,0%	24,00	135	\$ 3.888,00	ALAS UNIVERSAL	
Servicio: Gas	% Uso (Simul8)	Consumo: m3 / año	Costo (\$ / m3)	Costo (\$/año)	Proveedor	
S-1	Generador Aire Caliente Secador	100,0%	3016200,00	0,268	\$ 808.341,60	GASNEA
Servicio: Consumo Eléctrico	% Uso (Simul8)	Consumo: Kwh	Consumo Kw / año	Costo (\$/año)	Proveedor	
R-1	Rosca de descarga	32,1%	5,50	30250	\$ 5.695,52	EMSA
M-1	Molino granulador	81,6%	220,00	1210000	\$ 578.592,96	EMSA
R-2	Rosca de descarga	39,3%	4,00	22000	\$ 5.063,98	EMSA
T-1	Transporte rascador	27,5%	4,00	22000	\$ 3.550,46	EMSA
S-1	Secador de cinta	9,8%	1,10	6050	\$ 348,50	EMSA
V-1	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
V-2	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
R-3	Rosca de descarga	27,8%	3,50	19250	\$ 3.130,34	EMSA
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	32,0%	3,00	16500	\$ 3.094,08	EMSA
D-2	Depósito c/ agitador	100,0%	9,20	50600	\$ 29.651,60	EMSA
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	73,3%	3,00	16500	\$ 7.087,38	EMSA
P-1	Prensa granuladora plana	90,5%	160,00	880000	\$ 466.690,40	EMSA
TC-1	Transportador de cinta	85,7%	2,20	12100	\$ 6.076,64	EMSA
TC-2	Transportador de cinta empinada	65,1%	2,20	12100	\$ 4.615,98	EMSA
V-3	Ventilador radial enfriador CC	100,0%	15,00	82500	\$ 48.345,00	EMSA
TC-3	Transportador de cinta empinada	99,1%	2,20	12100	\$ 7.026,78	EMSA
BD_1	Balanza dosificadora bolsas	3,0%	0,17	935	\$ 16,44	EMSA
OPCIONALES						
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	73,5%	3,00	16500	\$ 7.106,72	EMSA
P-2	Prensa granuladora plana 2	90,5%	160,00	880000	\$ 466.690,40	EMSA
CRI-1	Criva Vibratoria	100,0%	0,75	4125	\$ 2.417,25	EMSA
RRF	Rosca retorno de finos	77,9%	1,50	8250	\$ 3.766,08	EMSA
V-4	Ventilador succión retorno de finos	100,0%	2,20	12100	\$ 7.090,60	EMSA
TOTAL ENERGIA ELECTRICA			662,52	3643860	\$ 1.849.437	
TOTAL			TOTAL INSTALADO	CONSUMO ANUAL	\$ 4.581.929	
Días de Operación	275					
Horas / día	20					
Precio Kw / h	0,586					

DETALLE DEL COSTOS UNITARIO DE LOS EQUIPOS (u\$s)					
Codigo	Equipos	Cant.	Valor U\$d	Valor U\$d Total	Proveedor
TRITURADO					
R-1	Rosca de descarga	1	\$ 6.352	\$ 6.352	Ipeco
M-1	Molino granulador completo	1	\$ 219.583	\$ 219.583	Amandus Kahl
R-2	Rosca de descarga	1	\$ 6.352	\$ 6.352	Ipeco
	Polipasto de cadena eléctrico	1	\$ 1.260	\$ 1.260	Ipeco
SECADO					
T-1	Transporte rascador	1	\$ 16.120	\$ 16.120	Ipeco
S-1	Secador de cinta	1	\$ 333.320	\$ 333.320	Amandus Kahl
V-1	Ventilador radial cinta	1	\$ 14.937	\$ 14.937	Amandus Kahl
V-2	Ventilador radial cinta	1	\$ 14.937	\$ 14.937	Amandus Kahl
R-3	Rosca de descarga	1	\$ 7.735	\$ 7.735	Ipeco
	Generador de aire caliente	1	\$ 52.780	\$ 52.780	Amandus Kahl
	Accesorios para ventilador radial	2	\$ 7.338	\$ 14.676	Amandus Kahl
	Convertidor de frecuencia	2	\$ 6.760	\$ 13.520	Amandus Kahl
	Medidor humedad en linea	2	\$ 21.450	\$ 42.900	Amandus Kahl
	Canal de aire de salida	1	\$ 11.375	\$ 11.375	Ipeco
	Material aislante	1	\$ 10.985	\$ 10.985	Ipeco
PELLETIZADO Y ENFRIADO					
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	1	\$ 7.735	\$ 7.735	Ipeco
D-2	Depósito c/ agitador	1	\$ 19.916	\$ 19.916	Ipeco
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	2	\$ 20.969	\$ 41.938	Amandus Kahl
P-1	Prensa granuladora plana	1	\$ 107.120	\$ 107.120	Amandus Kahl
C-1	Transportador de cinta	1	\$ 9.919	\$ 9.919	Ipeco
C-2	Transportador de cinta empinada	1	\$ 11.863	\$ 11.863	Ipeco
V-3	Ventilador radial enfriador CC	1	\$ 4.095	\$ 4.095	Amandus Kahl
ESC-1	Esclusa de rueda celular	1	\$ 4.271	\$ 4.271	Ipeco
TC-3	Transportador de cinta empinada	1	\$ 11.863	\$ 11.863	Ipeco
	Sistema dosificador para agua	2	\$ 6.364	\$ 12.728	Amandus Kahl
	Accionamiento para la prensa	2	\$ 11.518	\$ 23.036	Amandus Kahl
	Sistema lubricacion central	2	\$ 8.853	\$ 17.706	Amandus Kahl
	Enfriador de aceite para prensa	2	\$ 4.583	\$ 9.166	Amandus Kahl
	Matriz plana	4	\$ 3.751	\$ 15.004	Amandus Kahl
	Interruptor final de nivel	3	\$ 2.145	\$ 6.435	Amandus Kahl
	Caja de descarga para prensa	2	\$ 4.160	\$ 8.320	Ipeco
	Plataforma de acceso	1	\$ 12.155	\$ 12.155	Ipeco
	Enfriador de contracorriente	1	\$ 16.835	\$ 16.835	Amandus Kahl
	Valvula rotativa	2	\$ 4.648	\$ 9.296	Ipeco
	Juego de accesorios para ventilador	1	\$ 1.365	\$ 1.365	Amandus Kahl
	Tubería de aire	1	\$ 5.135	\$ 5.135	Ipeco
EMPAQUETADO					
EMP-1	Balanza dosificadora bolsas	1	\$ 17.615	\$ 17.615	Ipeco
Pes	Tanque de almacenaje de Pesado	1	\$ 15.405	\$ 15.405	Ipeco
	Transportador de cinta empinada	1	\$ 11.863	\$ 11.863	Ipeco
OPCIONALES					
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	1	\$ 20.969	\$ 20.969	Ipeco
P-2	Prensa granuladora plana 2	1	\$ 107.120	\$ 107.120	Ipeco
CRI-1	Criva Vibratoria	1	\$ 9.536	\$ 9.536	Amandus Kahl
R-5	Rosca retorno de finos	1	\$ 5.226	\$ 5.226	Ipeco
V-4	Ventilador succión retorno de finos	1	\$ 3.810	\$ 3.810	Ipeco
CS-1	Ciclón Separador	1	\$ 9.750	\$ 9.750	Ipeco
Costo total de equipos				\$ 1.324.027	
IVA 21%				\$ 278.046	
TOTAL FINAL [u\$s]				\$ 1.602.073	

CUADRO DE RESULTADOS ANUAL (IVA NO INCLUIDO)

Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)		785,1	
Producción Pellets Anual (Tn)		19275	
Capacidad (%)		100%	
Costos de Fabricación	Variables	Materias Primas	
		Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 1.905.992
		Insumos	
		Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 14.270
		Rolos y rodamientos	\$ 3.888
		Servicios	
		Gas	\$ 808.342
		Electricidad	\$ 1.849.437
	TOTAL Costos Variables	\$ 4.581.929	
	Fijos	RRHH:	
		Mano de Obra Directa	\$ 1.021.392
		Supervisión Directa	\$ 306.855
		Administrativos de Planta	\$ 83.357
		Terreno	
		Propio	\$ -
TOTAL Costos Fijos	\$ 1.411.604		
Costos Operativos Totales		\$ 5.993.533	
Ventas		\$ 15.133.264	
Ganancia Bruta		\$ 9.139.731	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional N° 20628 - Dec. 1394/98		\$ 3.198.906	
Ganancia Neta		\$ 5.940.825	

CONCLUSIONES

La inversión en dólares necesaria para poder implementar las dos optimizaciones propuestas es de u\$s 189.258, que representa un 13.4 % de la inversión original que están haciendo los dueños de la planta de placas de madera.

Este incremento porcentual es absolutamente despreciable, considerando que la ganancia neta después de impuestos aumenta un 243 %.

