

The logo for Universidad Nacional del Litoral (UNL), consisting of the letters 'UNL' in white on a blue square background.

**UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL LITORAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS**

Maestría en Administración de Empresas

Mención en Dirección de Negocios

***Introducción al uso de biomasa para la generación
de energía eléctrica en un molino arrocero***

Alumno: Mariano Gabriel Cerini

Director: Oscar Daniel Quiroga

Santa Fe, 2019

Agradecimientos

- A Jor, Fede y Emi, por la paciencia, tiempo y comprensión.
- A Oscar Quiroga y María Rosa Sánchez Rossi, por ayudarme, guiarme, acompañarme y alentarme.
- A Tahin S.A. y Directivos, por el desafío.

Índice

Resumen	5
1. Capítulo 1. Introducción	6
1.1. Definición del problema	6
1.2. Formulación y justificación.....	7
1.3. Proceso productivo.....	8
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos	9
1.5. Metodología	9
1.5.1. Técnicas	10
1.5.2. Unidad de análisis.....	11
1.5.3. Instrumentos de recolección de datos.....	11
1.5.3.1. Secundarios:	11
1.5.3.2. Primarios:	12
1.5.3.3. Variables y dimensiones.....	12
2. Capítulo 2. Marco conceptual	14
2.1. Energías renovables y biomosas	14
2.1.1. Concepto de biomasa.....	15
2.1.2. Biomasa energética	15
2.1.3. Forma. Transporte y adecuación	16
2.1.4. Almacenamiento y volumen	17
2.1.4.1. Silos cilíndricos de chapa (metálicos).....	17
2.1.4.2. Silos cilíndricos de hormigón.....	18
2.1.4.3. Silos horizontales (silos celda).....	19
2.1.4.4. Silos de chapa aéreos.....	20
2.1.4.5. Silos bolsa	22
2.1.4.6. Almacenamiento a la intemperie	23
2.2. El poder calórico de la biomasa	25
2.3. Cáscara de arroz. Un subproducto con dificultades comerciales propias ..	26
2.4. Descripción del proceso productivo	27
2.4.1. Acopio, acondicionamiento y secado	27
2.4.2. Molinería de arroz	30
2.4.3. Disponibilidad de biomosas	34
2.5. Centrales térmicas y centrales termoelectricas de biomasa.....	37
2.5.1. El ciclo de Rankine	38

2.5.2.	Centrales termoeléctricas de biomasa.....	38
2.5.2.1.	La caldera de vapor	39
2.5.2.2.	El sobrecalentador	40
2.5.2.3.	El evaporador	41
2.5.2.4.	Salida de gases desde la caldera	41
2.5.2.5.	Las cenizas de una caldera de vapor con biomasa como combustible	42
2.5.2.6.	Las cenizas del proceso. ¿Un nuevo subproducto?.....	43
2.5.2.7.	La turbina de vapor	44
2.5.2.8.	El Condensador. Tanque de agua de alimentación con desgasificador.....	45
2.5.2.9.	El generador.....	47
2.6.	Análisis de la viabilidad de proyectos de inversión en finanzas corporativas	47
2.7.	Marco legal básico	48
2.8.	La responsabilidad social empresaria (RSE) y las energías renovables	55
3.	Capítulo 3. Estudio de pre factibilidad (estudio técnico)	57
3.1.	Análisis y evolución del costo de la energía contratada	57
3.2.	Energía calórica y rendimientos energéticos de la cáscara de arroz.....	66
3.3.	Conclusiones del estudio.....	69
4.	Capítulo 4. Evaluación del proyecto de inversión.....	71
4.1.	Ingreso a molienda de arroz. Ingresos por cosecha. Disponibilidad de Biomasa anual. Bases del proyecto	71
4.2.	Capacidad de generación de energía eléctrica según disponibilidad anual de biomasa proyectada	73
4.3.	Necesidad de consumo energético del molino arrocero y de la central termoeléctrica. Definición de la energía eléctrica disponible para su venta a la red.....	73
4.4.	La Inversión	74
4.5.	La vida útil del proyecto y la inversión.....	76
4.6.	Los ingresos del proyecto	77
4.7.	Los egresos del proyecto	80
4.7.1.	Mano de obra	80
4.7.2.	Gastos de mantenimiento	81
4.7.3.	Gastos de amortización de la planta.....	82
4.7.4.	Costo del combustible (biomasa) como costo de oportunidad por dejar de vender la cáscara de arroz al mercado.....	83
4.7.5.	Egresos de fondo de un año base.....	83

4.8. Valor residual de la inversión al fin de la vida útil del proyecto	84
4.9. Estado de resultados de un año base	85
4.10. La tasa de rendimiento requerida de la inversión	87
4.11. Flujo de fondos para la vida útil del proyecto	87
4.12. Criterios utilizados para el análisis de la inversión.....	90
4.12.1 El criterio del valor actual neto (VAN).....	90
4.12.2. La tasa interna de retorno (TIR).....	90
4.12.3. El período de recuero de la inversión.....	91
4.12.4. El período de recuero con flujos descontados	92
4.13. El riesgo del proyecto. Simulación de Monte Carlo	93
4.13.1. Variables de entrada para la simulación	94
4.13.2. Variables de salida para la simulación	96
4.13.3. Resultados de la simulación.....	96
4.13.3.1 Análisis de utilizar @Risk sobre el VAN.....	96
4.13.3.2. Análisis de utilizar @Risk sobre la TIR.....	101
5. Capítulo 5. Conclusiones.....	105
Bibliografía.....	107
Anexo: Plano y esquema de una Central Termoeléctrica de Biomasa	109
Índice de tablas	110
Índice de figuras.....	112

Resumen

La empresa Tahin S.A. es un molino arrocero, que mediante su proceso de producción genera productos y subproductos derivados del arroz. Del mismo surge la *cáscara de arroz* bajo la forma de desecho, capaz de conformar una *biomasa* de origen agroindustrial, la cual, muchas veces, acarrea dificultades en su almacenamiento y comercialización.

Con el objeto de revalorizar los subproductos generados por el proceso, se propone evaluar, mediante la formulación de un proyecto de inversión, los resultados de identificar la *cáscara de arroz* bajo la forma de biomasa susceptible de ser el combustible – fuente de energía renovable – para ser incorporado dentro de una *central termoeléctrica*, la que, haciendo uso de una caldera de vapor, tome la energía calórica, la transforme en energía mecánica y por medio de un generador, produzca energía eléctrica, para ser incorporada al proceso productivo o fuera del mismo inyectándose a la red pública de distribución.

Se procura, mediante el desarrollo de un proyecto de inversión, hacer una *investigación aplicada*, tal que, la generación de conocimientos, técnicas y procesos que se estudien, sean la base fundamental para evaluar, mediante las herramientas que proporciona las *finanzas corporativas* para el análisis de proyectos de inversión, la viabilidad de su implementación y acción.

1. Capítulo 1. Introducción

En el presente capítulo se abordan, a modo introductorio, diversas temáticas que serán desarrolladas en la tesis. En primer lugar, se realiza una definición del problema, junto a la formulación y justificación, en la cual se enmarca el proyecto, describiendo sintéticamente el proceso productivo que es objeto de estudio. Finalmente, se detallan los objetivos de la tesis y la metodología que se va a utilizar en su desarrollo.

1.1. Definición del problema

La empresa Tahin S.A. es una *agroindustria* que procesa una materia prima principal y como resultado se obtienen productos y subproductos. La base es el arroz cáscara y en la medida en que se avanza dentro de cada etapa, se logra separar la cáscara de arroz del grano propiamente dicho. Primeramente, a través de una peladora, se logra dicha separación. Seguidamente, se pasa a los pulidores, separando el pulido de arroz – también denominado afrechillo – logrando una masa blanca pulida que en sus diferentes composiciones porcentuales contiene granos quebrados y enteros, los que son útiles para definir la clasificación del mix de productos que se desea desarrollar.

Según el *balance de masa*, y bajo la regla de que “*todo lo que entra ha de ser igual a lo que sale*”, se tiene ingreso de materia prima – arroz cáscara – y como consecuencia del proceso, los diferentes productos – arroz elaborado blanco con $x\%$ de granos enteros y con $z\%$ de quebrados – y de subproductos – afrechillo, cáscara y quebrados de arroz o arrocin no aptos para caber dentro del producto –.

El proceso productivo, necesariamente, genera el surgimiento de subproductos, que como desechos emanan para alcanzar la meta de la obtención del producto deseado. Si bien, en su mayoría, cada molino encuentra un mercado para el destino comercial de cada subproducto, no siempre las condiciones de acceso son las más satisfactorias, más aun, cuando se trata de obtener el mejor resultado que asegure una buena rentabilidad o al menos que permita que la relación costos beneficios sea la más adecuada.

En este sentido, y con el propósito de revalorizar los subproductos, particularmente, cáscara de arroz, se la identifica como potencial materia prima de un nuevo proceso y concepto, ya no clasificada como un mero subproducto del arroz, sino bajo el concepto de *biomasa*, la cual, se asimila a una fuente de energía renovable y de desarrollo reciente en el tiempo; que, a diferencia de otros combustibles, de tipo fósiles, tuvieron su origen en momentos pasados.

No solo la cáscara de arroz se entiende bajo el concepto de biomasa – de origen industrial – sino que además se puede implicar un conjunto de elementos biodegradables provenientes de restos, desechos o residuos de las actividades agroindustriales, forestales, silvicultura, y producción agropecuaria. Se incluyen también, residuos biológicos y residuos sólidos urbanos.

Del proceso de conversión de biomasa, se puede obtener biocombustibles de tipo sólido, líquidos y gaseosos. Esto es, a través de un proceso de combustión, se adquiere potencia mecánica, la que, por un generador eléctrico puede ser transformada en potencia eléctrica. De esta forma, en el caso de análisis de un molino arrocero, se puede utilizar cáscara de arroz generada por el proceso productivo para formar una biomasa, tal que permita generar energía térmica y eléctrica, transformando así el concepto de residuo, desecho o subproducto en bioenergía renovable, la que puede ser reincorporada al proceso productivo o vendida a la red.

1.2. Formulación y justificación

La molinería de arroz tiene como objetivo principal alcanzar su producto clave, el arroz elaborado blanco pulido con un x% de medios granos incorporados. Como consecuencia del proceso, se generan otros co-productos, pero que al no ser los bienes buscados, se los caracteriza bajo el concepto de subproductos, por lo que, bajo la propia semántica del concepto pasan a ser parte de un “algo” que es comúnmente denominado “sub”, como si fuera que por definición sea de inferior categoría, siempre comparándose respecto a su elemento principal.

Ahora bien, si se cambiara el objeto del “sub” subiéndolo de rango pasando a ser, o a circunscribirse dentro de la categoría de los “prod”, esto implicaría una nueva visión del negocio o revalorización del propósito principal, mediante el esfuerzo orientado a generar el desarrollo de lo que ahora sería el nuevo producto enfocado a buscar. En este supuesto, la cáscara de arroz pasaría a formar parte de un producto a alcanzar dentro de la industrialización de un molino arrocero, porque su finalidad, ahora en sí misma, sería la generación de energía eléctrica, y sus subproductos pasarían a ser el arroz elaborado blanco, siempre el antes predilecto deseado.

Tal vez, en proyecciones futuras, esto se materialice, ya que la búsqueda de energía eléctrica podría llegar a ser el objeto principal de las agroindustrias que generan residuos biomásicos capaces de formar la materia prima necesaria para la generación de energías provenientes de fuentes renovables. No obstante, y hasta tanto esto sea así, se

propicia el proceso de revalorización de los subproductos de la molinería de arroz capaces de integrar objetos biomásicos susceptibles de generar energía.

De la industrialización y consecuente generación de subproductos, la gestión comercial del negocio se enfrenta al desafío de hacer rotar el volumen generado por el proceso productivo, que es continuo, y por el cual no se disponen de capacidades infinitas de almacenamiento, sino más bien se encuentran depósitos limitados en tamaño, los que requieren una alta frecuencia de vaciado que permita que el mismo no se interrumpa como consecuencia de no liberar el espacio, con el riesgo de que la producción no pueda continuar en el turno, o al día siguiente.

De igual manera, y sumado al carácter perecible de los materiales desechados por el proceso, con el paso del tiempo y su exposición a la intemperie, caso en el que el depósito es aéreo y externo, el departamento comercial encuentra inconvenientes para lograr el doble propósito de, por un lado, rotar el inventario para poder volver a iniciar su ciclo (perspectiva del área productiva), y por otro, lograr en la venta, el mayor valor económico alcanzable, lo que redundaría en una baja de costos, siempre que se considere la venta del subproducto generado como un recuperado respecto de su principal.

Cada producto tiene en sí mismo un mercado, esto es, alguien dispuesto a comprar lo que se está dispuesto a vender, siempre que sirva para satisfacer algún tipo de necesidad o brinde utilidad. En referencia a la cáscara de arroz, los que están comúnmente interesados en su compra, son denominados en el rubro, “cascareros”, los que a su vez, encuentran como mercado de destino a las granjas de pollos, studs de caballos, o simplemente como alimento integrante de las dietas que forman parte de la nutrición animal. Pero el destino comercial de la cáscara de arroz no es el único final posible, hay otro camino, el de la revalorización productiva, el de la conversión energética, transformándose así en cáscara energética o, teniendo en cuenta un pensamiento más amplio aún, en arroz energético.

1.3. Proceso productivo

El proceso productivo abarca un conjunto de fases que parten desde su acondicionamiento, secado y acopio, hasta llegar al proceso de molienda de arroz.

En la sección 2.4 se realiza una exhaustiva descripción del proceso productivo, el que involucra a la molinería de arroz en su conjunto.

1.4. Objetivos

Los objetivos planteados por la presente tesis son indicados a continuación.

1.4.1. Objetivo general

Identificar los elementos y componentes necesarios para el desarrollo del proceso de revalorización de *Recursos Biomásicos* generados en un molino arrocero, enfocándose especialmente en la cáscara de arroz, a efectos de ser utilizados para la generación de energía eléctrica que se reincorpore al proceso productivo o fuera del mismo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Definir el alcance de las capacidades energéticas a generar por una central termoeléctrica de biomasa centrada en la combustión de cáscara de arroz generada por el proceso productivo de un molino arrocero.
- Determinar las etapas fundamentales del proyecto de generación de energía eléctrica por medio de biomasa exponiendo las tecnologías existentes, para proceder a la evaluación de la instalación de una central termoeléctrica de biomasa.
- Evaluar la viabilidad financiera del proyecto de generar energía eléctrica con base en el uso de biomasa, principalmente cáscara de arroz, atento al análisis de diferentes escenarios definidos por los cambios en las variables más relevantes como ser:
 - Volumen de toneladas de cáscara de arroz.
 - Precio de la energía eléctrica suministrada por la red.
 - Dimensión del tipo de planta a instalar según la necesidad de energía eléctrica a generar.

1.5. Metodología

El proyecto de inversión que se propone desarrollar, tiene como base metodología una investigación de tipo aplicada, es decir, que el tipo de diseño es el de una *Investigación Aplicada* (Sabino, 1994).

El conjunto de conocimientos, técnicas y procesos que se desarrollen y adquieran mediante el presente trabajo de investigación serán la materia prima base necesaria para llevarlo a la acción.

De esta forma, se busca desarrollar un tipo de trabajo que resulte de una utilidad práctica, que cuanto menos, permita evaluar con cierto criterio económico-técnico, las bondades o problemas de encarar un proyecto de inversión de estas características.

Las aplicaciones prácticas del presente trabajo son, una vez realizadas las inversiones a estudiar, describir, proponer y desarrollar, de funcionamiento inmediato y de utilización constante.

La presente propuesta de proyecto, resulta de importante interés por parte de la dirección de la empresa, por lo cual se promueve desarrollar las descripciones técnicas-teóricas básicas, necesarias para llevarla a la aplicación práctica concreta, atento a una revisión de su viabilidad económica financiera.

1.5.1. Técnicas

En el proyecto de inversión que se plantea desarrollar, se hará uso de técnicas de investigación de tipo cuantitativas para la recolección y posterior análisis de los datos. En el caso particular del presente, por estar orientado en sus características básicas al esquema de un proyecto de inversión, se valdrá de las técnicas de análisis de viabilidad y pre-factibilidad de la disciplina de las finanzas corporativas. Esto es, atento a los objetivos de investigación que se postulan, y por considerarse que las técnicas financieras básicas aportan las herramientas fundamentales para evaluar la viabilidad del mismo.

De esta forma, se hará uso de flujos de fondo futuros descontados, para evaluar, mediante diferentes criterios de análisis de inversiones el presente proyecto.

Se calcularán los parámetros de los criterios básicos para el análisis de inversiones - Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Período de recupero y Período de Recupero Descontado - con el objeto de formar el fundamento de una futura decisión respecto de la viabilidad de avanzar en la concreción práctica del proyecto que se propone.

Para el caso particular de cómo podría influir el factor *Riesgo* en las variables del proyecto de inversión, se va a hacer uso de la técnica llamada, *Simulación de Monte Carlo*, por medio de un software desarrollado por la empresa Palisade, que se llama @Risk y que se utiliza para simular diferentes resultados posibles de las variables haciendo uso de distribuciones de probabilidad matemáticas que se asocian a las mismas.

1.5.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis está dada por la empresa Tahin S.A. La misma, se encuentra ubicada en la localidad de San Javier, Provincia de Santa Fe y se dedica, básicamente, a la molinería de arroz y harinas. Se encuentra integrada a chacras propias y arrendadas para la producción de arroz cáscara en sus diferentes tipos, largo fino y largo ancho.

El Molino inicia sus actividades en el año 1.999 basado en la producción de arroz cáscara, desarrollando su negocio centrado en la elaboración de arroz blanco pulido en sus diferentes calidades y bajo variadas marcas para su comercialización. Así mismo, en el año 2.010 y con la intención de agregar valor a sus subproductos, se incursiona en la elaboración de harinas mediante la molienda de quebrados de arroz. Esto último, constituye una estrategia de valorización de los subproductos generados por el proceso productivo principal. En el mismo orden de objetivos, la empresa está interesada en el desarrollo e implementación de una central termoeléctrica de biomasa, capaz de permitir la generación de energía eléctrica para su autoabastecimiento, en un principio, y para la venta a la red, en el futuro.

1.5.3. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, se van a tener en cuenta los siguientes instrumentos.

1.5.3.1. Secundarios:

Se van a considerar, tanto documentos internos, como así también los externos.

Documentos internos:

Respecto de las fuentes de recolección de datos secundaria interna, se utilizarán las siguientes, enunciadas de forma no taxativa, a saber:

- Partes de producción.
- Informes y estadísticas de ventas.
- Indicadores del tablero de control de producción.
- Presupuestos y plan de negocios.
- Proyecciones de cosechas.
- Informes de gestión.
- Documentos comerciales (facturas de suministro de energía eléctrica).
- Informes de ingresos en cosecha.
- Informes del proceso de secado de arroz.

- Procedimientos internos.

Documentos externos:

En relación a las fuentes de recolección de datos secundaria externas, se proponen las siguientes, enunciadas de forma no taxativa, a saber:

- Bibliografía especializada en los temas desarrollados en el marco conceptual.
- Publicaciones especializadas en biomasas.
- Revistas e informes.
- Revisión y consulta de sitios WEB especializados en la temática.
- Informes estadísticos referidos al tema central del presente.
- Normativa legal vigente.

1.5.3.2. Primarios:

En relación a las fuentes de recolección de datos primarios, se proponen las siguientes:

- Observación directa de centrales térmicas de biomasa.
- Reuniones de grupo de trabajo con proveedores.

1.5.3.3. Variables y dimensiones

Las variables más relevantes de la presente propuesta de proyecto de inversión están dadas por los elementos capaces de ser formadores de una biomasa generada por el proceso productivo del molino arrocero Tahin S.A., como ser el caso de la **cáscara de arroz** y su **precio de venta en el mercado**, así como también la capacidad de generación de energía eléctrica susceptible de ser producida por la **medida de la dimensión de las instalaciones** a desarrollar mediante la implementación de una central termoeléctrica de biomasas. Por su parte, el **costo de la energía** a cada momento del tiempo, disponible mediante el suministro que brinda el ente público proveedor de energías, que en la ciudad de San Javier, en la provincia de Santa Fe, está dado por la Empresa Provincial de la Energía (EPE).

En síntesis, las variables relevantes del proyecto son, a saber:

- Volumen de cáscara de arroz disponible en cada momento del tiempo.
- Precio de venta de la cáscara de arroz en el mercado.

- Capacidad de generación de energía respecto al tamaño de la central termoeléctrica a instalar.
- Costo de acceso a la energía eléctrica suministrada por el ente provincial de la energía.

Las dimensiones a analizar están dadas por la *definición del tipo de central termoeléctrica a instalar* atento a la relación de tamaño respecto del volumen de energía eléctrica a generar. Esto, definido desde el criterio simplificador de mensurar la central posible a instalar, en referencia a distintas medidas de tamaño que se puedan identificar. No es objeto del presente proyecto ahondar en conceptos profundos de ingeniería sino más bien de conocer la existencia de diferentes tecnologías tales que permitan generar energía eléctrica mediante la posible contratación de la instalación de una central termoeléctrica de biomasa.

Desde el punto de vista económico financiero, se va a evaluar la viabilidad del presente proyecto de inversión haciendo uso de las técnicas y criterios que de las finanzas se desprenden, definiendo los ingresos y gastos futuros, armando los flujos de fondo a descontar en el tiempo y evaluando su rentabilidad.

No se puede dejar de reconocer, que el concepto de energía generada por medio de biomasa, es un acercamiento al desarrollo del uso de *energías renovables*, las que, con el transcurrir del tiempo, se van presentando como desafíos de los agentes económicos de los países que van evolucionando en su desarrollo. Esto implica *aspectos medioambientales* orientados al cuidado de nuestro planeta y al propósito de generar, producir y vivir sin destruir ni contaminar el mismo.

La generación de energías limpias, no contaminantes y autogeneradas por las empresas no escapa a sus propósitos de *responsabilidad social empresarial* respecto del cuidado de los grupos de interés que se relacionan a ella, así como a su relación con el entorno de influencia en el cual se desempeñan.

De esta forma, las diferentes dimensiones que el proyecto de inversión comprenderá son, a saber:

- Dimensión tecnológica.
- Dimensión económica financiera.
- Dimensión ambiental de las energías renovables.
- Dimensión de la responsabilidad social empresarial.

2. Capítulo 2. Marco conceptual

El marco conceptual responde al siguiente esquema de presentación, el cual seguirá el desarrollo del presente capítulo, siendo, a saber:

- Energías Renovables y biomasa.
- El poder calórico de la biomasa.
- Cáscara de arroz. Un subproducto con dificultades comerciales propias.
- Descripción del proceso productivo.
- Centrales térmicas y centrales termoeléctricas de biomasa.
- Análisis de la viabilidad de proyectos de inversión en finanzas corporativas.
- Marco legal básico.
- La responsabilidad social empresarial (RSE) y las energías renovables.

2.1. Energías renovables y biomasa

La energía, entendida como acción, movimiento, esfuerzo, trabajo, es un componente vital para el desarrollo de la vida del hombre en sociedad. El acceso al suministro de energía eléctrica es considerado una necesidad básica para los agentes económicos y sociales. En el mundo actual, globalizado, la generación de energías sostenibles a largo plazo es un desafío de los países, gobiernos y agentes económicos. Identificados los recursos mediante los cuales se podrían generar energías, se encuentran los recursos de tipo renovables y no renovables.

Los recursos no renovables son aquellos que por su naturaleza, acceso, disponibilidad y nivel de demanda por parte del hombre carecen de la posibilidad de lograr un abastecimiento infinito que les permita satisfacer los requerimientos de entrega. Son ejemplos de ellos los combustibles fósiles, como el petróleo y el gas, que hay que extraerlos de un yacimiento, así como los minerales que hay que extraerlos de las minas. A partir de estos tipos de recursos, se pueden generar energías del tipo no renovables.

Los recursos renovables, en cambio, son aquellos que tienen la capacidad de regeneración que les permite abastecer las necesidades de su demanda sin suponer un agotamiento futuro. Son el caso, por ejemplo, del agua de ríos y mares, de la materia orgánica vegetal, de la irradiación de la luz del sol y de las biomasa. Es, a partir de estos tipos de recursos, que se puede generar energías renovables.

Se llega así al concepto de biomasa, como fuente de energía renovable, capaz de utilizarse en la generación de diferentes formas de energía, como ser, eléctrica, calórica, vapor, gas, así como biocombustibles –como el etanol y el biodiesel– y la combinación que pueda surgir con la mezcla de ellas.

2.1.1. Concepto de biomasa

La biomasa es una fuente de energía renovable, de desarrollo reciente en el tiempo, a diferencia de otros combustibles de tipo fósiles que tuvieron su origen en momentos pasados.

No solo la cáscara de arroz se entiende bajo el concepto de biomasa – de origen industrial – sino que además se puede implicar un conjunto de elementos biodegradables provenientes de restos, desechos o residuos de las actividades agroindustriales, forestales, silvicultura, y producción agropecuaria. Se incluyen también, residuos biológicos y residuos sólidos urbanos.

En términos generales, la biomasa es una fuente de energía en sí misma, que transforma el concepto de subproductos, desechos o restos en el desarrollo de un producto o elemento principal de un nuevo proceso productivo, del cual deviene la generación de energía. Cuando la biomasa se encuentra en su estado base, inicial o primario, se identifica como energía primaria. Ahora bien, puede ocurrir que, para poder generar energía en un nuevo proceso, antes debe ser tratada, acondicionada, tanto en su composición intrínseca como en su forma dimensional, tal que la misma pueda ser aprovechada a escalas de nivel industrial (García Garrido, 2016).

2.1.2. Biomasa energética

Se asocia el concepto de biomasa al conjunto de materias orgánicas residuales formadas biológicamente susceptibles de generar diferentes tipos de energía, las que, en un proceso encadenado, se pueden ir transformando hasta llegar a generar energía eléctrica. De esta forma, a través de un proceso de combustión, podemos generar energía calórica, la que puede usarse para generar vapor a presión, generando energía mecánica, la que a su vez se puede transformar en energía eléctrica mediante el uso de un generador.

La biomasa, como conjunto de productos energéticos, tiene su origen en la captación de la energía solar, la que, a través del proceso de fotosíntesis genera el desarrollo de materia orgánica renovable.

El ciclo biológico de la biomasa es un proceso circular desarrollado por materias orgánicas vegetales que captan la luminosidad proveniente de la luz del sol, y toman los nutrientes del suelo para desarrollarse.

La luz solar es una fuente de energía renovable, que no genera costos de captación o utilización al agente vegetal que lo recibe, y con el cual desarrolla un proceso de fotosíntesis que le permite transformarse en materia orgánica, la que se convierte en una fuente de energía. La **Tabla N° 1** representa el esquema biomásico solar y una posible clasificación o tipos de biomasa (Rearte, Abdelhamid, Martinez Pulido & Risso, 2016).