• **Resultados Financieros – Planta Optimizada – Escenario Pesimista:**

Costo de Materias Primas, Insumos y Servicios						
Materia Prima		Materia Prima Propia (Ton / Año)	Precio / Ton	Ton / año	Costo (\$/año)	Proveedor
Astillas para Pulpa - Pino Elliotis		4950	121,90	29325	\$ 2.971.300	Papel Misionero SA
Insumos		% Uso (Simul8)	Consumo Anual	Costo Unitario	Costo (\$/año)	Proveedor
Lubricante Grado SAE 15W40 (tambor 200 l)		120,0%	3,00	3964	\$ 14.270,40	YPF
Rolos y rodamientos (unidades)		120,0%	24,00	135	\$ 3.888,00	ALAS UNIVERSAL
Servicio: Gas		% Uso (Simul8)	Consumo: m3 / año	Costo (\$ / m3)	Costo (\$/año)	Proveedor
S-1	Generador Aire Caliente Secador	100,0%	3016200,00	0,268	\$ 808.341,60	GASNEA
Servicio: Consumo Eléctrico		% Uso (Simul8)	Consumo: Kwh	Consumo Kw / año	Costo (\$/año)	Proveedor
R-1	Rosca de descarga	32,1%	5,50	30250	\$ 5.695,52	EMSA
M-1	Molino granulador	81,6%	220,00	1210000	\$ 578.592,96	EMSA
R-2	Rosca de descarga	39,3%	4,00	22000	\$ 5.063,98	EMSA
T-1	Transporte rascador	27,5%	4,00	22000	\$ 3.550,46	EMSA
S-1	Secador de cinta	9,8%	1,10	6050	\$ 348,50	EMSA
V-1	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
V-2	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
R-3	Rosca de descarga	27,8%	3,50	19250	\$ 3.130,34	EMSA
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	32,0%	3,00	16500	\$ 3.094,08	EMSA
D-2	Depósito c/ agitador	100,0%	9,20	50600	\$ 29.651,60	EMSA
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	73,3%	3,00	16500	\$ 7.087,38	EMSA
P-1	Prensa granuladora plana	90,5%	160,00	880000	\$ 466.690,40	EMSA
TC-1	Transportador de cinta	85,7%	2,20	12100	\$ 6.076,64	EMSA
TC-2	Transportador de cinta empinada	65,1%	2,20	12100	\$ 4.615,98	EMSA
V-3	Ventilador radial enfriador CC	100,0%	15,00	82500	\$ 48.345,00	EMSA
TC-3	Transportador de cinta empinada	99,1%	2,20	12100	\$ 7.026,78	EMSA
BD_1	Balanza dosificadora bolsas	3,0%	0,17	935	\$ 16,44	EMSA
OPCIONALES						
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	73,5%	3,00	16500	\$ 7.106,72	EMSA
P-2	Prensa granuladora plana 2	90,5%	160,00	880000	\$ 466.690,40	EMSA
CRI-1	Criva Vibratoria	100,0%	0,75	4125	\$ 2.417,25	EMSA
RRF	Rosca retorno de finos	77,9%	1,50	8250	\$ 3.766,08	EMSA
V-4	Ventilador succión retorno de finos	100,0%	2,20	12100	\$ 7.090,60	EMSA
TOTAL ENERGIA ELECTRICA			495,07	2722885	\$ 1.849.437	
TOTAL			TOTAL INSTALADO	CONSUMO ANUAL	\$ 5.647.237	
Dias de Operación	275					
Horas / día	20					
Precio Kw / h	0,586					

CUADRO DE RESULTADOS (SIN IVA)

Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)			454,5
Producción Pellets Anual (Tn)			19275
Capacidad (%)			70%
Costos de Fabricación	Variables	Materias Primas	
		Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 2.971.300
		Insumos	
		Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 14.270
		Rolos y rodamientos	\$ 3.888
		Servicios	
		Gas	\$ 808.342
		Electricidad	\$ 1.849.437
		TOTAL Costos Variables	\$ 3.953.066
	Fijos	RRHH:	
		Mano de Obra Directa	\$ 1.021.392
		Supervisión Directa	\$ 306.855
		Administrativos de Planta	\$ 83.357
		Terreno	
		Propio	\$ -
TOTAL Costos Fijos	\$ 1.411.604		
Costos Operativos Totales		\$ 5.364.670	
Ventas		\$ 6.132.955	
Ganancia Bruta		\$ 768.284	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional N° 20628 - Dec. 1394/98		\$ 268.899	
Ganancia Neta		\$ 499.385	

CONCLUSIONES

Las optimizaciones propuestas nos alejan drásticamente del punto de equilibrio expuesto en el escenario pesimista de la planta original. Incluso con un ligero aumento del precio de la pulpa de madera, los costos de materia prima disminuyen en relación a los ingresos brutos por venta disminuyen más de un 5 %, y si la materia prima tiende a dispararse la optimización del sistema mediante el retorno de finos tenderá a amortiguar el efecto. Se debe considerar a su vez que la optimización 2 representa u\$s 28.362, solo el 18 % del total de las dos inversiones.

Es necesario destacar que la planta optimizada genera tal incremento de productividad que desplaza el punto de equilibrio de forma tal que en las mismas condiciones la rentabilidad marginal sigue siendo positiva.

• **Resultados Financieros – Planta Optimizada – Escenario Optimista:**

Costo de Materias Primas, Insumos y Servicios						
Materia Prima		Materia Prima Propia (Ton / Año)	Precio / Ton	Ton / año	Costo (\$/año)	Proveedor
Astillas para Pulpa - Pino Elliotis		6050	80,00	29325	\$ 1.861.992	Papel Misionero SA
Insumos		% Uso	Consumo Anual	Costo Unitario	Costo (\$/año)	Proveedor
Lubricante Grado SAE 15W40 (tambor 200 l)		120,0%	3,00	3964	\$ 14.270,40	YPF
Rolos y rodamientos (unidades)		120,0%	24,00	135	\$ 3.888,00	ALAS UNIVERSAL
Servicio: Gas		% Uso	Consumo: m3 / año	Costo (\$ / m3)	Costo (\$/año)	Proveedor
S-1	Generador Aire Caliente Secador	100,0%	3016200,00	0,268	\$ 808.341,60	GASNEA
Servicio: Consumo Eléctrico		% Uso (Simul8)	Consumo: Kwh	Consumo Kw / año	Costo (\$/año)	Proveedor
R-1	Rosca de descarga	32,1%	5,50	30250	\$ 5.695,52	EMSA
M-1	Molino granulador	81,6%	220,00	1210000	\$ 578.592,96	EMSA
R-2	Rosca de descarga	39,3%	4,00	22000	\$ 5.063,98	EMSA
T-1	Transporte rascador	27,5%	4,00	22000	\$ 3.550,46	EMSA
S-1	Secador de cinta	9,8%	1,10	6050	\$ 348,50	EMSA
V-1	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
V-2	Ventilador radial cinta	100,0%	30,00	165000	\$ 96.690,00	EMSA
R-3	Rosca de descarga	27,8%	3,50	19250	\$ 3.130,34	EMSA
R-4	Rosca de deposito c/ agitador	32,0%	3,00	16500	\$ 3.094,08	EMSA
D-2	Depósito c/ agitador	100,0%	9,20	50600	\$ 29.651,60	EMSA
RM-1	Rosca dosificadora mezcladora	73,3%	3,00	16500	\$ 7.087,38	EMSA
P-1	Prensa granuladora plana	90,5%	160,00	880000	\$ 466.690,40	EMSA
TC-1	Transportador de cinta	85,7%	2,20	12100	\$ 6.076,64	EMSA
TC-2	Transportador de cinta empinada	65,1%	2,20	12100	\$ 4.615,98	EMSA
V-3	Ventilador radial enfriador CC	100,0%	15,00	82500	\$ 48.345,00	EMSA
TC-3	Transportador de cinta empinada	99,1%	2,20	12100	\$ 7.026,78	EMSA
BD_1	Balanza dosificadora bolsas	3,0%	0,17	935	\$ 16,44	EMSA
OPCIONALES						
RM-2	Rosca Dosificadora Mezcladora 2	73,5%	3,00	16500	\$ 7.106,72	EMSA
P-2	Prensa granuladora plana 2	90,5%	160,00	880000	\$ 466.690,40	EMSA
CRI-1	Criva Vibratoria	100,0%	0,75	4125	\$ 2.417,25	EMSA
RRF	Rosca retorno de finos	77,9%	1,50	8250	\$ 3.766,08	EMSA
V-4	Ventilador succión retorno de finos	100,0%	2,20	12100	\$ 7.090,60	EMSA
TOTAL ENERGIA ELECTRICA			662,52	3643860	\$ 1.849.437	
TOTAL			TOTAL INSTALADO	CONSUMO ANUAL	\$ 4.537.929	
Días de Operación	275					
Horas / día	20					
Precio Kw / h	0,586					

CUADRO DE RESULTADOS (SIN IVA)

Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)		988,4	
Producción Pellets Anual (Tn)		19275	
Capacidad (%)		100%	
Costos de Fabricación	Variables	Materias Primas	
		Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 1.861.992
		Insumos	
		Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 14.270
		Rolos y rodamientos	\$ 3.888
		Servicios	
		Gas	\$ 808.342
		Electricidad	\$ 1.849.437
		TOTAL Costos Variables	\$ 4.537.929
	Fijos	RRHH:	
		Mano de Obra Directa	\$ 1.021.392
		Supervisión Directa	\$ 306.855
		Administrativos de Planta	\$ 83.357
		Terreno	
		Propio	\$ -
TOTAL Costos Fijos	\$ 1.411.604		
Costos Operativos Totales		\$ 5.949.533	
Ventas		\$ 19.051.983	
Ganancia Bruta		\$ 13.102.450	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional N° 20628 - Dec. 1394/98		\$ 4.585.858	
Ganancia Neta		\$ 8.516.593	

• **Resultados Financiero – Planta Original – Modelo Logístico Completo:**

CUADRO DE RESULTADOS ANUAL (IVA NO INCLUIDO)

Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)		785,1	
Producción Pellets Anual (Tn)		8206	
Capacidad (%)		100%	
Costos de Fabricación	Variables	Materias Primas	
		Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 848.160
		Insumos	
		Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 11.892
		Rolos y rodamientos	\$ 2.835
		Servicios	
		Gas	\$ 349.648
		Electricidad	\$ 999.903
	TOTAL Costos Variables	\$ 2.212.438	
	Fijos	RRHH:	
		Mano de Obra Directa	\$ 587.555
		Supervisión Directa	\$ 306.855
		Administrativos de Planta	\$ 41.679
		Terreno	
		Propio	\$ -
TOTAL Costos Fijos	\$ 936.089		
Costos Operativos Totales		\$ 3.148.527	
Ventas		\$ 6.442.727	
Ganancia Bruta		\$ 3.294.200	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional N° 20628 - Dec. 1394/98		\$ 1.152.970	
Ganancia Neta		\$ 2.141.230	

CONCLUSIONES

La inclusión en el modelo del análisis de las variables logísticas de paradas de máquina y variabilidad en el ingreso de materia prima resulta en una disminución de la ganancia neta marginal. Se considera que la variación en la humedad relativa del producto es lo suficientemente baja como para no generar una merma en el precio de venta.

- **Resultados Financieros – Planta Optimizada – Modelo Logístico Completo:**

CUADRO DE RESULTADOS ANUAL (IVA NO INCLUIDO)			
Precio de Venta Pellets (\$ / Tn)		785,1	
Producción Pellets Anual (Tn)		14169	
Capacidad (%)		100%	
Costos de Fabricación	Materias Primas		
	Variables	Astillas para pulpa - Pino Elliotis	\$ 1.330.800
		Insumos	
		Lubricante Grado SAE 15W40	\$ 14.270
		Rolos y rodamientos	\$ 2.916
		Servicios	
		Gas	\$ 594.131
		Electricidad	\$ 1.359.336
	TOTAL Costos Variables		\$ 3.301.454
	Fijos	RRHH:	
		Mano de Obra Directa	\$ 1.021.392
		Supervisión Directa	\$ 306.855
		Administrativos de Planta	\$ 83.357
		Terreno	
	Propio	\$ -	
TOTAL Costos Fijos		\$ 1.411.604	
Costos Operativos Totales		\$ 4.713.058	
Ventas		\$ 11.124.421	
Ganancia Bruta		\$ 6.411.364	
Impuesto a las Ganancias (35%) - Ley Nacional Nº 20628 - Dec. 1394/98		\$ 2.243.977	
Ganancia Neta		\$ 4.167.386	

CONCLUSIONES

La inclusión del análisis de variables logísticas produce en la planta optimizada una merma mayor que en la original. El análisis de los flujos de caja en base a estos resultados permitirá tener una mayor comprensión de la necesidad o de realizar o no las mejoras propuestas

10.5. Flujos de caja, VAN, TIR y Payback correspondientes a las inversiones de la planta original y optimizada:

En base a los cuadros de resultados financieros de la planta original y optimizada, tanto para el modelo básico como para el modelo completo que incluye las variables logísticas internas y externas se realizaron las tablas de cálculo de los flujos de caja proyectados a 5 años, considerando un préstamo del 80 % de la inversión inicial bajo sistema francés:

- Características del Préstamo:

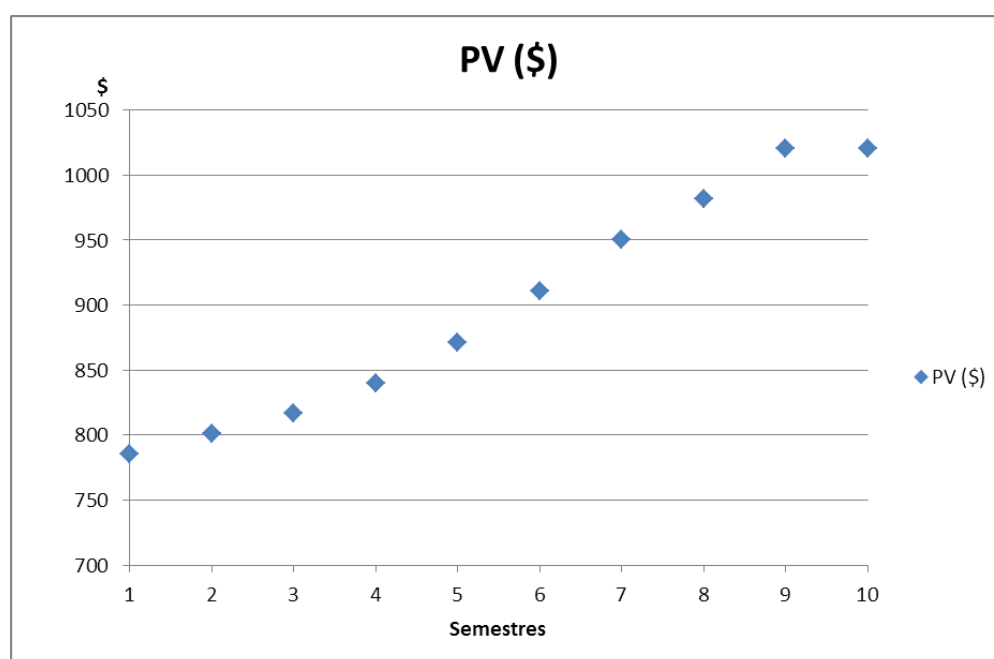
- El Préstamo adoptado es el del Convenio de Bonificación de tasa de interés de Sepyme y Bice.
- La entidad financiera es el Banco de Inversión y Comercio Exterior S.A.
- El plazo del crédito es de 5 años.
- Cupo del Crédito : \$200.000.000
- El monto solicitado va a ser de \$ 4.670.464 y \$ 5.296.108, para la planta original y la optimizada respectivamente. Ambos representan el 80% de la inversión, tal como se estipula en el convenio.
- La tasa de nominal anual del préstamo es $TNA = 23\%$.
- El Anexo contiene las tablas de cálculo de la cuota mensual desglosada en intereses y cuota amortización, además del préstamo vivo correspondiente a cada periodo; para ambos préstamos (planta original y optimizada).
- Para mayor información visitar la página web : www.industria.gob.ar

- Estrategia de precio de venta:

Como se ha tratado en el capítulo correspondiente, el precio de venta final promedio en Europa es de € 233, llegando en algunos países hasta € 280. Para pellets de características similares en cuanto a capacidad calorífica, contenido de ceniza y humedad, la oferta varía aproximadamente entre € 130 – 160 FOB para productos provenientes de puertos chinos o sudafricanos: siendo algunas opciones europeas, estadounidenses o canadienses incluso más caras.