Tabla N° 1: Esquema biomásico solar como fuente de energía renovable y tipos de biomosas



Fuente: Propia

2.1.3. Forma. Transporte y adecuación

En su forma básica primaria, la biomasa y dependiendo del tipo de que se trate, ocupa mucho volumen, puede contener humedad y expuesta a la intemperie puede ser difícil de transportar y almacenar. Cuando se trata de grandes volúmenes, su depósito puede ser un inconveniente. Se pueden hacer silos de almacenaje, de chapa, de cemento, sobre elevados (aéreos) o simplemente a cielo abierto. Los inconvenientes que esto

acarrea están sujetos a la volatilidad y a su exposición a lluvias, que incrementan su humedad y peso hectolítrico, dificultando procesos posteriores de combustión completa y bajando su poder calórico como consecuencia del exceso de humedad contenido en su interior.

Su traslado se puede lograr por medio de cintas transportadoras, así como por sinfines, los que en forma mecánica traccionan su andar. Otra alternativa es por medio de aire forzado, a través de ventiladores centrífugos y con el uso de ciclones o bolsas de mangas y/o por medio del efecto de vacío provocado para accionar su movimiento.

En ocasiones, y dependiendo de su forma intrínseca, la biomasa a transportar, suele requerir un tratamiento previo, sea antes de su almacenaje o luego del mismo. Así, por medio de una pequeña compactación, se pueden armar cubos o fardos de biomasa, lo que luego posibilita su mejor acopio. También, su compactación a alta presión permite formar briquetas o pellets, los que reducen notablemente su volumen, a la vez que aumentan su poder calórico por kilo de materia.

2.1.4. Almacenamiento y volumen

Entre otras formas de almacenamiento, las más difundidas son el uso de silos. Los hay de distintos materiales, como ser madera, chapa, cemento, telas plásticas y bolsas (Hack, 2008).

Se pueden tener silos verticales y horizontales (conocidos como silos celda).

2.1.4.1. Silos cilíndricos de chapa (metálicos)

Los mismos pueden ser de base de hormigón y luego elevarse con chapa. Por su parte, las bases, pueden ser cónicas hacia abajo, planas o hasta sesgadas hacia un costado. La **Figura 1** representa un conjunto de silos metálicos.



Figura 1. Silos metálicos

Fuente:http://www.kepler.com.br/armazenagem/trading/transportadores_de_correia_ct/arm_pr odutos_834_1406060410.pdf

2.1.4.2. Silos cilíndricos de hormigón

No solo su base es de hormigón, sino toda su estructura. Es usual ver los mismos en terminales portuarias. Su costo es muy elevado en comparación con un silo metálico de chapa. La **Figura 2** demuestra una batería de silos de hormigón.



Figura 2. Silos de hormigón

Fuente: <http://www.inteco.com.ar/obras-civiles.html>

2.1.4.3. Silos horizontales (silos celda)

Este tipo de silos posibilita el almacenamiento en grandes volúmenes. Los mismos pueden hacerse sobre base plana o cónica hacia abajo. Las celdas que se construyen con pendientes cónicas son automatizadas para su extracción, lo que facilita el transporte del material acopiado en ellas. Las celdas de base plana, han de ser ayudadas en su extracción por el uso de retro excavadoras con palas frontales que le permitan tomar el contenido y transportarlo hasta un nuevo elemento de transporte, como ser una cinta o un sinfín.

Dentro de los inconvenientes de este tipo de almacenamiento está la posibilidad de no poder diferenciar diferentes calidades del elemento almacenado atento a la ubicación del mismo, a diferencia esto de los silos verticales que permiten segregar calidades, así como diferentes variedades. Como una forma de minimizar este tipo de inconvenientes es que se pueden hacer subdivisiones dentro de las celdas tales que se pueda segregar diferentes calidades dentro de las mismas. El caso, es que ello acarrea un mayor costo en su construcción. La **Figura 3** muestra un silo celda desde fuera y la **Figura 4** lo muestra desde dentro.



Figura 3. Silo celda

Fuente: <http://www.inteco.com.ar/obras-civiles.html>



Figura 4. Silo celda por dentro

Fuente: http://www.hajnal.com.uy/images/industria_e_ingenieria/manpuleo_a_granel/4.jpg

2.1.4.4. Silos de chapa aéreos

Los mismos posibilitan su descarga. Se montan sobre una base de estructuras de hormigón encadenadas unas a otras formando un esqueleto y luego de una altura tal que permita disponer de un camión debajo del mismo. De esta forma, por apertura de compuertas, se descarga su contenido sobre el chasis y acoplado de un camión. La **Figura 5** y **Figura 6** muestran un silo de chapa aéreo en el cual se puede apreciar que la altura de la noria de transporte ha de ser tal, que permita que la caída del caño desde la salida de la noria y hasta el ingreso del silo tengan una pendiente de inclinación cerrada que permita el desplazamiento en caída de la cáscara, la que, al no tener mucho peso específico, requiere de un ángulo de inclinación tal, que la misma no se estanque y tapone el caño de caída (Hack, 2008).



Figura 5. Silo de chapa aéreo
Fuente: Propia



Figura 6. Silo de chapara aéreo. Vista de frente
Fuente: Propia

2.1.4.5. Silos bolsa

Son métodos de almacenaje que no requieren costos de construcción, ni de obras de infraestructura, como ser el caso de los silos metálicos, de hormigón o celdas.

Estos son llenados por medio de una embolsadora, la que va recargando el mismo por gravedad o por tornillo sinfín. Su costo es altamente menor al de invertir en un silo estático y posee la ventaja de ser sumamente temporal en su uso. Ahora bien, no siempre su capacidad de almacenamiento es muy satisfactoria. Atento el peso específico del grano o subproducto, serán los kilos por metro lineal capaces de almacenar. Su durabilidad y estado de conservación dependerá del cuidado que se haga del mismo, sumado también, al posible deterioro que pueda sufrir, como consecuencia de roturas por tormentas o su exposición a animales que afecten su sellado. Para el caso de biomasa, este tipo de sistema es demasiado costoso por el bajo peso específico que puede llegar a tener la misma y como consecuencia, los pocos kilos por metro lineal disponibles de almacenar. La **Figura 7** demuestra el detalle de herramientas necesarias para el llenado de un silo bolsa.

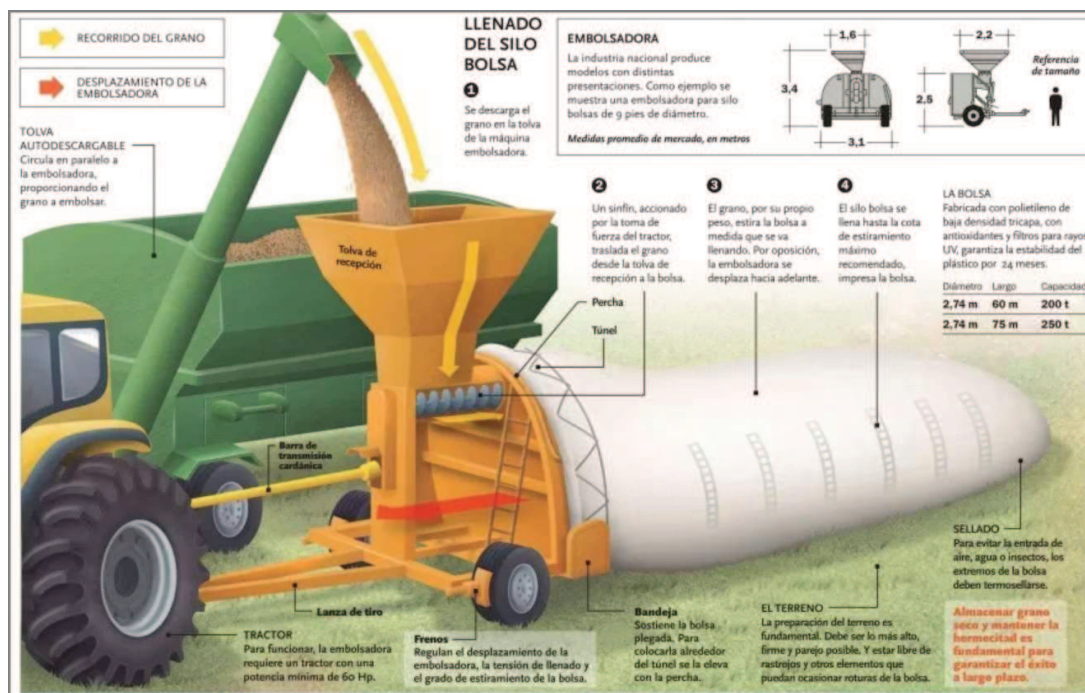


Figura 7. Silos bolsa

Fuente: https://i2.wp.com/mundoagrocba.com.ar/wp-content/uploads/2014/10/INFO_silobolsa-932x1024.jpg

2.1.4.6. Almacenamiento a la intemperie

Este tipo de almacenamiento es el que menos costos de inversión en infraestructura demanda. Como ventaja, se puede pensar en la extensión del mismo o gran espacio de que se pueda disponer como consecuencia de que la biomasa se encuentra a cielo abierto. Ahora bien, lo que por un lado es una ventaja, también representa inconvenientes, como ser, la dispersión del material almacenado como consecuencia de los efectos de lluvias y tormentas, así como el incremento de la humedad contenida en la misma, lo que dificulta y retarda su proceso de combustión como etapa posterior como elemento combustible de una central térmica de biomasa, que lo utiliza para obtener de ella su energía calórica, reduciéndose así también su poder calórico.

Definido el tipo de almacenamiento a utilizar, del mismo se debe poder calcular su cantidad disponible. Para el caso de las biomásas orgánicas, naturales, de origen vegetal, lo usual es usar como unidad de medida, el kilo o en su caso, toneladas. Ahora bien, para definir la disponibilidad de toneladas, y dado un espacio de almacenamiento, es preciso definir su peso hectolítrico, es decir, identificar cuantos kilos (o toneladas) caben por cada metro cubico de espacio ocupado. Esto cambiará según la composición intrínseca de la biomasa que se trate y así, existirán aquellas que pesen más kilos por metro cubico, comparadas, entre unas y otras. Otro concepto a tener en cuenta es que si se dispone de un espacio físico – como ser un silo – tal que el mismo supone el apilamiento hacia arriba

en altas alturas, no será el mismo peso específico que se tenga en los primeros metros del silo que en los últimos. Esto es debido al denominado factor o poder de compactación. Existen diferentes formas de calcularlo, pero en forma práctica, es usual incrementar el peso específico conocido en uno o dos por ciento más, habida cuenta que el silo donde se encuentra almacenado contiene mucha altura.

Un almacenamiento adecuado es importante para garantizar las características energéticas futuras de la biomasa almacenada. Así, altos contenidos de humedad atentan contra su poder calórico, si el objeto de la misma es ser usada en un proceso de combustión. Por otro lado, grandes concentraciones de polución ambiental como consecuencia de polvo no son buenas para la salud y genera inconvenientes en las zonas urbanas cercanas a las plantas industriales, cuando no son focos generadores de incendio como consecuencia de que la materia biomásica, con humedad, con polvillo y sometida a altas presiones y temperaturas pueden desencadenar en focos de incendio que luego pueden ser difíciles de contener.

Estas variables deberían de ser controladas por medio de sistemas de termometrías tales que permitan monitorear indicadores básicos de humedad, temperatura y presión atmosférica. Esto, sumado a la instalación de sistemas de aireación o enfriamiento forzado por medio de aire tales que permitan un adecuado almacenamiento.

El desarrollo de estos sistemas son generadores de costos, tanto por sus movimientos mecánicos que demandan energía eléctrica como por el uso de mano de obra que permita monitorear la gestión de dichos controles. La **Figura 8** demuestra casos de almacenamiento de biomasa a la intemperie.



Figura 8. Almacenamiento de biomasa a la intemperie

Fuente: <https://www.slideshare.net/FAOoftheUN/centros-de-acopio-de-granos-en-aserca>

2.2. El poder calórico de la biomasa

Dependiendo del tipo de biomasa de que se trate, podemos calcular su poder calórico. Esta es una forma de “medir” la cantidad de energía disponible contenida en un combustible luego de someterlo a un proceso de combustión completa. En la actualidad, se puede obtener el poder calorífico por medio de un instrumento de medición llamado calorímetro, el que se muestra en la **Figura 9**. En general la unidad de medida habitual es el kilo calorías por cada un kilo de biomasa (Kcal/Kg). Para el caso particular de la cáscara de arroz, su poder calorífico es de 3.281,6 kilocalorías por kilo (García Garrido, 2016).

Se puede calcular el poder calorífico superior e inferior y atento a si se trabaja sobre bases húmedas o secas de materia.

De esta forma, el Poder Calorífico Superior (PCS) está dado por el calor liberado por la biomasa más el calor generado por la evaporación del agua condensada en la muestra utilizada.

Esquemáticamente, se tiene:

$$\text{PCS} = \text{Calor Liberado por la Biomasa} + \text{Calor de condensación del agua}$$

El Poder Calorífico Inferior (PCI) arroja una medida más aproximada del poder calórico de una biomasa, por considerar en su cálculo que, al calor generado por la biomasa se tiene que restar aquel que tenga que utilizarse como consecuencia de tener que evaporar, por un lado la humedad contenida en la misma, y por otro, el agua generada en la condensación por evaporación.

$$\text{PCI} = \text{Calor Liberado por la Biomasa} - \text{Calor de evaporación del Agua} - \text{Calor de evaporación de su humedad.}$$



Figura 9. Calorímetro

Fuente: <http://www.diemvic.com/index.php/productos/calorimetro-automatico-5e-c5508-2-2/>

2.3. Cáscara de arroz. Un subproducto con dificultades comerciales propias

La cáscara es un objeto de bajo peso específico, que acopiado, produce grandes volúmenes y poco peso hectolítrico. Su cualidad es que, con ella, se puede armar una gran “cama” sobre la cual reposan los pollos o caballos, teniendo la propiedad de absorber humedad y los residuos biológicos de la vida animal. Sin embargo, ese bajo peso específico y alto volumen es el principal inconveniente económico porque el transporte en largas distancias hace que sea más costosa la tarifa de flete respecto del valor o precio económico de venta.