Como estrategia inicial de penetración de mercado, la empresa pretende ingresar con un PV del orden de € 110 /tn, altamente competitivo para la calidad del producto. Esto permitiría ubicarse en la región como una excelente opción ante la importación de productos similares, con menores gastos de seguros y fletes internacionales. Durante el transcurso de los primeros 10 semestres del proyecto se pretende aumentar paulatinamente el PV hasta llegar a € 140 mientras se captan nuevos mercados en el resto del continente y Europa. Así, se configura la siguiente tabla de precios:

AÑO	1		2		3		4		5	
	1er sem	2do sem	1er sem	2do sem	1er sem	2do sem	1er sem	2do sem	1er sem	2do sem
PV (\$)	785,124	800,8264	816,5289	840,0826	871,4876	910,7438	950	981,405	1020,661	1020,661
PV (€)	109,045	111,2259	113,4068	116,6781	121,0399	126,4922	131,9444	136,3062	141,7585	141,7585
% inc	100%	102%	104%	107%	111%	116%	121%	125%	130%	130%



- Consideraciones para los flujos de caja:

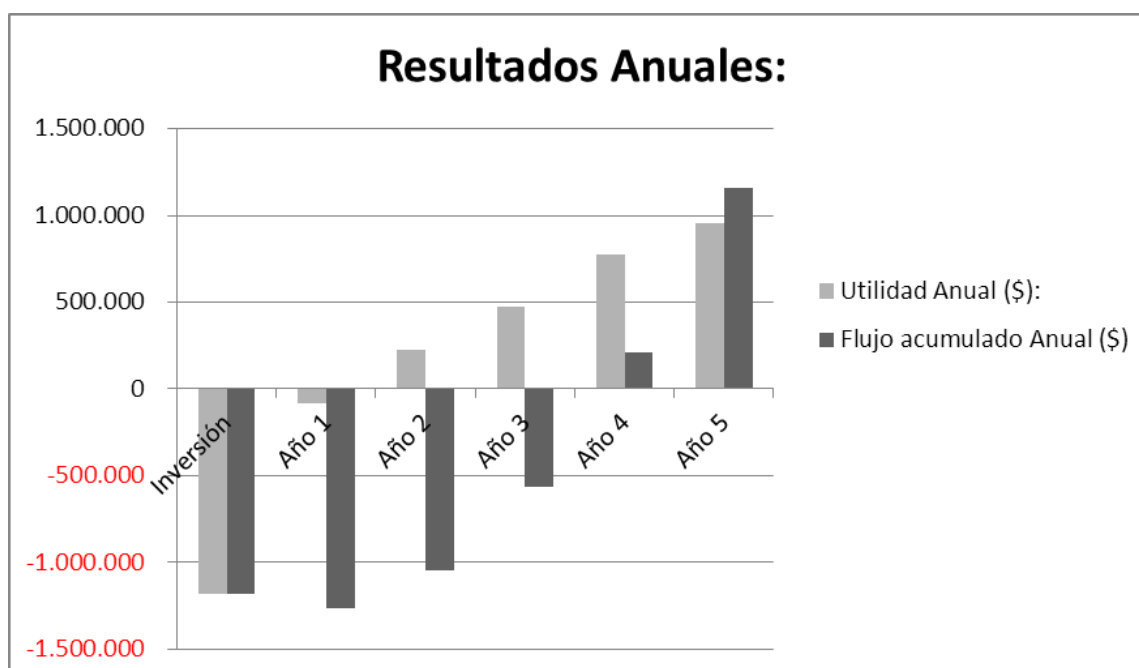
- La planta original tanto para el modelo básico como para el modelo logístico completo tiene una capacidad de planta menor a 10000 tn / año, lo que la configura como una planta de baja producción. Por tal motivo consideramos que la misma llegará a su máxima capacidad en menos de un año abasteciendo al mercado local y países limítrofes. Para el caso de la planta optimizada se considera que el nivel de penetración es similar en el primer año, pero el crecimiento de ventas se desacelera a medida que es necesario buscar nuevos horizontes de exportación y competir con otros productores internacionales.
- La **Producción Requerida** en cada mes es la estipulada según la penetración en el mercado y es la misma en los 4 modelos, ya que depende de las características del mercado. De esta manera se observa que todas las plantas tienen un incremento de ventas totales anuales progresivo y similar.
- En todos los modelos se considera a la vez que los primeros meses del año 1 la producción requerida no puede ser del 100 % en ningún caso, dado que el proceso productivo tiene un periodo inicial de ajustes y adaptaciones.
- Los costos de MP, consumo de gas y electricidad se ajustan a la producción requerida del periodo. Los costos de MO se mantienen constantes de acuerdo al plantel correspondiente a cada modelo de planta.
- El análisis de flujos de caja **no** toma en consideración el efecto inflacionario para ninguno de los modelos.

- Según Ley 20.628 se calcula el impuesto a ganancias de un 35 % del resultado imponible en cada periodo. En caso de sufrirse una pérdida durante algún periodo fiscal, esta será deducida de las ganancias gravadas de los años inmediatos mientras no transcurra un tiempo mayor a 5 años, tal como estipula el artículo 19 de la mencionada ley.
- Se incluyen ahora los gastos administrativos, de distribución y comercialización como porcentuales del ingreso por ventas de cada periodo.
- Todos los valores en monedas extranjeras fueron convertidos a pesos argentinos y **no** incluye IVA.
- En esta sección del informe se incluye el flujo de caja del año 1 y la hoja de resultados de cada modelo; incluyendo: **utilidad neta anual, flujo de caja acumulado anual, ventas anuales en toneladas de producto, VAN, TIR y Payback** para cada modelo. Para ver el detalle de flujos de caja de todos los años consultar el Anexo del Informe.

- Resumen de resultados de Cashflow – Planta Original – Modelo Básico:

Planta Original - Modelo Básico - Año 1														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL ANUAL
INGRESOS														
% Incremento PV		100%	100%	100%	100%	100%	100%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	
% Capacidad de Planta		60%	70%	80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Tn Ventidas		474	553	632	711	790	790	790	790	790	790	790	790	8694,58
Ventas		\$ 372.345	\$ 434.403	\$ 496.460	\$ 558.518	\$ 620.575	\$ 620.575	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 6.900.795
TOTAL INGRESOS		\$ 372.345	\$ 434.403	\$ 496.460	\$ 558.518	\$ 620.575	\$ 620.575	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 632.987	\$ 6.900.795
EGRESOS														
Materia Prima		\$ (52.248)	\$ (60.956)	\$ (69.664)	\$ (78.372)	\$ (87.080)	\$ (87.080)	\$ (87.080)	\$ (87.080)	\$ (87.080)	\$ (87.080)	\$ (87.080)	\$ (87.080)	\$ (957.880)
Meno de Obra		\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (956.089)
Electricidad		\$ (57.791)	\$ (67.423)	\$ (77.055)	\$ (86.687)	\$ (96.319)	\$ (96.319)	\$ (96.319)	\$ (96.319)	\$ (96.319)	\$ (96.319)	\$ (96.319)	\$ (96.319)	\$ (1.055.059)
Gas		\$ (20.209)	\$ (23.577)	\$ (26.945)	\$ (30.313)	\$ (33.681)	\$ (33.681)	\$ (33.681)	\$ (33.681)	\$ (33.681)	\$ (33.681)	\$ (33.681)	\$ (33.681)	\$ (370.490)
TOTAL EGRESOS		\$ (208.255)	\$ (229.963)	\$ (251.671)	\$ (273.379)	\$ (295.087)	\$ (295.087)	\$ (295.087)	\$ (295.087)	\$ (295.087)	\$ (295.087)	\$ (295.087)	\$ (295.087)	\$ (3.323.964)
UTILIDAD BRUTA (EBITDA)		\$ 164.090	\$ 204.439	\$ 244.789	\$ 285.139	\$ 325.488	\$ 325.488	\$ 337.900	\$ 337.900	\$ 337.900	\$ 337.900	\$ 337.900	\$ 337.900	\$ 3.576.830
Gastos Distribución (3%)		\$ (11.170)	\$ (13.032)	\$ (14.894)	\$ (16.756)	\$ (18.617)	\$ (18.617)	\$ (18.990)	\$ (18.990)	\$ (18.990)	\$ (18.990)	\$ (18.990)	\$ (18.990)	\$ (18.990)
Gastos Administrativos (6%)		\$ (23.341)	\$ (26.064)	\$ (28.788)	\$ (31.511)	\$ (34.235)	\$ (34.235)	\$ (37.979)	\$ (37.979)	\$ (37.979)	\$ (37.979)	\$ (37.979)	\$ (37.979)	\$ (37.979)
Gastos Comerciales (9%)		\$ (33.511)	\$ (39.096)	\$ (44.681)	\$ (50.267)	\$ (55.852)	\$ (55.852)	\$ (56.969)	\$ (56.969)	\$ (56.969)	\$ (56.969)	\$ (56.969)	\$ (56.969)	\$ (56.969)
Depreciaciones		\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (48.651)	\$ (583.808)
UTILIDAD NETA (EBIT)		\$ 48.417	\$ 77.596	\$ 106.775	\$ 135.955	\$ 165.134	\$ 165.134	\$ 175.311	\$ 175.311	\$ 175.311	\$ 175.311	\$ 175.311	\$ 175.311	\$ 1.750.879
Intereses		\$ (89.517)	\$ (88.709)	\$ (87.896)	\$ (87.047)	\$ (86.192)	\$ (85.320)	\$ (84.432)	\$ (83.527)	\$ (82.604)	\$ (81.664)	\$ (80.706)	\$ (79.729)	
RESULTADO DISPONIBLE		\$ (41.100)	\$ (11.113)	\$ 18.889	\$ 48.908	\$ 78.942	\$ 78.813	\$ 90.878	\$ 91.784	\$ 92.707	\$ 93.647	\$ 94.606	\$ 95.582	\$ 733.544
Imp. Ganancias (35%año)		\$ 14.385	\$ 3.880	\$ (6.611)	\$ (17.118)	\$ (27.630)	\$ (27.935)	\$ (31.808)	\$ (32.725)	\$ (32.447)	\$ (32.777)	\$ (33.112)	\$ (33.454)	\$ (256.740)
RESULTADO CAJA		\$ (26.715)	\$ (7.233)	\$ 12.278	\$ 31.790	\$ 51.312	\$ 51.879	\$ 59.071	\$ 59.060	\$ 60.259	\$ 60.871	\$ 61.494	\$ 62.128	\$ 476.804
Inv. fide. Equipos (usd x \$5)		\$ (5.835,080)												
Inv. fide. Insumos (1 año)		\$ (12.560)												
Prestamo (80% ILEI)		\$ 4.670,464												
Corta Amortización		\$ (42.145)	\$ (42.953)	\$ (43.776)	\$ (44.615)	\$ (45.471)	\$ (46.342)	\$ (47.230)	\$ (48.138)	\$ (49.058)	\$ (49.988)	\$ (50.957)	\$ (51.933)	\$ (562,616)
UTILIDAD NETA		\$ (68.860)	\$ (50.177)	\$ (31.488)	\$ (12.826)	\$ 5.842	\$ 5.842	\$ 11.841	\$ 11.824	\$ 11.201	\$ 10.872	\$ 10.537	\$ 10.195	\$ (85.812)
FLUJO CAJA		\$ (1.180,176)	\$ (1.295,213)	\$ (1.330,711)	\$ (1.345,337)	\$ (1.332,158)	\$ (1.308,793)	\$ (1.320,317)	\$ (1.308,793)	\$ (1.297,592)	\$ (1.286,719)	\$ (1.276,183)	\$ (1.265,988)	\$ (1.265,988)