Desde la perspectiva del mercado, los volúmenes que se ofrecen en el transcurso de los meses del año se ven condicionados a las capacidades de producción de los molinos arroceros. A esto, se asocia, las variaciones que las cosechas de arroz comprenden en la Argentina según sea la ubicación geográfica de norte a sur. De este modo, en el norte del país, la cosecha comienza alrededor del mes de enero y finaliza en marzo. Mientras que, si bajamos en la latitud, por ejemplo, a la altura de la provincia de Corrientes, la cosecha comienza a mediados de enero y en la zona del norte de la provincia de Santa Fe, comienza los primeros días de febrero.

En general, se puede situar la cosecha de arroz entre los meses de enero a abril de cada año, momento en el cual se produce la mayor sobre oferta de arroz cáscara y, consecuentemente con ello, la baja del precio del grano, generando una mayor disponibilidad de cáscara de arroz por elaboración y abastecimiento. Esta situación se da comúnmente en todos los molinos arroceros de la Argentina y, más aún, si están integrados a chacras y el acceso al grano es de propia producción y no solo por compra a terceros productores que no necesariamente están dispuestos a deshacerse de su producción en los momentos de más bajo precio.

De esta forma, la cáscara de arroz tiene sus tiempos de sobre oferta, lo que complica en demasía su venta y colocación comercial, cuando no es un problema para el molino y tiene que salir a “casi regalar” o “hacer rellenos” de cavas o depósitos sanitarios o venderla a muy bajo precio a los “ladrilleros” para que la usen como combustible de los hornos para el proceso del ladrillo, así como para el preparado de la mezcla del mismo. La **Figura 10** ilustra la forma de la cáscara de arroz.



Figura 10. Cáscara de arroz
Fuente: Propia

2.4. Descripción del proceso productivo

En esta sección se describe en forma exhaustiva el proceso productivo del arroz, desde el acopio, acondicionamiento, secado, y el de molinería.

2.4.1. Acopio, acondicionamiento y secado

En el ingreso de arroz cáscara – grano – a plantas de acopio, se identifica si es en estado húmedo o seco. Si se encontrara en fechas de cosecha (enero a abril) el ingreso será húmedo y se deberá someter a un proceso de *secado* tal que permita su óptima conservación a lo largo del tiempo de acopio. En general, el resto de los meses del año, en periodos fuera de cosecha, el ingreso de arroz a plantas es en estado seco, supuesto que el mismo, ya ha pasado por un proceso de secado y acondicionamiento en un momento anterior. La **Figura 11** muestra el cultivo de arroz cáscara en chacras, en la cual se puede observar diferentes relieves que simulan curvas de nivel, las que se denominan “taipas”, las que sirven para retener y contener el agua que riega el cultivo, debido a que el “arroz” es un cultivo de tipo acuático.



Figura 11. Cultivo de arroz en chacra
Fuente: Propia

Las humedades de ingreso rondan de 25% a 30% y a medida que el grano, que estando en estado óptimo de cosecha, permanece en la planta sin levantar, la humedad va bajando en forma diaria en desmedro de su calidad, atento a que luego se genera un mayor porcentaje de granos quebrados.

Un acopio adecuado, requiere de humedades que oscilen entre el 12% y el 14%. De esta forma, todo ingreso a planta que contenga humedades mayores, requerirá del proceso de secado, llevado adelante mediante el uso de *secadoras de granos*, las que, por medio de inyección forzada de aire caliente van bajando los puntos de humedad.

Como paso previo al secado, el grano procedente de chacra en cosecha no solo ha de estar húmedo, sino que también, además, contiene en su composición materias extrañas y malezas que cuentan con humedades altas que dificultan su acopio y posteriores tratamientos industriales. De esta forma, el ingreso húmedo y sucio es tamizado de forma tal de separar el grano puro del rastrojo que ha generado su cosecha.

En general, el porcentaje de materias extrañas contenido en el arroz en períodos de cosecha ronda entre el 3% y 6% atento a la regulación de las cosechadoras en chacra y a la calidad del grano de arroz producido, pero el proceso de limpieza no siempre es tan eficiente, retirando alrededor del 2% al 3% del material ingresado e incorporando al acopio el arroz con un pequeño porcentaje de impurezas que el proceso de limpieza no ha podido retirar. La **Figura 12** representa una muestra de arroz cáscara seco y limpio.



Figura 12. Arroz cáscara seco y limpio
Fuente: Propia

De esta forma, si para la empresa Tahin S.A. se considera para un determinado año, un ingreso de arroz húmedo en períodos de cosecha de unas 27.100 toneladas, bajando 12 puntos porcentuales de humedad y con 3% de materias extrañas retiradas, se tendría aproximadamente unas 23.000 toneladas de arroz cáscara seco y limpio disponible para el proceso de molinería. Lo que se describe, se resume en la **Tabla N° 2**.

Tabla N° 2: Proceso de ingreso de arroz húmedo y sucio en cosecha a seco y limpio

Detalles	Unidad de Medida	Importes
Ingreso Arroz Húmedo y con Materia Extraña	Toneladas	27.100
Puntos % de Humedad Bajados por Secado	Porcentaje	12%
Merma de Humedad Promedio	Toneladas	3.252
% de Materia Extraña Retirada	Porcentaje	3%
Merma por Materia Extraña	Toneladas	813
Arroz Seco y Limpio	Toneladas	23.035

Fuente: Propia

De la limpieza del arroz en acopio por ingresos húmedos en cosecha, se genera un porcentaje de materias extrañas, susceptibles de conformar el concepto de biomásas aprovechables para la generación de energía eléctrica. De esta forma y atento a la información contenida en la **Tabla N° 2**, se dispondría en promedio de unas 800 toneladas por año de cáscara de arroz, que se definirían como “de segunda”, ya no generada por el proceso de molinería de arroz por consecuencia de la producción de arroz elaborado, sino por el proceso de limpieza y secado del grano en períodos de cosecha. La **Figura 13** demuestra una vista general de una planta de acopio y secado de granos genérica.



Figura 13. Planta de acopio y secado de granos

Fuente:

<https://www.agricultura.gob.ec/santa-elena-cuenta-con-una-planta-de-almacenamiento-y-secado-de-granos/>

2.4.2. Molinería de arroz

El grano de arroz cáscara almacenado en silos es sometido a un proceso de pre-limpieza – ver **Figura 14** – por el cual se separan malezas, piedras e impurezas para ser dirigido a una balanza de entrada con el objeto de medir los kilos del flujo de ingreso por unidad de tiempo en horas. Procede la etapa de descascarado ciclo-aventado al pasar por una peladora, la cual posibilita la separación de cáscara de arroz, por un lado, del grano de arroz sin pulir, por otro. La **Figura 15** representa una peladora para el descascarado del grano de arroz.



Figura 14. Pre-limpieza de arroz cáscara

Fuente:http://www.buhlergroup.com/europe/es/downloads/Buhler_rice_processing_catalogue_SAM_2015.pdf. Página 6



Figura 15. Peladora

Fuente:http://www.buhlergroup.com/europe/es/downloads/Buhler_rice_processing_catalogue_SAM_2015.pdf. Página 15

Así, la cáscara es transportada fuera del proceso hacia su acopio externo, y el grano de arroz sin pulir, junto al grano de arroz cáscara que no pudo ser pelado ingresa a separadores gravimétricos – también conocidos como mesa paddy – mediante los cuales se separan, el arroz pelado del que no lo ha sido, volviendo a peladoras para reiniciar su ciclo. Ver la **Figura 16**.

Clasificado como tal, aquel grano de arroz, ya sin cáscara y sin pulir, pasa a la etapa de blanqueamiento por abrasión mediante un bruñidor, para pasar, posteriormente, al pulimento por fricción, separándose así el salvado – afrechillo – del grano blanco pulido. Ver la **Figura 17** y **Figura 18** respectivamente.

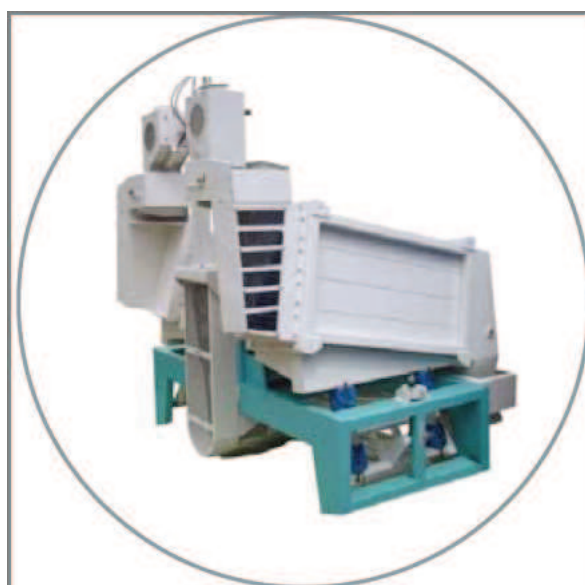


Figura 16. Separadora gravimétrica (mesa paddy)

Fuente:http://www.buhlergroup.com/europe/es/downloads/Buhler_rice_processing_catalogue_SAM_2015.pdf. Página 15



Figura 17. Bruñidor blanqueador

Fuente:http://www.buhlergroup.com/europe/es/downloads/Buhler_rice_processing_catalogue_SAM_2015.pdf. Página 16



Figura 18. Pulidor

Fuente:http://www.buhlergroup.com/europe/es/downloads/Buhler_rice_processing_catalogue_SAM_2015.pdf. Página 16

Le sigue el paso de una clasificación por tamaño y longitud, mediante la cual se forman los diferentes productos atento a sus calidades identificadas estas por su contenido de granos quebrados dentro de la conformación del producto final. Ver la **Figura 19**.



Figura 19. Clasificadora por tamaño (plansifter)

Fuente:http://www.buhlergroup.com/europe/es/downloads/Buhler_rice_processing_catalogue_SAM_2015.pdf. Página 19

Finalmente, vemos representado en la **Figura 20** un molino arrocero visto de perfil y en su totalidad. Como se observa, le descripción con la que se ha procedido a revisar el proceso de molinería de arroz, así como el desarrollo de sus pasos y maquinaria componente, expresan un criterio descriptivo ameno y simplificador del circuito general que un molino arrocero conlleva.



Figura 20. Molino arrocero

Fuente:http://www.buhlergroup.com/europe/es/downloads/Buhler_rice_processing_catalogue_SAM_2015.pdf. Foto de portada

2.4.3. Disponibilidad de biomosas

En Argentina, la Resolución 1075/94 de la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca, ha definido las normas de calidad, muestreo y metodología para los granos y subproductos, estableciendo para el arroz, sus bases de recibo y definiendo un estándar de proceso de molinería, el cual se describe mediante la **Tabla N° 3** en relaciones porcentuales:

Tabla N° 3: Estándar de producción para molinería de arroz

Conceptos	Porcentajes
Granos Enteros	56%
1/2 Granos	8%
1/4 Granos	4%
Afrechillo	10%
Cáscara	22%
Total	100%

Fuente: Propia

Es entonces que, si se ingresara a Molienda unos 1.000 Kilos de Arroz Cáscara, se tendría el siguiente desarrollo descrito por la **Tabla N° 4**.

Tabla N° 4: Desarrollo de productos y subproductos de una tonelada de arroz cáscara

Conceptos	Porcentajes	1.000 Kilos Arroz a Molienda
Granos Enteros	56%	560
1/2 Granos	8%	80
1/4 Granos	4%	40
Afrechillo	10%	100
Cáscara	22%	220
Total	100%	1.000

Fuente: Propia

Con relación a la capacidad de producción anual de la empresa Tahin S.A., si se sigue el mismo desarrollo expuesto, se tendría la representación del desagregado de producción para un ingreso anual a molienda de 23.000 toneladas de arroz cáscara, representadas en la **Tabla N° 5**.

Tabla N° 5: Desarrollo de productos y subproductos de producción anual de Tahin S.A.

Conceptos	Porcentajes	Toneladas Anuales de Arroz a Molienda
Granos		23.000
Enteros	56%	12.880
1/2 Granos	8%	1.840
1/4 Granos	4%	920
Afrechillo	10%	2.300
Cáscara	22%	5.060
Total	100%	23.000

Fuente: Propia

El cuadro expresado arroja un parámetro de magnitud de las toneladas de cáscara, que en principio un molino arrocero tendría según el estándar de elaboración, el cual, en el desarrollo practico y atento a diferentes variedades de arroz que se puedan procesar, puede variar en su composición porcentual, rondando, la cáscara de arroz, entre un 22% y 25%, aumentando así la disponibilidad de biomasa formada por cáscara susceptible de ser ingresada al proceso de una central termoeléctrica capaz de generar energía eléctrica.

Se expresa en la **Tabla N° 6** la disponibilidad de cáscara de arroz procedente del ingreso a molienda de unas 23.000 toneladas de arroz seco y limpio.

Tabla N° 6: Diferencia de rendimientos en la obtención de cáscara de arroz

Conceptos	Toneladas Secas y Limpias	22%	23%	24%	25%
		De Cáscara	De Cáscara	De Cáscara	De Cáscara
Ingreso a Molienda de Arroz Cáscara Anual	23.000	5.060	5.290	5.520	5.750

Fuente: Propia

Si se considera la disponibilidad de biomasa generada por la empresa Tahin S.A. en un período de un año, sumando la cáscara de segunda (materia extraña) y la cáscara generada por el proceso de molinería, se podría contar con un volumen estimado de 6.300 toneladas de biomasa susceptible de ingresar a una central termoeléctrica para generar energía eléctrica. El concepto se expresa en la **Tabla N° 7** descripta a continuación:

Tabla N° 7: Cáscara de arroz anual con destino a biomasa

Conceptos	Proceso de Origen	Toneladas Anuales Promedio
Cáscara de Arroz	Molinería	5.500
Cáscara de Segunda / Materia Extraña	Prelimpieza y Secado	800
Total. Disponibilidad Biomasa		6.300

Fuente: Propia

Si se considera que la densidad de la cáscara de arroz es baja, por lo cual al acopiarse ocupa grandes volúmenes, y el peso específico es de 125 kg/m³, esto quiere decir que una tonelada ocupa un espacio de 8 m³ a granel (FAO, 2009; Prada y Cortés, 2010; Villarini et al., 2015). En relación a una disponibilidad estimada anual de 6.000 toneladas (6.000.000 de kilos), representaría unos 48.000 metros cúbicos, los que, a un promedio mensual de producción representan 4.000 metros cúbicos a almacenar por mes.