	Utilidad Anual (\$):	Flujo acumulado Anual (\$)	Ventas (tn)
Inversión	-1.180.176	-1.180.176	-
Año 1	-85.812	-1.265.988	8.695
Año 2	222.247	-1.043.740	9.485
Año 3	476.508	-567.232	9.485
Año 4	774.117	206.885	9.485
Año 5	952.165	1.159.050	9.485
Las Variables Financieras son:			
i	17%	Anual	
VAN	\$ 53.754		
TIR	18%		
Payback	3 años y 9 meses		



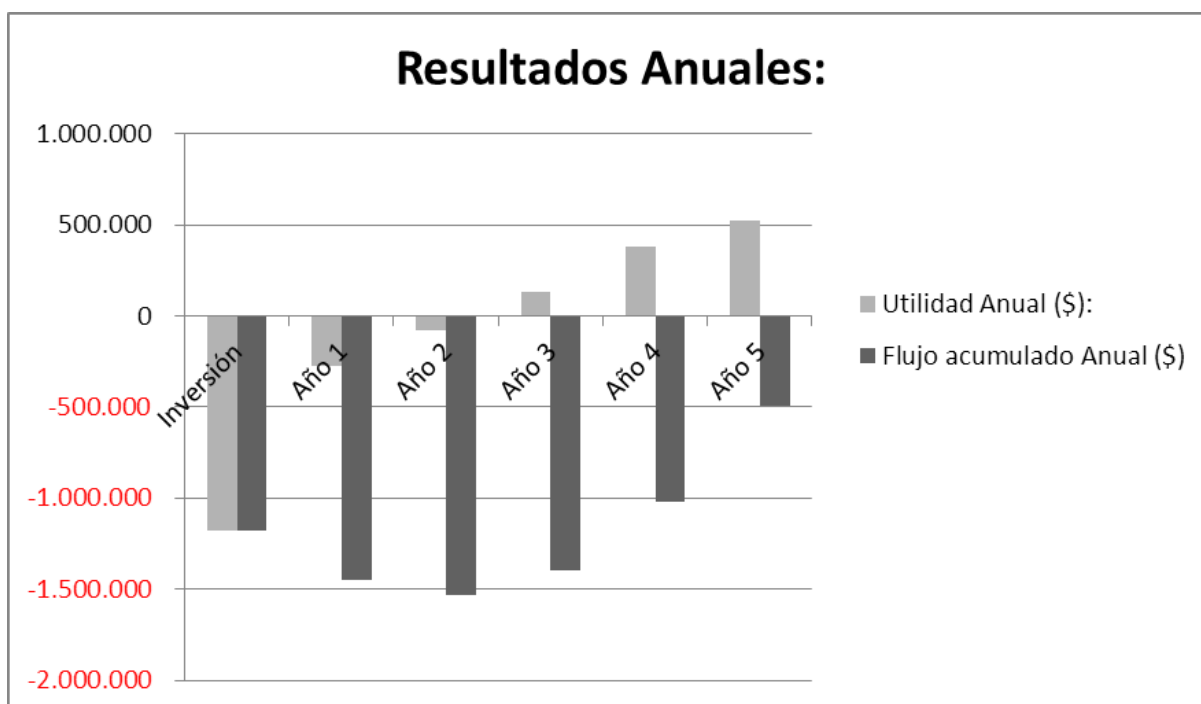
El VAN y la TIR son positivos, pero la rentabilidad es apenas superior a la correspondiente a un plazo fijo al 17 % anual. Tal es así que no consideramos recomendable incurrir en el riesgo de realizar una inversión del orden de casi \$ 5.000.000 con un rendimiento tan bajo.

La inversión recién se recupera luego de 3 años y 9 meses.

- Resumen de resultados de Cashflow – Planta Original – Modelo Logístico Completo:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL ANUAL
INGRESOS														
% Incremento PV Mercado		100%	100%	100%	100%	100%	100%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	
% Capacidad de Planta		70%	80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Tn. Ventidas		479	547	615	684	684	684	684	684	684	684	684	684	7795,70
Ventas		\$ 375.826	\$ 429.515	\$ 483.205	\$ 536.894	\$ 536.894	\$ 536.894	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 6.185,018
TOTAL INGRESOS		\$ 375.826	\$ 429.515	\$ 483.205	\$ 536.894	\$ 536.894	\$ 536.894	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 547.632	\$ 6.185,018
EGRESOS														
Materia Prima		\$ (49.476)	\$ (56.544)	\$ (63.612)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (70.680)	\$ (805,752)
Mano de Oera		\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (78.007)	\$ (936,089)
Electricidad		\$ (58.328)	\$ (66.660)	\$ (74.993)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (83.325)	\$ (949,908)
Gas		\$ (20.396)	\$ (23.310)	\$ (26.224)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (29.137)	\$ (332,166)
TOTAL EGRESOS		\$ (206,207)	\$ (224,521)	\$ (242,836)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (261,150)	\$ (3.023,914)
UTILIDAD BRUTA (EBITDA)		\$ 169,619	\$ 204,994	\$ 240,369	\$ 275,744	\$ 275,744	\$ 275,744	\$ 286,482	\$ 286,482	\$ 286,482	\$ 286,482	\$ 286,482	\$ 286,482	\$ 3.161,104
Gastos Distribución (3%)		\$ (11,275)	\$ (12,885)	\$ (14,496)	\$ (16,107)	\$ (16,107)	\$ (16,107)	\$ (16,429)	\$ (16,429)	\$ (16,429)	\$ (16,429)	\$ (16,429)	\$ (16,429)	
Gastos Administrativos (6%)		\$ (22,550)	\$ (25,771)	\$ (29,992)	\$ (32,214)	\$ (32,214)	\$ (32,214)	\$ (32,858)	\$ (32,858)	\$ (32,858)	\$ (32,858)	\$ (32,858)	\$ (32,858)	
Gastos Comerciales (9%)		\$ (33,824)	\$ (38,656)	\$ (43,488)	\$ (48,320)	\$ (48,320)	\$ (48,320)	\$ (49,287)	\$ (49,287)	\$ (49,287)	\$ (49,287)	\$ (49,287)	\$ (49,287)	
Depreciaciones		\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (48,651)	\$ (583,808)
UTILIDAD NETA (EBIT)		\$ 53,319	\$ 79,030	\$ 104,741	\$ 130,452	\$ 130,452	\$ 130,452	\$ 139,257	\$ 139,257	\$ 139,257	\$ 139,257	\$ 139,257	\$ 139,257	\$ 1.463,992
Intereses		\$ (89,517)	\$ (88,709)	\$ (87,898)	\$ (87,047)	\$ (86,192)	\$ (85,320)	\$ (84,432)	\$ (83,527)	\$ (82,604)	\$ (81,664)	\$ (80,706)	\$ (79,729)	
RESULTADO IMPONIBLE		\$ (36,198)	\$ (9,679)	\$ 16,855	\$ 43,405	\$ 44,260	\$ 45,132	\$ 54,825	\$ 55,730	\$ 56,653	\$ 57,593	\$ 58,552	\$ 59,528	\$ 446,657
Imp. Ganancias (35%/año)		\$ 12,669	\$ 3,388	\$ (5,889)	\$ (15,192)	\$ (15,491)	\$ (15,796)	\$ (19,189)	\$ (19,596)	\$ (19,829)	\$ (20,159)	\$ (20,493)	\$ (20,835)	\$ (156,330)
RESULTADO CAJA		\$ (23,529)	\$ (6,291)	\$ 10,966	\$ 28,213	\$ 28,769	\$ 29,336	\$ 35,636	\$ 36,225	\$ 36,824	\$ 37,436	\$ 38,059	\$ 38,683	\$ 290,327
Inv. Inc. Equipos		\$ (5,638,080)												
Inv. Inc. Insumos		\$ (12,560)												
Prestamo (80% LI Eq.)		\$ 4,670,464												
Cota Amortización		\$ (42,145)	\$ (42,953)	\$ (43,776)	\$ (44,615)	\$ (45,471)	\$ (46,342)	\$ (47,230)	\$ (48,136)	\$ (49,058)	\$ (49,998)	\$ (50,957)	\$ (51,933)	\$ (562,616)
UTILIDAD NETA		\$ (65,674)	\$ (49,245)	\$ (32,821)	\$ (16,402)	\$ (16,701)	\$ (17,006)	\$ (11,594)	\$ (11,911)	\$ (12,234)	\$ (12,563)	\$ (12,898)	\$ (13,240)	\$ (272,289)
FLUJO CAJA		\$ (1,180,176)	\$ (1,295,094)	\$ (1,327,915)	\$ (1,344,317)	\$ (1,361,018)	\$ (1,378,025)	\$ (1,399,619)	\$ (1,401,529)	\$ (1,413,763)	\$ (1,426,226)	\$ (1,439,224)	\$ (1,452,464)	

	Utilidad Anual (\$):	Flujo acumulado Anual (\$)	Ventas (tn)
Inversión	-1.180.176	-1.180.176	-
Año 1	-272.289	-1.452.464	7.796
Año 2	-77.706	-1.530.170	8.206
Año 3	133.737	-1.396.433	8.206
Año 4	380.500	-1.015.933	8.206
Año 5	521.081	-494.852	8.206
Las Variables Financieras son:			
i	17%	Anual	
VAN	-\$ 945.440		
TIR	-9%		
Payback	FUERA DEL PERIODO		



En el modelo que considera paradas de máquina y limitaciones de abastecimiento (contemplando desde escasos de materia prima hasta corte total de suministro externo) el VAN y la TIR resultan negativos, por lo tanto el negocio no es redituable.

La inversión NO llega a recuperarse dentro del periodo analizado de 5 años. A juzgar por la tendencia del análisis, recién se podría obtener rédito en el siguiente periodo fiscal.

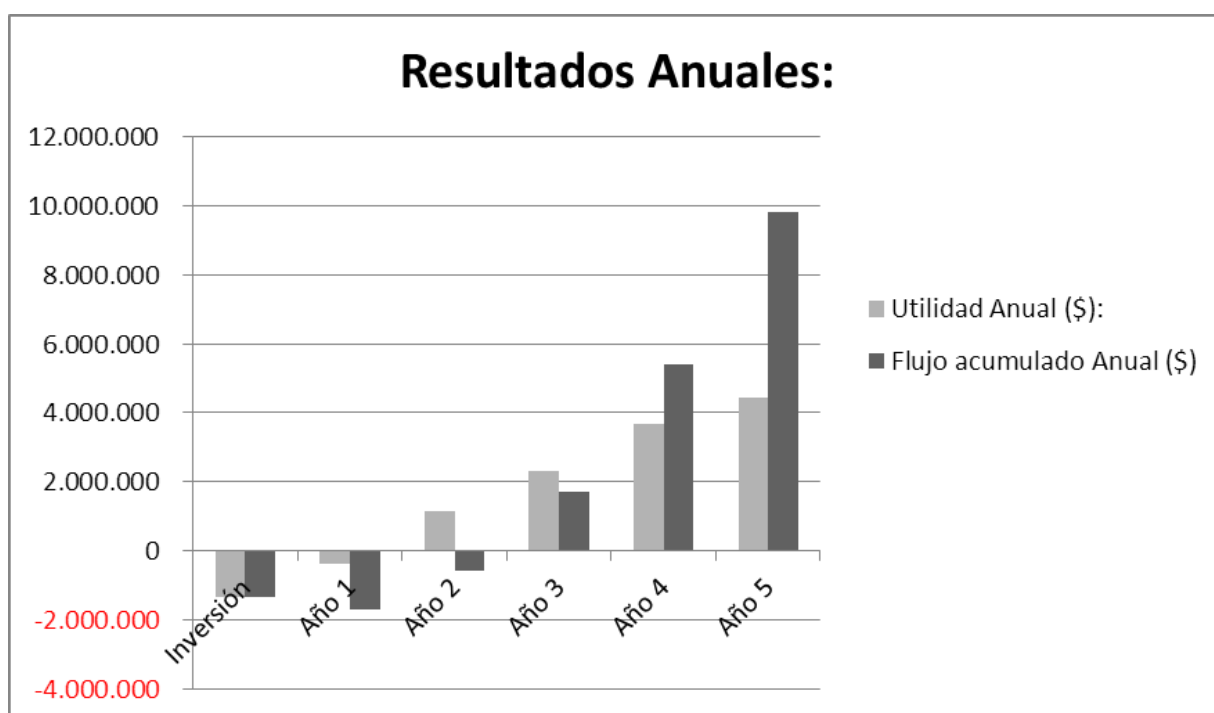
- Resumen de resultados de Cashflow – Planta Optimizada –
Modelo Básico:

Planta Optimizada Escenario Normal Año 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL ANUAL
INGRESOS														
% Incremento PY Mercado		100%	100%	100%	100%	100%	100%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	
% Capacidad de Planta		29%	32%	35%	38%	41%	44%	47%	50%	53%	56%	59%	61%	
Tn Ventidas		485,8125	514	562,1875	610,375	658,5625	706,75	754,9375	803,125	851,3125	899,5	947,6875	979,8125	8754,06
Ventas		\$ 365,721	\$ 403,554	\$ 441,387	\$ 479,220	\$ 517,053	\$ 554,886	\$ 592,719	\$ 630,552	\$ 668,385	\$ 706,218	\$ 744,051	\$ 781,884	\$ 6,955,248
TOTAL INGRESOS		\$ 365,721	\$ 403,554	\$ 441,387	\$ 479,220	\$ 517,053	\$ 554,886	\$ 592,719	\$ 630,552	\$ 668,385	\$ 706,218	\$ 744,051	\$ 781,884	\$ 6,955,248
EGRESOS														
Materia Prima		\$ (46,061)	\$ (50,828)	\$ (55,591)	\$ (60,356)	\$ (65,121)	\$ (69,886)	\$ (74,651)	\$ (79,416)	\$ (84,181)	\$ (88,946)	\$ (93,711)	\$ (98,476)	\$ (865,638)
Meno de Ova		\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (117,634)	\$ (1,411,604)
Electricidad		\$ (44,895)	\$ (48,318)	\$ (51,741)	\$ (55,164)	\$ (58,587)	\$ (62,010)	\$ (65,433)	\$ (68,856)	\$ (72,279)	\$ (75,702)	\$ (79,125)	\$ (82,548)	\$ (839,953)
Gas		\$ (19,535)	\$ (21,568)	\$ (23,601)	\$ (25,634)	\$ (27,667)	\$ (29,700)	\$ (31,733)	\$ (33,766)	\$ (35,799)	\$ (37,832)	\$ (39,865)	\$ (41,898)	\$ (367,122)
TOTAL EGRESOS		\$ (227,925)	\$ (239,334)	\$ (250,744)	\$ (262,153)	\$ (273,563)	\$ (284,972)	\$ (296,381)	\$ (307,791)	\$ (319,200)	\$ (330,610)	\$ (342,019)	\$ (353,428)	\$ (3,484,317)
UTILIDAD BRUTA (EBITDA)		\$ 137,796	\$ 164,219	\$ 190,643	\$ 217,067	\$ 243,491	\$ 269,914	\$ 296,338	\$ 322,762	\$ 349,186	\$ 375,609	\$ 402,033	\$ 428,457	\$ 3,470,932
Gastos Distribución (3%)		\$ (10,972)	\$ (12,107)	\$ (13,242)	\$ (14,377)	\$ (15,512)	\$ (16,647)	\$ (17,782)	\$ (18,917)	\$ (20,052)	\$ (21,187)	\$ (22,322)	\$ (23,457)	\$ (235,440)
Gastos Administrativos (6%)		\$ (21,943)	\$ (24,213)	\$ (26,483)	\$ (28,753)	\$ (31,023)	\$ (33,293)	\$ (35,563)	\$ (37,833)	\$ (40,103)	\$ (42,373)	\$ (44,643)	\$ (46,913)	\$ (470,800)
Gastos Comerciales (6%)		\$ (32,915)	\$ (36,320)	\$ (39,725)	\$ (43,130)	\$ (46,535)	\$ (49,940)	\$ (53,345)	\$ (56,750)	\$ (60,155)	\$ (63,560)	\$ (66,965)	\$ (70,370)	\$ (706,19)
Depreciaciones		\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (65,168)	\$ (662,014)
UTILIDAD NETA (EBIT)		\$ 16,798	\$ 36,412	\$ 56,026	\$ 75,640	\$ 95,253	\$ 114,867	\$ 134,481	\$ 154,095	\$ 173,709	\$ 193,323	\$ 212,937	\$ 232,551	\$ 1,556,973
Intereses		\$ (101,509)	\$ (100,593)	\$ (99,677)	\$ (98,761)	\$ (97,845)	\$ (96,929)	\$ (96,013)	\$ (95,097)	\$ (94,181)	\$ (93,265)	\$ (92,349)	\$ (91,433)	\$ (90,409)
RESULTADO IMPONIBLE		\$ (84,710)	\$ (64,181)	\$ (43,653)	\$ (23,124)	\$ (2,492)	\$ 17,368	\$ 37,242	\$ 57,116	\$ 76,990	\$ 96,864	\$ 116,738	\$ 136,612	\$ 156,486
Imp. Ganancias (35%año)		\$ 29,849	\$ 22,463	\$ 15,077	\$ 7,691	\$ 0,275	\$ 7,209	\$ 14,397	\$ 21,585	\$ 28,773	\$ 35,961	\$ 43,149	\$ 50,337	\$ 57,525
RESULTADO CAJA		\$ (55,062)	\$ (41,717)	\$ (28,576)	\$ (15,433)	\$ (2,717)	\$ 14,159	\$ 31,639	\$ 49,111	\$ 66,583	\$ 84,055	\$ 101,527	\$ 118,999	\$ 136,471
Irv. Inc. Equipos (5)		\$ (6,620,135)												
Irv. Inc. Insumos (1 año)		\$ (9,079)												
Préstamo (80% l. l. eq.)		\$ (47,793)	\$ (48,707)	\$ (49,621)	\$ (50,535)	\$ (51,449)	\$ (52,363)	\$ (53,277)	\$ (54,191)	\$ (55,105)	\$ (56,019)	\$ (56,933)	\$ (57,847)	\$ (58,761)
Cuota Amortización														
UTILIDAD NETA		\$ (102,853)	\$ (90,424)	\$ (78,002)	\$ (65,580)	\$ (53,157)	\$ (40,735)	\$ (28,313)	\$ (15,891)	\$ (3,469)	\$ 8,953	\$ 21,425	\$ 33,897	\$ 46,369
FLUJO CAJA		\$ (1,333,106)	\$ (1,435,959)	\$ (1,538,812)	\$ (1,641,665)	\$ (1,744,518)	\$ (1,847,371)	\$ (1,950,224)	\$ (2,053,077)	\$ (2,155,930)	\$ (2,258,783)	\$ (2,361,636)	\$ (2,464,489)	\$ (2,567,342)