Para tomar una referencia, si se consideran las medidas de un contenedor normalizado de 20 pies, dadas sus dimensiones de largo, ancho y alto, se llega a 38 metros cúbicos por contenedor. Lo expuesto se detalla en la **Tabla N° 8** siguiente:

Tabla N° 8: Metros cúbicos de un contenedor de 20 pies

Contenedor Normalizado de 20 Pies (6,1 metros)	
	Metros
Largo	6,1
Ancho	2,4
Alto	2,6
Metros Cúbicos Volumen	38,064

Fuente: Propia

Para el caso de un volumen de cáscara mensual de 500 toneladas, que representan, aproximadamente, unos 4.000 metros cúbicos, su equivalente en cantidad de contenedores sería de 105, los que apilados unos arriba de otro formarían una torre de 273 metros de altura.

De la misma forma, suponer un volumen anual de cáscara de 6.000 toneladas, arrojaría un equivalente de 1.261 contenedores, que apilados uno sobre otro, armaría una torre de 3.278 metros de altura.

Lo expresado es para tener una medida de la magnitud del volumen generado de cáscara de arroz, el que, de no ser por una alta frecuencia de rotación de inventarios no sería posible de almacenar en la práctica.

La **Figura 21** representa la imagen de una pila de contenedores.



Figura 21. Pila de contenedores

Fuente: https://img.clipartxtras.com/a206a80aaae8cbfef2f5aecf09a997bc_shipping-container-clipart-and-stock-illustrations-37022-shipping-container-clipart_225-195.jpeg

Por todo ello, encontrar el destino comercial de la cáscara de arroz, al mejor precio y que permita una alta rotación de inventarios de su almacenamiento, no siempre es tarea fácil para el área comercial. Ahora bien, si bajo el formato de la revalorización de recursos desechables, se logra asociar la cáscara de arroz a un concepto de biomasa para generar energía eléctrica, y se compite en el acceso al recurso contra el mercado que actualmente la demanda, se puede recaer en el deseo de analizar su viabilidad económica de ser utilizada en un nuevo proceso de producción bajo la forma de una central termoeléctrica de biomasa versus su venta, regalo, o relleno físico sanitario de terrenos, que en el mejor de los casos, no demande gastos de movimiento y compactación.

2.5. Centrales térmicas y centrales termoeléctricas de biomasa

Una central térmica, es un conjunto de instalaciones y equipos, que tienen por objeto generar energía eléctrica a partir de la energía térmica liberada como consecuencia de un proceso de combustión de un combustible (biomasa) y un comburente (aire atmosférico que contiene oxígeno) que, sometido a un proceso químico de oxidación de sus hidrocarburos liberan agua y gas carbónico. Para el caso de centrales térmicas, puede que las mismas sean diseñadas para aceptar diferentes tipos de combustibles, como ser ejemplos, biomasas, gas, gas oil, y otros combustibles de origen fósil.

En los casos en que se use biomasa como combustible para generar el proceso de combustión y con ello generar calor, el mismo es utilizado para elevar la temperatura del agua contenida dentro en una caldera, pasando así desde su estado líquido al gaseoso generando vapor sobrecalentado a altas temperaturas y presión. Este tipo de instalaciones se denominan centrales térmicas de vapor y el fluido térmico que utilizan es *el agua*, la cual pasa de un estado líquido a gaseoso, volviendo luego a su estado original. Esto se conoce como el ciclo “agua-vapor”.

2.5.1. El ciclo de Rankine

El concepto básico de este ciclo es el que sirve de sustento al funcionamiento de una central termoeléctrica a vapor al ser un ciclo termodinámico que utiliza como fluido térmico el agua, la cual, sometida al calor generado en una caldera, pasa de su estado líquido a gaseoso, generando vapor a altas temperaturas y presión, generando energía mecánica que acciona sobre una turbina, la que a través de un generador desarrolla energía eléctrica (Orillé Fernandez, 1997).

Los elementos básicos que conforman el ciclo son, a saber:

- Bomba de agua.
- Caldera de vapor.
- Turbina.
- Condensador.
- Inicio del ciclo nuevamente.

Con el tiempo, este ciclo se ha mejorado incorporando un sobrecalentador, aumentando así la presión en la caldera y estableciendo precalentadores de agua para mejorar la fluidez del proceso, quedando conformado de la siguiente forma:

- Bomba de agua.
- Precalentador de agua.
- Caldera de vapor.
- Sobrecalentador.
- Turbina.
- Condensador.
- Inicio del ciclo nuevamente.

2.5.2. Centrales termoeléctricas de biomasa

Para el caso de las centrales termoeléctricas de biomasa, las mismas se componen de los equipos que se describen a continuación.

2.5.2.1. La caldera de vapor

La caldera es un generador de vapor que toma el fluido térmico, en este caso agua, y se encarga de vaporizarla, generando así vapor de agua a altas temperaturas y presión. Para que el trabajo de una caldera sea óptimo, se debe lograr un buen manejo de tres elementos esenciales para su funcionamiento, como ser su combustible, el agua y el aire.

Dentro de la caldera se desarrolla el proceso de combustión de biomasa. La combustión es un proceso o reacción química rápida entre un combustible y un comburente que generan emisión de calor como desprendimiento de energía y luz en forma de llama incandescente. Para que se produzca la combustión tiene que haber existencia de calor que posibilite que el combustible utilizado pueda arder. Para el caso, el combustible es la biomasa de cáscara de arroz, el comburente es el aire del cual se toma su oxígeno y el calor o temperatura de inflamación debe ser proporcionado por un iniciador.

Existen diferentes tipos de calderas, como ser, por un lado, calderas pirotubulares y acuotubulares. Las pirotubulares en esencia son tales que el calor generado por la combustión circula por dentro de cañerías que conforman la caldera, siendo que el agua a evaporar se encuentra fuera de los mismos cubriendo su superficie exterior. Por otro lado, las calderas acuotubulares son tales que es el agua la que circula por dentro de las cañerías y el calor generado por la combustión es el que se irradia desde su exterior. En estas, el agua recorre un circuito cerrado generándose en el mismo el ciclo agua – vapor definido por Rankine.

El hogar u horno, es la zona de la caldera en la que se genera la combustión. En su base, se dispone una parrilla, que puede ser fija, móvil o la combinación de ambas. El objeto de la parrilla es ser la base de apoyo de la biomasa a quemar, garantizando el avance de la misma por el hogar, y diferenciando las distintas fases por las que atraviesa la biomasa en su proceso de combustión, pasando por momentos en que se produce un proceso de secado o eliminación de su humedad, luego deviene la volatilización, la combustión de las partículas volátiles y finalmente la combustión de los últimos residuos sólidos que pudieran quedar conformándose luego una ceniza que debe ser retirada del mismo.

En general, las parrillas se disponen en forma de escalones descendentes con vibradores que posibiliten al avance de la biomasa. Es sobre las parrillas que se inyecta el aire primario para garantizar la combustión (García Garrido, 2016).

En las calderas acuotubulares, el hogar está recubierto completamente por paredes de caños con agua que captan su calor. La **Figura 22** representa el dibujo de una caldera de vapor acuotubular para biomasa.



Figura 22. Caldera de vapor acuotubular para biomasa
Fuente: <https://es.zbgboiler.com/Products/biomass-boiler-szl.html>

2.5.2.2. El sobrecalentador

Para mejorar la eficiencia del ciclo de Rankine y con ello aumentar el rendimiento de la caldera, transformando esto en mayor temperatura y presión del vapor de agua, se dispone de un haz tubular dentro de la caldera, en una posición tal que permita captar el mayor calor del hogar aumentando así la temperatura máxima posible del vapor sobrecalentando el mismo. Esto se genera por una transmisión de calor por convección haciendo uso del fluido térmico, que en este caso es el agua, por el cual se va desplazando desde una zona de menor a una de mayor temperatura. Esta circulación se hace sobre las cañerías tubulares de los calderines (inferior y superior) del evaporador. La **Figura 23** representa en un corte transversal la figura de los elementos componentes de una caldera de vapor acuotubular, en la cual se pueden observar los caños del sobrecalentador (García Garrido, 2016).

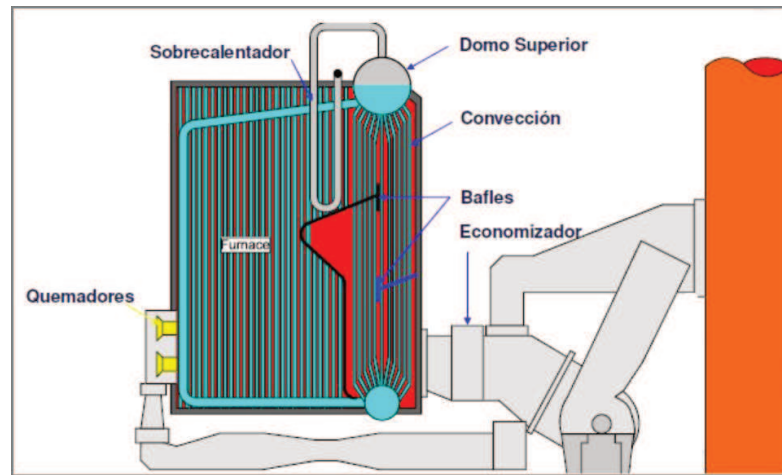


Figura 23. Elementos componentes de una caldera de vapor acuotubular
Fuente: <http://www.otkachka-auto.ru/author/admin/page/438/>

2.5.2.3. El evaporador

Está formado por una red de cañerías paralelas entre sí que conectan dos calderines, uno superior y uno inferior. El superior es aquel sobre el cual se produce la separación propia entre el vapor de agua y el agua. El inferior es aquel en el cual se deposita el agua que circula. La red de cañerías que unen los dos calderines se disponen de forma tal que una mitad se encuentra sobre la zona caliente de la caldera lo más próxima al hogar, y la otra mitad se dispone sobre una zona fría de la misma (García Garrido, 2016).

De esta forma se produce una circulación natural del vapor y el agua ya que el vapor tiende a subir hasta el calderín superior para salir como vapor de agua y el agua líquida desciende hasta el calderín inferior. Véase la **Figura 23** precedente.

2.5.2.4. Salida de gases desde la caldera

Según sean los diferentes tipos de combustible utilizados en las calderas han de variar las emisiones de gases y partículas de inquemados, así como posibles cenizas que pudieran afectar el ambiente. En el caso particular de las calderas de vapor que hacen uso de biomasa como combustible y dependiendo de la volatilidad de este, así como la posibilidad de que, en el proceso de combustión, la misma, por determinados momentos no sea total, puede ocurrir que se desprendan del circuito partículas de cenizas o biomasa incandescente que puedan afectar el entorno, con el peligro y riesgo que ello implica, posibilitando una fuente de incendio. Para evitarlo, se disponen de distintos tipos de sistemas de monitoreo de emisión de gases a la atmosfera, en lo que hace a la parte gaseosa, y por otro lado, en lo que refiere a la salida de partículas sólidas, se pueden

disponer de separadores de ciclón, de filtros de mangas o de electrofiltros. La **Figura 24** representa un ciclón separador de partículas. Por el conducto transversal ingresa el aire viciado cargado de partículas, el cual comienza a circular dentro del mismo haciendo un efecto de ciclón logrando que las partículas con mayor densidad que el aire sean depositadas en su base de salida, y el aire, ya despojado de polvos, salga por arriba. Es común que a la salida del ciclón, para almacenar los polvos, se pongan filtros de mangas, bolsas, big bag, o tolvas de chapa, que sirvan de depósitos transitorios tal que permitan luego su posterior reposición o limpieza (García Garrido, 2016).



Figura 24. Ciclón separador de partículas

Fuente: <http://www.sistemasdeaspiracionesdena.es/sistemas-de-aspiracion-dena/reduccion-de-polvo/cicl-n-separador.html>

2.5.2.5. Las cenizas de una caldera de vapor con biomasa como combustible

Como resultado del proceso de combustión de biomasa en el hogar de la caldera se generan cenizas como residuos del proceso. Garantizar una buena limpieza y retiro de cenizas en el sistema es fundamental para poder mantener el rendimiento del hogar en la caldera. La mezcla de cenizas con nueva biomasa que ingresa al hogar puede provocar

bajas de rendimiento en el proceso de quema que puede llegar a retrasar la generación de vapor de la caldera y con ello afectar su funcionamiento continuo.

Las cenizas no solo afectan el rendimiento de la caldera sino también los equipos. La falta de limpieza o eliminación de cenizas puede provocar que se empiecen a formar acumulaciones en rincones de la parrilla del hogar, generando roturas, erosión en las cañerías tubulares, que favorecen la generación de escorias, así como la corrosión de las partes del sobrecalentador y evaporador (García Garrido, 2016).

De esta forma, las cenizas son un elemento clave a gestionar para garantizar una buena conservación de la vida útil de los equipos, así como su buen y correcto funcionamiento. La **Figura 25** representa una imagen de cenizas de cascarilla de arroz luego de un proceso de combustión.