	<u>Utilidad Anual (\$):</u>	<u>Flujo acumulado Anual (\$)</u>	<u>Ventas (tn)</u>
Inversión	-1.333.106	-1.333.106	-
Año 1	-375.799	-1.708.905	8.754
Año 2	1.135.295	-573.610	13.685
Año 3	2.297.071	1.723.461	16.095
Año 4	3.674.231	5.397.692	18.392
Año 5	4.439.743	9.837.435	19.275

Las Variables Financieras son:

i	17%	Anual
VAN	\$ 4.595.040	
TIR	72%	
Payback	2 años, 2 meses y 20 días	



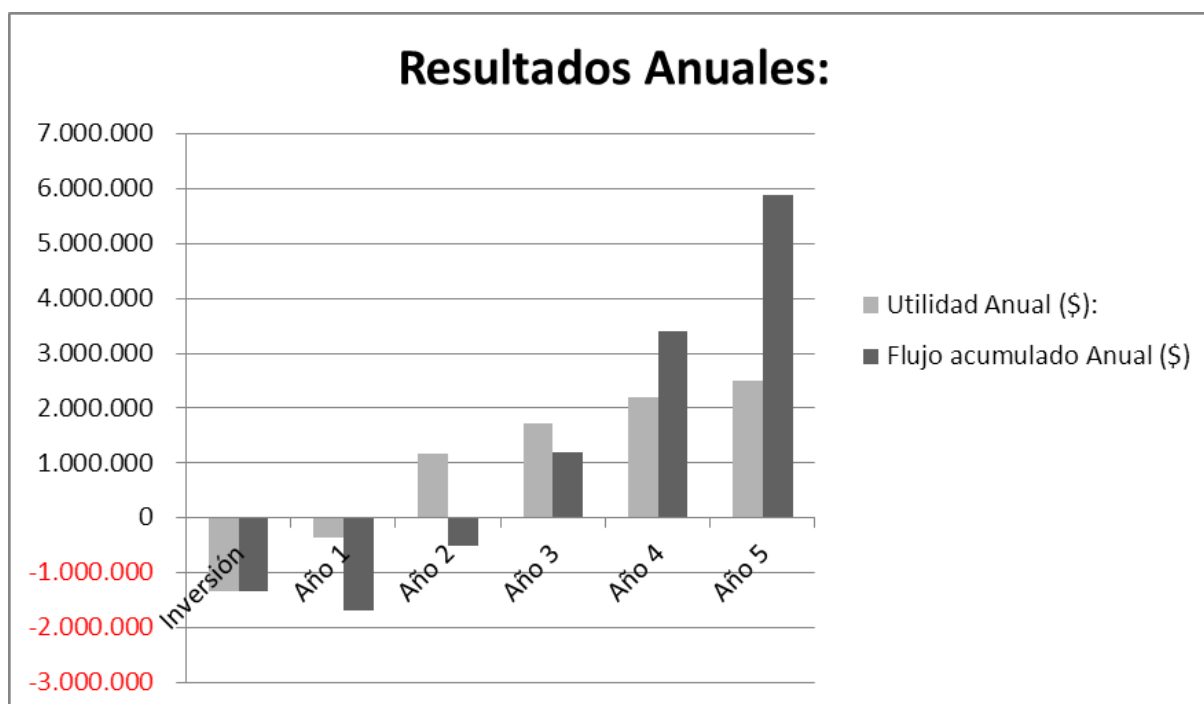
El VAN y la TIR se ven considerablemente incrementadas, lo que confirma que el negocio sería altamente redituable y las optimizaciones planteadas en este trabajo son justificadas.

El Payback disminuyó a 2 años, 2 meses y 20 días.