Figura 25. Ceniza de cáscara de arroz

Fuente: https://es.123rf.com/photo_34702632_surface-of-ashes-from-burnt-rice-husk.html

2.5.2.6. Las cenizas del proceso. ¿Un nuevo subproducto?

De la revalorización de recursos biomásicos de los subproductos o residuos de los procesos industriales obtenemos energía, sea esta en forma de calor o continuando su proceso mediante un generador eléctrico. El caso es que paradójicamente, el proceso de biomasa energética genera un residuo: las cenizas.

Ahora bien, es posible ubicar un mercado que encuentre utilidad sobre las mismas valorizando su uso. Así, se puede utilizar como aditivos en cemento para preparado de hormigón en la industria de la construcción así como para la industria de las cerámicas. Por su parte, también encuentra destino en la formación de moldes para fundición en las industrias siderúrgicas, así también como abono o fertilizante en la agricultura para el desarrollo de cultivos.

Estos usos descritos dependerán del volumen que se genere de cenizas en cada central termoeléctrica de biomasa. Identificar un mercado que capte la venta de estos nuevos residuos será un desafío para el sector comercial de las empresas que intentando revalorizar residuos del proceso principal terminan generando un nuevo subproducto disponible a comercializar, no ya en las mismas dimensiones o volúmenes que originalmente suponían las biomásas energéticas combustionadas, sino en una dimensión inferior. A modo de referencia, por cada un kilo de cáscara de arroz que se somete al proceso de combustión, las cenizas resultantes rondan aproximadamente el equivalente al 9% del peso de la cascarilla de arroz originalmente combustionada.

2.5.2.7. La turbina de vapor

La turbina de vapor es la encargada de tomar la salida de vapor proveniente de la caldera y transformarlo en energía cinética rotatoria. El vapor que ingresa a presión se expande, aumentando su velocidad al ingreso de la turbina, provocando que al pasar por un circuito de álabes que se encuentran unidos a un eje rotor, el mismo comience a girar en una dirección. Es esta fuerza de rotación del rotor la que es capturada por un generador para obtener energía eléctrica en un proceso posterior. El rotor transforma la energía cinética en energía mecánica rotativa. El eje rotor se monta sobre una carcasa que es la que le da la estructura a toda la turbina.

Una turbina puede tener partes fijas y móviles. Los álabes están unidos al rotor y son los encargados de transmitir el sentido del movimiento. Las partes fijas, llamadas toberas, son las encargadas de re direccionar la salida del vapor de los álabes para posicionarlo óptimamente en el ingreso de otro alabe. A medida que el vapor ingresa y pasa su fuerza al eje rotor va perdiendo velocidad y presión, lo cual ocasiona que el diseño de los alabes de la turbina sean de diferente longitud, disponiéndose en forma circular y desde más pequeños hasta más grandes, tales que, vistos desde arriba, suponen la forma de un embudo.

Existen diferentes configuraciones para el armado de una turbina de vapor. Según la dirección que toma el flujo de vapor en el rotor, una turbina puede ser *axial* o *radial*. Si el flujo del vapor ingresa a la misma y sigue la dirección del eje rotor será *axial*. Si el flujo de vapor que hace girar la turbina lo hace porque ingresa en forma perpendicular al eje del rotor, se estará sobre una turbina de tipo *radial*. A su vez, una turbina puede direccionar el vapor por un *flujo simple* cuando el mismo ingresa por un extremo y sale por el otro. Por otro lado, si el flujo de vapor ingresa por un punto intermedio y se divide en dos direcciones, hacia su derecha e izquierda, estamos frente a un *flujo doble*. Estas últimas tienen la

capacidad de minimizar la fuerza axial que empuja al eje rotor hacia una dirección, equilibrando la fuerza de desplazamiento que pueda afectar al mismo.

Sobre la tubería de vapor, previa al ingreso de la turbina, se disponen al menos dos válvulas muy importantes en el desempeño de la misma. Una es de regulación y hace las veces de un dosificador de vapor, abriendo o cerrando el ingreso de vapor a la turbina atento a la necesidad de mantener una velocidad constante de la velocidad de rotación del rotor. De esta forma, cuando la velocidad de la turbina comienza a bajar, la válvula dosificadora se abre posibilitando el ingreso de más vapor. De igual manera, cuando la velocidad de rotación de la turbina se puede escapar por encima de lo normal permitido y seguro, la válvula de dosificación procede a cerrarse gradualmente de forma tal de reducir el ingreso de vapor a la turbina.

Otra válvula importante es la de cierre rápido o de corte de emergencias. Esta no trabaja en puntos intermedios regulando el ingreso de vapor, sino que sus dos opuestos son simplemente abierto o cerrado total. Sirve como punto de control para paradas programadas por mantenimientos (preventivos o correctivos) así como para emergencias en las cuales se torna necesario cortar en forma absoluta el ingreso de vapor al rotor de la turbina (García Garrido, 2016).

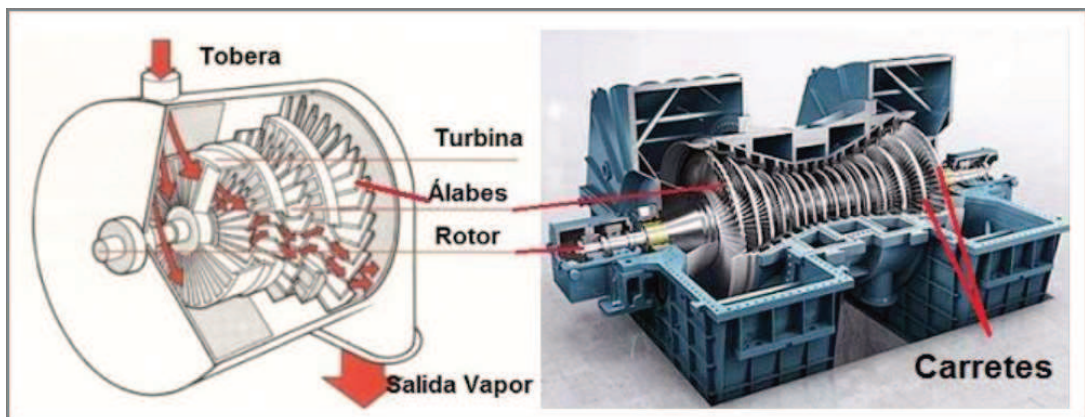


Figura 26. Turbina de vapor

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbina-de-vapor.html>

2.5.2.8. El Condensador. Tanque de agua de alimentación con desgasificador

Este equipo, tiene la capacidad de recibir el vapor de agua a la salida de la turbina de vapor y, luego de un proceso de condensación, convertir el vapor nuevamente en agua, completando el circuito agua – vapor. Esto es para dar presión al agua antes de volver a ingresar a la caldera.

Hace las veces de tanque de agua tan necesaria para abastecer el correcto funcionamiento de la caldera de vapor. Toma el vapor que, saliendo de la caldera ya sin fuerza por haber impulsado la turbina, no cuenta, con la presión necesaria para volver a impulsar otra. Además, hace las veces de desgasificador, tomando del vapor y el agua, los gases generados a la salida de la turbina. En general, y dependiendo del tipo de biomasa de que se trate, los gases disueltos son, el CO₂ (dióxido de carbono), el O₂ (oxígeno) y el N₂ (nitrógeno).

El condensador, en su interior, está formado por cañerías horizontales por las que circula el agua. El ingreso de vapor al tanque de condensado circula dentro del mismo, pero por fuera de las cañerías de agua fría. De esta forma al producirse la baja de la temperatura del vapor, al rodear las cañerías, se produce la condensación volviéndose nuevamente agua (García Garrido, 2016).

El agua que circula dentro de las cañerías del condensador, al tomar el calor del vapor de la salida de la turbina, necesita ser enfriada para volver a ingresar a la caldera. Para ello es que se usan torres de enfriamiento sobre las cuales ésta agua es elevada y derramada dentro de un equipo que dispone de cascadas por las cuales va cayendo por gravedad y es cruzada por un sistema de aire inyectado por ventilación forzada. La **Figura 27** representa la imagen de un condensador que también hace las veces de tanque de agua y desgasificador.



Figura 27. Tanque de agua de alimentación con desgasificador
Fuente: http://www.schusterboilers.com/upload/blocchi/X382allegatoDEPLIANT1-5X_degasatori-serbatoi_es.pdf. Página 1

2.5.2.9. El generador

El generador en una central termoeléctrica de vapor, es un generador eléctrico rotativo capaz de generar corriente alterna.

El generador síncrono consta de un rotor y un estator. En el rotor se genera un campo magnético inductor y en el estator se genera la corriente eléctrica. El sistema inductor crea el campo magnético y va en el rotor. El sistema inducido es donde se genera la energía eléctrica y va en el estator.

Este tipo de generadores, en general son trifásicos, ya que, con el mismo rotor, se procede a generar en forma simultánea corriente en tres bobinas colocadas en el estator a una distancia simétrica cada una de ellas. Se trata entonces, finalmente, de generadores síncronos trifásicos denominados también *turbogenerador*.

La potencia máxima aparente que produce el generador se mide con la unidad de medida del vatio (VA) o sus múltiplos, como ser el kilovatio (KVA) o el megavatio (MVA).

La **Figura 28** representa la figura de un generador eléctrico.

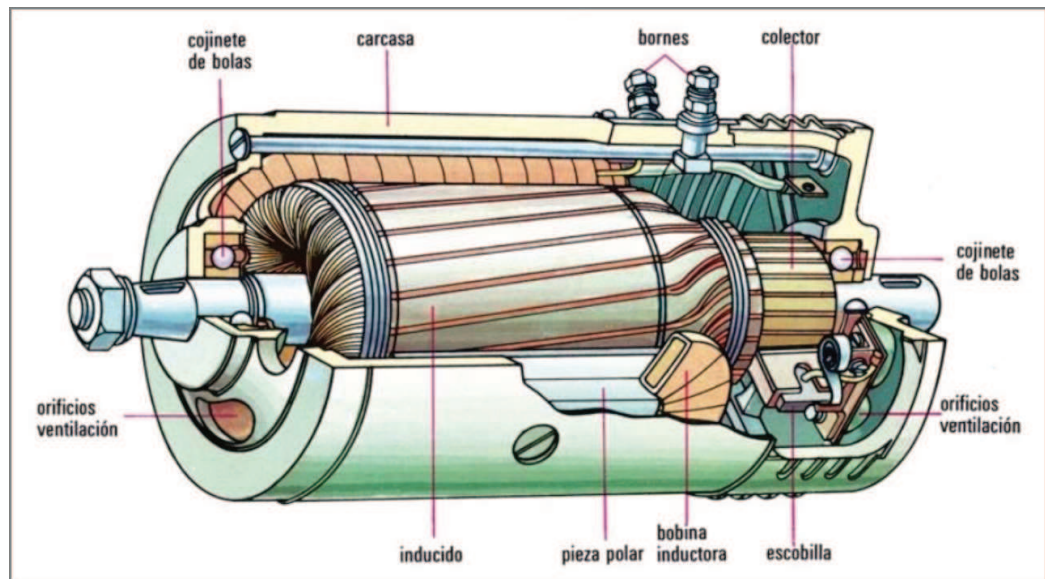


Figura 28. Generador eléctrico

Fuente: <https://www.slideshare.net/agateydauid/trabajo-tecnologia-47447659/7?smtNoRedir=1>

2.6. Análisis de la viabilidad de proyectos de inversión en finanzas corporativas

Las finanzas corporativas tienen por propósito la búsqueda de la maximización de los recursos financieros con los que cuentan las empresas, estableciendo así como objetivo a alcanzar, el desarrollo y creación de valor a través de las diferentes decisiones financieras

que las compañías van tomando atento a los rendimientos esperados y al nivel de riesgos dispuestos a asumir.

Cuando se toman decisiones financieras de inversión, con la finalidad de que el proyecto a encarar sea de características tales que los recursos invertidos en financiarla generen una rentabilidad mayor al costo incurrido en ello, la misma se torna rentable y crea valor para la empresa. Pero a esto hay que poder medirlo, y para ello, los estudios de las finanzas corporativas han desarrollado diferentes técnicas o criterios para el análisis de la viabilidad de proyectos de inversión, de los cuales se puede valer para evaluar la rentabilidad o la destrucción de valor que el presente proyecto de inversión pueda generar. Así, se hará uso de la técnica de los flujos de fondos descontados, armando el desarrollo a través del tiempo, de los flujos futuros del proyecto y evaluando la factibilidad del mismo mediante criterios, tales como los indicados a continuación.

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Período de Recupero descontado de la Inversión.

Para el desarrollo de estos modelos se trabajará sobre el armado de la Tasa de Rendimiento Requerida por la empresa Tahin S.A. para los diferentes proyectos de inversión que la misma pueda desarrollar, teniendo en cuenta para ello, las tasas de rentabilidad a las cuales la empresa puede acceder y atento a las diferentes alternativas de inversión que estén a su alcance. Es decir, que se definirá la tasa de rendimiento requerida del presente proyecto fundamentada en las alternativas de inversión que a la empresa le son viables de acceder, atento a su perfil estructural, sus valores internos y su idiosincrasia (Pascale, 2009).

2.7. Marco legal básico

La descripción de un marco legal de base, que de sustento al presente proyecto, permite identificar y recorrer los fundamentos legales elementales que acompañan el desarrollo de proyectos de inversión productivos que tengan por objeto la producción de energía eléctrica generada en base a fuentes renovables que potencien la matriz energética nacional Argentina, siendo para el caso particular, la generación de energía basada en la combustión de biomasa generada por un proceso productivo agroindustrial.

A nivel nacional, la Ley 26.190 del 6 de diciembre de 2006 crea un *“Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica”*, declarando de interés nacional la generación de energía que

provenga desde fuentes renovables, promoviendo y fomentando el desarrollo de inversiones destinadas a tal fin y definiendo “políticas” nacionales encaminadas al desarrollo de nuevas tecnologías destinadas a la producción de energía basadas en fuentes renovables. Así, para el desarrollo de sus fundamentos, describe textualmente las definiciones técnicas y conceptuales que para la ley son importantes destacar a los efectos de su comprensión, desarrollando así, entre otros, los conceptos de:

- *“Fuentes Renovables de Energía: Son las fuentes renovables de energía no fósiles idóneas para ser aprovechadas de forma sustentable en el corto, mediano y largo plazo: energía eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz, undimotriz, de las corrientes marinas, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración, biogás y biocombustibles, con excepción de los usos previstos en la ley 26.093. (Inciso sustituido por art. 2° de la Ley N° 27.191 B.O. 21/10/2015)”*
- *“Energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables: es la electricidad generada por centrales que utilicen exclusivamente fuentes de energía renovables, así como la parte de energía generada a partir de dichas fuentes en centrales híbridas que también utilicen fuentes de energía convencionales.”*

Este régimen de fomento, por el año 2006, se planteaba una primera etapa a futuro, estableciendo objetivos para incrementar la participación de energía eléctrica generada por fuentes renovables dentro de la matriz energética nacional. Así, en su artículo 2°, la ley *“establece como objetivo del presente régimen lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2017.”*

De esta forma, la ley imponía un objetivo de generación de energía basada en fuentes renovables.

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{Objetivo Nacional:} \\ \text{Generación de energía} \\ \text{de fuentes renovables} \end{array}} = \boxed{8\%} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{Consumo} \\ \text{de energía} \\ \text{eléctrica} \\ \text{anual total} \\ \text{al} \\ \text{31/12/2017} \end{array}}$$

El régimen de fomento instituye un *“Régimen de Inversiones para la construcción de obras nuevas destinadas a la producción de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables de energía”*, estableciendo para ello los requisitos para ser beneficiarios del mismo y describiendo, justamente, los beneficios promocionales impartidos para todos

aquellos proyectos que hubieren tenido demostrado un principio de ejecución efectivo de obras hasta antes del 31 de diciembre de 2017.

Por su parte, y avanzando en el tiempo, el 23 de septiembre de 2015, se sanciona la Ley nacional número 27.191, la cual incorpora modificaciones al régimen de fomento nacional incorporado por la ley 26.190. Así, la ley 27.191, en su cuerpo procede a sustituir varios de los artículos de la ley 26.190, dándole así nueva vigencia temporal a un régimen desarrollado por diciembre de 2006, e incorporando una nueva etapa (segunda etapa) y objetivos al régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía. Luego, en su capítulo II, artículo 5°, *“establece como objetivo de la Segunda Etapa del “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica” instituido por la ley 26.190, con las modificaciones introducidas por la presente ley, lograr una contribución de las fuentes renovables de energía hasta alcanzar el veinte por ciento (20%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2025.”*

De esta forma, la ley 27.191, amplía el régimen imponiendo un nuevo objetivo, pero ahora proyectado hasta el 2025.

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Objetivo. Segunda Etapa:} \\ \text{Generación de energía} \\ \text{de fuentes renovables} \end{array}} = \boxed{20\%} \times \boxed{\begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{de energía} \\ \text{eléctrica} \\ \text{anual total} \\ \text{al} \\ \text{31/12/2025} \end{array}}$$

La ampliación del objetivo, lleva a la extensión de las fechas de revisión de los proyectos de inversión, siendo establecido así en su artículo 6° que *“Los sujetos que reúnan los requisitos exigidos para ser beneficiarios del régimen instituido por la ley 26.190, con las modificaciones introducidas por la presente ley, cuyos proyectos de inversión tengan principio efectivo de ejecución entre el 1° de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2025, quedarán incluidos en el régimen mencionado y gozarán de los beneficios promocionales previstos...”*

Pero en el caso de la Ley 27.191, en su Capítulo IV, artículo 8° establece una obligación a todos los usuarios de energía eléctrica de la Argentina respecto de los objetivos de generación de energía definidos y fijados por la ley, atento a sus niveles de consumos de demanda anuales, y estableciendo el siguiente régimen de obligaciones:

“cada sujeto obligado deberá alcanzar la incorporación mínima del ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica, con energía proveniente de las fuentes renovables, al 31 de diciembre de 2017, y del veinte por ciento (20%) al 31 de diciembre de 2025. El cumplimiento de

estas obligaciones deberá hacerse en forma gradual, de acuerdo con el siguiente cronograma:

- 1. Al 31 de diciembre de 2017, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica.*
- 2. Al 31 de diciembre de 2019, deberán alcanzar como mínimo el doce por ciento (12%) del total del consumo propio de energía eléctrica.*
- 3. Al 31 de diciembre de 2021, deberán alcanzar como mínimo el dieciséis por ciento (16%) del total del consumo propio de energía eléctrica.*
- 4. Al 31 de diciembre de 2023, deberán alcanzar como mínimo el dieciocho por ciento (18%) del total del consumo propio de energía eléctrica.*
- 5. Al 31 de diciembre de 2025, deberán alcanzar como mínimo el veinte por ciento (20%) del total del consumo propio de energía eléctrica.*

El consumo mínimo fijado para la fecha de corte de cada período no podrá ser disminuido en el período siguiente.”

Ahora bien, así descritas las obligaciones impuestas en cabeza de todos y cada uno de los usuarios de energía eléctrica, el peso de la ley, y sus efectos de incumplimientos, iban a ser injustos sino se limitaba el alcance del mismo delimitando un rango de clasificación de los usuarios atento a algún parámetro justo que considere el uso que del recurso escaso se estaba buscando regenerar por desarrollo de fomentos y estímulos a la inversión tal que ampliasen la participación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables dentro de la matriz eléctrica nacional. Así, es que la ley, establece dos grandes grupos de consumidores demandantes de energía, por un lado aquellos cuya demanda anual media sea mayor o igual a 300 kilovatios (artículo 9°) y aquellos cuya demanda sea menor (artículo 12°).

De esta forma, la fuerza de la ley recae sobre los grandes consumidores de energía, los de más de 300 kilovatios medios anuales, imponiendo sobre ellos la obligación de ir incorporando para sus propios consumos energía proveniente de fuentes renovables atento a los objetivos anuales establecidos, contra la aplicación de penalidades generadas por no cumplir alcanzando los objetivos fijados. Así, se impone una penalidad económica que afecta el costo del consumo de la energía para aquellos usuarios que, estando en obligación de cumplimiento, no lo hacen. En consecuencia, en su artículo 11°, la ley establece: *“Por los incumplimientos en las obligaciones de consumo de la porción de energía eléctrica renovable correspondiente a los porcentajes indicados en el artículo 8°,*

los Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista y las Grandes Demandas que sean Clientes de los Prestadores del Servicio Público de Distribución o de los Agentes Distribuidores, como penalidad por dicho incumplimiento deberán abonar sus faltantes a un precio equivalente al Costo Variable de Producción de Energía Eléctrica correspondiente a la generación cuya fuente de combustible sea gasoil de origen importado, calculado como el promedio ponderado de los doce (12) meses del año calendario anterior a la fecha de incumplimiento.”

El 30 de marzo de 2016, el Decreto número 531, reglamentario de las leyes 26.190 y 27.191, establece en su anexo II, artículo 9°, que la obligación impuesta por los objetivos impartidos por las leyes mencionadas, para aquellos usuarios que demanden igual o más que 300 kilovatios medios anuales, podrán dar por cumplida la impuesta obligación por cualesquiera de las siguientes formas, a saber:

- a) *“Por contratación individual de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables;*
- b) *Por autogeneración o por cogeneración de fuentes renovables;*
- c) *Por participación en el mecanismo de compras conjuntas desarrollado por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA) o el que designe la Autoridad de Aplicación.”*

El artículo 9°, inciso 2), en su apartado (i), del anexo número II, del Decreto 531, Reglamentario, establece que *“los **Contratos de Abastecimiento** de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables celebrados en el marco de la ley 27.191 por los sujetos comprendidos en su artículo 9°, serán libremente negociados por las partes teniendo en cuenta...las obligaciones establecidas en la ley...y en el decreto reglamentario...”*

Por su parte, el Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, el 18 de agosto de 2017, mediante Resolución 282 – E/2017, resuelve aprobar mediante su artículo 1°, el *“Régimen del Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable”*. Luego, en su artículo 2°, procede a definir y esclarecer la forma de cálculo, identificación y comprensión respecto del significado de los consumos de 300 kilovatios tomados como límites bisagra para definir las imposiciones a los usuarios consumidores atento a sus usos de energía. De esta forma, establece que *“Los sujetos comprendidos en lo dispuesto en el artículo 9° de la ley 27.191 son aquellos cuya demanda media en el último año calendario anterior al mes de la transacción, sea igual o mayor a trescientos kilovatios (300 KW). La demanda media se determina, a estos efectos, como la suma de la energía consumida en el año dividido el número de horas del año.”*

Así, la forma de cálculo descrita obedece al siguiente esquema:

$$\boxed{\text{Demanda media anual}} = \frac{\text{Sumatoria de energía consumida anual}}{\text{Número de Horas del Año}}$$

Por el 30 de noviembre de 2017, se sanciona la Ley Nacional Número 27.424, la que establece un “*Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública*”.

La ley nacional 27.424, tiene un esquema general de capítulos que tratan sobre los siguientes temas, a saber:

- Capítulo I: Disposiciones generales.
- Capítulo II: Autorización de conexión.
- Capítulo III: Esquema de facturación.
- Capítulo IV: Autoridad de aplicación.
- Capítulo V: Fondo fiduciario para el desarrollo de la generación distribuida.
- Capítulo VI: Beneficios promocionales.
- Capítulo VII: Régimen de fomento de la industria nacional.
- Capítulo VIII: Régimen sancionatorio.
- Capítulo IX: Disposiciones complementarias.

La ley 27.424, es la base fundamental para darle un marco legal a la generación de energía eléctrica por medio de fuentes renovables y que la misma sea incorporada a la red como venta por parte del nuevo productor de energía renovable, obligando al prestador del servicio público de distribución de energía (también llamado distribuidor), a la compra de la misma, materializando las formalidades por medio de un contrato.

De esta forma, en su artículo 1°, establece como objetivo, fijar políticas, condiciones jurídicas y contractuales para que los consumidores de energía eléctrica puedan comenzar a producir a partir de fuentes renovables para utilizarla para sí mismos y en caso de existir excedentes, poder inyectarlos a la red.

En su artículo 2°, declara de interés nacional la “*generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes renovables*”.

La ley, dispone de su propio vocabulario conceptual estableciendo las definiciones de conceptos básicos con los cuales va a ir presentando y trabajando los diferentes temas en cuestión con ella relacionados.

Establece así un esquema de *“Balance neto de facturación”* como un sistema de compensaciones entre los importes a pagar por parte de los consumidores de energía, compensados contra los importes a cobrar como consecuencia de la autogeneración que genera excedentes que son vendidos a la red y por los cuales se generan créditos a su favor, estableciendo así un sistema de facturación de balance neto en cabeza del prestador del servicio público o distribuidor.

Nacen así las definiciones de: usuario – generador, energía demandada y energía inyectada a la red.

Un nuevo concepto, clave para la ley, tanto que es parte del nombre descriptivo del régimen que fomenta es el de *“Generación Distribuida”*. Al respecto, la ley lo define como: *“la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, por usuarios del servicio público de distribución que estén conectados a la red del prestador del servicio y reúnan los requisitos técnicos que establezca la regulación para inyectar a dicha red pública los excedentes del autoconsumo”*

Otro concepto importante, desarrollado especialmente por la ley, es el de *“Usuario–Generador”*, al cual, lo define como: *“al usuario del servicio público de distribución que disponga de equipamiento de generación de energía de fuentes renovables en los términos del inciso h) precedente y que reúna los requisitos técnicos para inyectar a dicha red los excedentes del autoconsumo en los términos que establece la presente ley y su reglamentación. No están comprendidos los grandes usuarios o auto generadores del mercado eléctrico mayorista”*.

Con el auge de esta ley, y basado en el contexto de un usuario generador, surge el concepto de *“Prosumidores”*, el cual, como se lee, resume la sumatoria y combinación de las palabras, *Productor y Consumidor*, haciendo referencia a que desde ahora no solo será un usuario de energía sino un productor de la misma.

El usuario generador para conectar su equipamiento de generación distribuida para inyectar energía a la red debe solicitar autorización al prestador del servicio público, quien procederá a evaluar y habilitar la instalación de un equipo de medición bidireccional que permita tomar la medición de la energía demandada consumida y la energía inyectada vendida.

Con relación al esquema de facturación mediante el sistema de balance neto, cada distribuidor deberá efectuar los cálculos, administración y compensación que resulten de

la operación de consumo y venta simultánea a la red por parte de los auto generadores. Así, *“el usuario generador recibirá una tarifa de inyección por cada kilowatt-hora que entregue a la red de distribución”*. El precio al que el distribuidor ha de comprar la energía inyectada a la red por casos de energía eléctrica de fuentes renovables, es a aquel precio al que el distribuidor compra en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), incluyendo la tarifa de transporte, siendo que, si el distribuidor vende su energía discriminando diferentes tarifas energéticas atento a distintas franjas horarias, entonces, al momento de pagar al auto generador la energía que le compra, también tendrá que pagarle según las diferentes franjas horarias en las cuales ha inyectado la energía.

La ley 27.424, en su artículo 12 BIS, establece una exención para el impuesto a las ganancias y para el impuesto al valor agregado. En el caso particular del impuesto a las ganancias, la ley establece que *“Las ganancias derivadas de la actividad de inyección de energía eléctrica distribuida, generada a partir de fuentes renovables de energía, por parte de los Usuarios-Generadores que cuenten con 300kw de potencia contratada como máximo y que cumplan con los requisitos y demás autorizaciones determinados en esta norma y en su reglamentación, quedarán exentas en el impuesto a las ganancias”*.