- Resumen de resultados de Cashflow – Planta Optimizada –
Modelo Logístico Completo:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL ANUAL
INGRESOS														
% Incremento PV Mercado		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Capacidad de Planta		40%	44%	48%	52%	56%	60%	64%	68%	72%	76%	79%	82%	82%
Ti. Ventas		472	520	567	614	661	708	756	803	850	897	933	968	8749,36
Ventas		\$ 370.814	\$ 407.895	\$ 444.977	\$ 482.058	\$ 519.140	\$ 556.221	\$ 605.169	\$ 642.932	\$ 680.815	\$ 718.638	\$ 747.005	\$ 775.372	\$ 6.951.095
TOTAL INGRESOS		\$ 370.814	\$ 407.895	\$ 444.977	\$ 482.058	\$ 519.140	\$ 556.221	\$ 605.169	\$ 642.932	\$ 680.815	\$ 718.638	\$ 747.005	\$ 775.372	\$ 6.951.095
EGRESOS														
Materia Prima		\$ (44.360)	\$ (46.796)	\$ (53.232)	\$ (57.668)	\$ (62.104)	\$ (66.540)	\$ (70.976)	\$ (75.412)	\$ (79.848)	\$ (84.284)	\$ (87.611)	\$ (90.938)	\$ (821.769)
Mano de Obra		\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (117.634)	\$ (1.411.604)
Electricidad		\$ (45.311)	\$ (49.842)	\$ (54.373)	\$ (58.905)	\$ (63.436)	\$ (67.967)	\$ (72.498)	\$ (77.029)	\$ (81.560)	\$ (86.091)	\$ (89.490)	\$ (92.889)	\$ (839.390)
Gas		\$ (19.804)	\$ (21.785)	\$ (23.765)	\$ (25.746)	\$ (27.726)	\$ (29.707)	\$ (31.687)	\$ (33.667)	\$ (35.648)	\$ (37.628)	\$ (39.114)	\$ (40.599)	\$ (366.876)
TOTAL EGRESOS		\$ (227.109)	\$ (238.057)	\$ (248.004)	\$ (259.952)	\$ (270.899)	\$ (281.847)	\$ (292.795)	\$ (303.742)	\$ (314.690)	\$ (325.637)	\$ (333.948)	\$ (342.059)	\$ (3.439.639)
UTILIDAD BRUTA (EBITDA)		\$ 143.705	\$ 169.839	\$ 196.973	\$ 222.106	\$ 248.240	\$ 274.374	\$ 312.374	\$ 339.249	\$ 366.125	\$ 393.000	\$ 413.157	\$ 433.314	\$ 3.511.456
Gastos Distribución (3%)		\$ (11.124)	\$ (12.237)	\$ (13.349)	\$ (14.462)	\$ (15.574)	\$ (16.687)	\$ (18.155)	\$ (19.290)	\$ (20.424)	\$ (21.559)	\$ (22.410)	\$ (23.261)	
Gastos Administrativos (6%)		\$ (22.249)	\$ (24.474)	\$ (26.699)	\$ (28.923)	\$ (31.148)	\$ (33.373)	\$ (36.310)	\$ (38.579)	\$ (40.848)	\$ (43.118)	\$ (44.820)	\$ (46.522)	
Gastos Comerciales (9%)		\$ (33.373)	\$ (36.711)	\$ (40.048)	\$ (43.385)	\$ (46.723)	\$ (50.060)	\$ (54.465)	\$ (57.869)	\$ (61.273)	\$ (64.677)	\$ (67.230)	\$ (69.783)	
Depreciaciones		\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (65.168)	\$ (662.014)
UTILIDAD NETA (EBIT)		\$ 21.790	\$ 41.250	\$ 60.709	\$ 80.168	\$ 99.627	\$ 119.086	\$ 148.276	\$ 168.343	\$ 188.410	\$ 208.478	\$ 223.528	\$ 238.579	\$ 1.598.245
Intereses		\$ (101.509)	\$ (100.593)	\$ (99.659)	\$ (98.709)	\$ (97.739)	\$ (96.750)	\$ (95.743)	\$ (94.716)	\$ (93.670)	\$ (92.604)	\$ (91.517)	\$ (90.409)	
RESULTADO IMPONIBLE		\$ (79.718)	\$ (59.343)	\$ (38.950)	\$ (18.540)	\$ 1.888	\$ 22.337	\$ 52.533	\$ 73.627	\$ 94.741	\$ 115.874	\$ 132.011	\$ 148.169	\$ 444.630
Imp. Ganancias (35/año)		\$ 27.901	\$ 20.770	\$ 13.633	\$ 6.489	\$ (861)	\$ (7.818)	\$ (18.387)	\$ (28.769)	\$ (33.159)	\$ (40.566)	\$ (46.204)	\$ (51.859)	\$ (155.621)
RESULTADO CAJA		\$ (51.817)	\$ (38.573)	\$ (25.318)	\$ (12.051)	\$ 1.228	\$ 14.519	\$ 34.147	\$ 47.858	\$ 61.581	\$ 75.318	\$ 85.807	\$ 96.310	\$ 289.010
Inv. Inc. Equipos (usd x 5\$)		\$ (6.620.135)												
Inv. Inc. Insumos (1 año)		\$ (9.079)												
Prestamo (60% LIRA)		\$ 5.296.108												
Cuota Amortización		\$ (47.791)	\$ (46.707)	\$ (46.641)	\$ (46.592)	\$ (46.550)	\$ (46.512)	\$ (46.474)	\$ (46.436)	\$ (46.398)	\$ (46.360)	\$ (46.322)	\$ (46.284)	\$ (637.982)
UTILIDAD NETA		\$ (99.608)	\$ (87.290)	\$ (74.959)	\$ (62.643)	\$ (50.334)	\$ (38.031)	\$ (19.411)	\$ (6.726)	\$ 5.952	\$ 18.622	\$ 28.025	\$ 37.420	\$ (348.973)
FLUJO CAJA		\$ (1.333.106)	\$ (1.432.714)	\$ (1.594.952)	\$ (1.657.995)	\$ (1.707.929)	\$ (1.745.960)	\$ (1.766.370)	\$ (1.772.097)	\$ (1.766.145)	\$ (1.747.523)	\$ (1.719.498)	\$ (1.682.079)	

	Utilidad Anual (\$):	Flujo acumulado Anual (\$)	Ventas (tn)
Inversión	-1.333.106	-1.333.106	-
Año 1	-348.973	-1.682.079	8.749
Año 2	1.164.847	-517.231	13.638
Año 3	1.718.631	1.201.399	14.169
Año 4	2.191.806	3.393.206	14.169
Año 5	2.493.693	5.886.899	14.169
Las Variables Financieras son:			
i	17%	Anual	
VAN	\$ 2.599.685		
TIR	56%		
Payback	2 años, 2 meses, 28 días		



El negocio sigue siendo redituable, aun considerando las variables logísticas como limitaciones de abastecimiento y paradas de máquina. Considerando una penetración de mercado similar para ambos modelos, la inversión se recupera en un periodo similar, pero el rendimiento de la inversión es menor que en el caso del modelo básico.

Conclusiones:

Durante la elaboración de este proyecto estuvimos en contacto directo con el grupo inversor que está desarrollando esta idea de acoplar una planta de procesamiento de biomasa para elaborar pellets de madera contigua a la fábrica de placas de madera que poseen actualmente. Claudio Draghi, titular de la firma, se mostró desde un comienzo muy interesado en la idea de evaluar diversas opciones de implementación más allá de su idea original, apoyándonos en todo momento para la realización de este modelo de simulación.

La relación con Matías y Alejandro Wietz, representantes de la firma IPeCo, división de MFC Service SRL dedicada a la ingeniería de pesaje y control, también fue fundamental para la realización de este trabajo, dado que aportaron su conocimiento para evaluar las características productivas de este tipo de plantas, además de proveer valiosa información técnica sobre las maquinarias que ellos mismos fabrican o importan.

Consideramos que en vista a los resultados expuestos, la optimización 1 (inclusión de segunda prensa granuladora) es fundamental para garantizar un aumento de la capacidad de planta, lo que permitirá acompañar a un mercado de demanda creciente, tanto en el país como en el exterior; particularmente considerando que no tiene un impacto alto en la estructura de costos original.

Es evidente a su vez que el costo de la materia prima es relativamente bajo en relación a otros costos fijos y variables, y principalmente en relación al precio de venta que tiene el producto particularmente en Europa. Sin embargo, creemos que la tendencia en alza de este rubro de la industria maderera podría no solo disparar la demanda, sino también ocasionar incrementos en los costos de materia prima, efecto que podría amortiguarse mediante la realización de la optimización de retorno de finos en línea, teniendo en cuenta que tiene un bajo costo de implementación.

En resumen, no tenemos dudas de que este es el momento ideal para realizar una inversión de esta índole, dado que la relación de precios con otros combustibles de la misma capacidad calórica es sumamente favorable, sumado al hecho de ser una fuente de energía renovable con buen consenso social.

No obstante, la planta tal como fue planteada originalmente resulta en un valor actual neto relativamente bajo en relación al nivel de inversión, incluso teniendo en consideración que la TIR se ha incrementado al apalancar el proyecto. El análisis de flujos de caja del modelo logístico completo, que incluye variabilidad en el abastecimiento de materia prima (contemplando a su vez cortes de ruta, huelgas u otros imprevistos), indicaría que el proyecto directamente no sería rentable. Llevar a cabo las optimizaciones propuestas es fundamental para aumentar el margen de ganancias del proyecto, disminuyendo los riesgos asociados; tal como se exhibe en los resultados de flujo de caja de la planta optimizada, donde incluso el modelo logístico completo sigue siendo rentable y el capital se recupera luego en 2 años y 3 meses. Este aumento del margen de ganancia permitiría impulsar la estrategia de ventas de la empresa, pudiendo convertirla en referente de la región y permitiéndole afrontar con mayor holgura a un mercado internacional altamente competitivo.

Bibliografía

Libros:

- Jaret W. Hauge & Kerrie N. Paige; *Learning SIMUL8: The Complete Guide*, PlainVu Publishers; 2004.
- Concannon Kieran, Mark Elder, Kim Hindle, Jilliam Tremble & Stanley Tse; *Simulation Modeling with Simul8*, Visual Thinking International, 2007.
- Law A. M. & Kelton W. D; *Simulation Modeling and Analysis – 3rd Ed*, McGraw-Hill, 2000.

Artículos:

- W.L. Maxwell & R.C Wilson, *Analysis of Dynamic Material Handling Systems by Network Flow*, Working Paper 4, Department of Industrial and Operations Engineering of Michigan, 1979.
- Ing. Roger Cohen, *Evaluación de Proyectos de Plantas Químicas – Análisis Marginal*, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, EUDEBA.

Páginas Web:

- Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Carlos III de Madrid:
http://www.uc3m.es/portal/page/portal/dpto_ingenieria_mecanica
- AmandusKahl: Pelletizado de Biomasa:
http://www.akahl.de/akahl/en/products/biomass_pelleting.
- Ipeco Pesaje & Control – Representante de AmandusKahl en Argentina:
<http://www.ipeco.com.ar/>
- Lippel Brasil – Desarrollo de tecnologías para fuentes de energía renovables:
<http://www.lippel.com.br/es/#.UKmyI-SzKSo>