Es de destacar que el presente proyecto de inversión se ha desarrollado en todos sus cálculos, los cuales se exponen en los capítulos siguientes, atento al supuesto de que el impuesto a las ganancias sí aplica y su efecto es cuantificado aplicando una alícuota del 35%, general para sujetos empresa, y considerando que en caso de poder entrar dentro de los requisitos establecidos para beneficiarse de la exención impositiva, los flujos de fondo negativos como efecto del cálculo del impuesto, han de ser considerados como participantes del flujo positivo que ayudarían a que el mismo tienda a ser más beneficioso o aceptable, de lo que pueda finalmente ser.

2.8. La responsabilidad social empresarial (RSE) y las energías renovables

Las empresas tienen como objetivo el logro de beneficios económicos, no obstante, se puede compatibilizar la creación de valor económico con el desarrollo sustentable del medio ambiente que la rodea. Socialmente cumplen un rol dentro del ámbito con el cual interactúan y participan en el medio social próximo, inicialmente con la fuerza de trabajo que brinda a las personas de la comunidad sobre la cual ejercen más acción. Estos esfuerzos derramados hacia la sociedad, generalmente son más intensos en las proximidades donde las mismas operan.

Producir implica producir con seguridad, calidad social y medioambiental. Es impensado sostener modelos basados en producciones contaminantes, que no protejan o

resguarden a su comunidad o grupos de interés. Las empresas no solo han de cumplir las normativas legales vigentes, sino que además, han de incorporar a sus operaciones comerciales la ética necesaria para proyectar negocios a futuro y amigables con el ambiente que las rodea. No solo es producir, sino producir con responsabilidad ambiental para resguardar los patrimonios para las generaciones futuras. Muchas compañías, en sus modelos productivos hacen uso de los recursos de la naturaleza. No siempre los negocios y las ganancias económicas van de la mano con el ambiente. En muchos casos, son los estados u organizaciones protectoras del medio ambiente las que pujan por la protección de los recursos naturales no renovables. La escasez de los recursos y su continua explotación económica obligan a las empresas a proyectarse a futuro delineando nuevos métodos y proyectos tales que les permita adaptarse a los cambios necesarios para permanecer vigentes en el tiempo. Las empresas verdes, amigables con su ambiente, llevan adelante manejos económicos responsabilizados con el desarrollo sustentable. Estos modelos deben de estar comprometidos desde sus órganos máximos directivos, empapando sus objetivos y estrategias, así como sus proyectos de crecimiento. Dentro de esta lógica, la producción de energía eléctrica basada en fuentes renovables de recursos que le dan sustento, es altamente compatible y viable. Reducir el consumo de energías que provienen de fuentes agotables es una decisión a largo plazo de las empresas que hacen uso intensivo de energía para el desarrollo de sus procesos.

Es difícil sostener que las organizaciones, con sus diferentes tipos de negocio, no puedan incursionar en un método de generación de energía mediante el uso de alguna de las fuentes de energías renovables. Quizás, no todas las empresas desarrollen procesos productivos que les permita hacer uso de recursos para disponer para generar energía, no obstante, las energías renovables son tales, que de todas ellas, se puede seleccionar una amplia gama de posibilidades adaptables a las formas más diversas de tipos de empresas de forma tal que les permita disponer de ese tipo de recursos. A modo de ejemplo, las fuentes de energía renovables más básicas pueden ser la biomasa, solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, biocombustibles, entre otras. La orientación de las empresas a cada tipo de fuente, dependerá, entre otros factores, de la proximidad de que disponga hacia el recurso en cuestión, así como por las características de su modelo de negocio o proceso productivo, o disponibilidad económica de recursos que le permitan el acceso a los mismos. De esta forma, es saludable pensar, el desarrollo de las empresas que valoran el medio en el que viven, conviven y participan, haciendo uso de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables.

3. Capítulo 3. Estudio de pre factibilidad (estudio técnico)

El presente capítulo propone realizar el análisis y cómputo de la capacidad productiva anual de los productos y subproductos del arroz, identificando los componentes necesarios para el desarrollo del proceso de revalorización de recursos biomásicos – con foco en la cáscara de arroz – generados en un molino arrocero, de manera de determinar la capacidad total anual en toneladas de desecho capaces de ser utilizados en la generación de energía eléctrica mediante una central termoeléctrica de vapor basada en biomasa, y que pueda reincorporarse al proceso productivo o venderse al sistema de red eléctrico.

Para desarrollar dicho análisis y cómputo se cuenta con fuentes de recolección de datos secundaria interna y externa, así como fuentes de datos primarios. Ver los acápite 1.5.3 y sus desarrollos en los cuales se desagregan las diferentes fuentes de información utilizadas.

También, se procederá al análisis de la evolución del consumo de energía eléctrica utilizada por el molino en sus procesos productivos, así como la evolución de tarifas y costos energéticos asociando los mismos a las toneladas industrializadas mediante la contratación de dicha energía.

3.1. Análisis y evolución del costo de la energía contratada

Sumado al objeto de la revalorización de los subproductos generados por el molino arrocero, se encuentra como factor acompañante al proceso decisorio del presente proyecto, el incremento en el costo del suministro de energía eléctrica en los últimos años.

Con base en datos empíricos y en las fuentes descritas, se procede al análisis de los consumos y tarifas, utilizando como información de sustento, las facturas de energía desde enero de 2014 a agosto de 2018, la cual se expresa en la **Tabla N° 9**.

Tabla N° 9: Evolución de las tarifas de la Empresa provincial de la energía (EPE) de la provincia de Santa Fe

Tipo de Costo	Fijo	Fijo	Fijo	Variable	Variable	Variable	Variable					
Mes / Año	Carga Comercial	Cargo por Capacidad de Suministro (Contratada)		Cargo por Potencia Adquirida	Energía Eléctrica Activa Consumida			Índice Matemático de Tarifas	% Variación Mensual	% Variación Acumulada	Cantidad de Meses Desde la Base	Cantidad de Años desde la Base
		Tarifa Base en \$/KW		Tarifa Base en \$/KW	Horario Pico	Horario Resto (Horas Restantes)	Horario Valle Nocturno					
		Horario Pico	Fuera de Pico	Horario Pico	Tarifa Base en \$/KW Hora Pico	Tarifa Base en \$/KW Hora Resto	Tarifa Base en \$/KW Hora Valle					
ene-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	Mes Base		1	0.08
feb-14	\$ 199.88	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	2	0.17
mar-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	3	0.25
abr-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	4	0.33
may-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	5	0.42
jun-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	6	0.50
jul-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	7	0.58
ago-14	\$ 199.88	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	8	0.67
sep-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	9	0.75
oct-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	10	0.83
nov-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	11	0.92
dic-14	\$ 199.80	\$ 65.85	\$ 29.36	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	299	0%	0%	12	1.00
ene-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	36%	36%	13	1.08
feb-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	14	1.17
mar-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	15	1.25
abr-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	16	1.33
may-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	17	1.42
jun-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	18	1.50
jul-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	19	1.58
ago-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	20	1.67
sep-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	21	1.75
oct-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	22	1.83
nov-15	\$ 273.53	\$ 90.15	\$ 40.20	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	408	0%	36%	23	1.92
dic-15	\$ 367.62	\$ 121.16	\$ 54.03	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	547	34%	83%	24	2.00
ene-16	\$ 367.62	\$ 121.16	\$ 54.03	\$ 4.08	\$ 0.10	\$ 0.09	\$ 0.08	547	0%	83%	25	2.08
feb-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	12%	104%	26	2.17
mar-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	27	2.25
abr-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	28	2.33
may-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	29	2.42
jun-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	30	2.50
jul-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	31	2.58
ago-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	32	2.67
sep-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	33	2.75
oct-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	34	2.83
nov-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	35	2.92
dic-16	\$ 410.63	\$ 135.34	\$ 60.35	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	610	0%	104%	36	3.00
ene-17	\$ 519.23	\$ 171.13	\$ 76.31	\$ 2.91	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.39	771	26%	157%	37	3.08
feb-17	\$ 516.23	\$ 171.13	\$ 76.31	\$ 2.99	\$ 0.49	\$ 0.49	\$ 0.48	768	0%	157%	38	3.17
mar-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 15.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1022	33%	241%	39	3.25
abr-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 15.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1022	0%	241%	40	3.33
may-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 15.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1022	0%	241%	41	3.42
jun-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 10.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1017	0%	240%	42	3.50
jul-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 10.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1017	0%	240%	43	3.58
ago-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 10.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1017	0%	240%	44	3.67
sep-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 10.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1017	0%	240%	45	3.75
oct-17	\$ 679.57	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 10.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1017	0%	240%	46	3.83
nov-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 10.99	\$ 0.78	\$ 0.77	\$ 0.75	1017	0%	240%	47	3.92
dic-17	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 4.62	\$ 1.11	\$ 1.07	\$ 1.02	1011	-1%	238%	48	4.00
ene-18	\$ 679.67	\$ 224.01	\$ 99.89	\$ 4.62	\$ 1.11	\$ 1.07	\$ 1.02	1011	0%	238%	49	4.08
feb-18	\$ 879.15	\$ 289.76	\$ 129.20	\$ 4.62	\$ 1.35	\$ 1.29	\$ 1.23	1307	29%	336%	50	4.17
mar-18	\$ 879.15	\$ 289.76	\$ 129.20	\$ 4.62	\$ 1.35	\$ 1.29	\$ 1.23	1307	0%	336%	51	4.25
abr-18	\$ 879.15	\$ 289.76	\$ 129.20	\$ 4.62	\$ 1.35	\$ 1.29	\$ 1.23	1307	0%	336%	52	4.33
may-18	\$ 879.15	\$ 289.76	\$ 129.20	\$ 4.62	\$ 1.35	\$ 1.29	\$ 1.23	1307	0%	336%	53	4.42
jun-18	\$ 879.15	\$ 289.76	\$ 129.20	\$ 4.62	\$ 1.35	\$ 1.29	\$ 1.23	1307	0%	336%	54	4.50
jul-18	\$ 879.15	\$ 289.76	\$ 129.20	\$ 4.62	\$ 1.35	\$ 1.29	\$ 1.23	1307	0%	336%	55	4.58
ago-18	\$ 879.15	\$ 289.76	\$ 129.20	\$ 12.81	\$ 1.84	\$ 1.75	\$ 1.67	1316	1%	340%	56	4.67

Fuente: Propia

Para el análisis de la evolución de las tarifas se ha elaborado un índice matemático que, como número en sí mismo no dice ni representa nada. No obstante ello, se ha utilizado el mismo para comparar su evolución porcentual a través del tiempo para el período analizado. De esta forma, en promedio general, para un período de 4,67 años evaluados, las tarifas se han incrementado en un 340%, lo que arroja un 72,8% de incremento anual proporcional promedio.

El cuadro desarrollado del tarifario provincial, divide el costo de la energía atento a la hora del día de que se trate.

De esta forma se tiene, en principio, dos grandes subdivisiones tarifarias a saber:

- En Horas *Pico*: Desde las 18 pm horas y hasta las 23 pm horas.
- Horas *Fuera de Pico*: Desde la 23 pm horas y hasta las 18 pm horas. A su vez, estas se vuelven a subdividir en:
 - *Valle Nocturno*: Desde las 23 pm horas y hasta las 05 am horas.
 - *Resto*: Desde las 05 am horas y hasta las 18 pm horas.

Esquemáticamente se puede desarrollar de la siguiente forma:

	Pico		Valle Nocturno		Resto	
Horario del Día	18	23	5	18		
Horas por Ciclo	5		6	13		

Más allá de las tarifas propias del servicio, se cuenta con la información de los consumos reales y su evolución en el tiempo, los cuales se explican en la **Tabla N° 10**.

Del análisis del mismo se evidencia un incremento en el costo total en pesos por cada kilovatio consumido. Este incremento, en un período de 4,67 años, tomando como base al mes de enero de 2014, es de 545 puntos porcentuales.

Siguiendo con el análisis de los consumos a lo largo de los ciclos anuales, se trata de identificar los meses del año en que los mismos se incrementan en mayor proporción respecto de otros. Así, los meses del año que van entre febrero y abril, se encuentra en desarrollo el proceso de secado de arroz cáscara como consecuencia de los ingresos por cosecha de arroz húmedo. De esta forma, los consumos de intensifican en estos meses. En relación al resto de la actividad industrial, no relacionada al proceso de secado, hay que reconocer que el comportamiento del consumo energético del molino arrocero y harinero tiene una evolución estable durante los doce meses de cada año.

Tabla N° 10: Evolución del consumo energético desde enero de 2014 a agosto de 2018

Meses	Costo Energía Eléctrica	Kw Consumidos Molino	Costo Total \$/KW	% de Variación
ene-14	\$ 33.308	55.422	\$ 0,60	Mes Base
feb-14	\$ 52.398	94.230	\$ 0,56	-7%
mar-14	\$ 58.367	127.317	\$ 0,46	-24%
abr-14	\$ 54.028	91.350	\$ 0,59	-2%
may-14	\$ 40.487	69.837	\$ 0,58	-4%
jun-14	\$ 26.922	68.595	\$ 0,39	-35%
jul-14	\$ 24.105	39.675	\$ 0,61	1%
ago-14	\$ 24.665	44.367	\$ 0,56	-7%
sep-14	\$ 24.320	39.723	\$ 0,61	2%
oct-14	\$ 25.250	50.358	\$ 0,50	-17%
nov-14	\$ 24.181	38.358	\$ 0,63	5%
dic-14	\$ 23.465	30.777	\$ 0,76	27%
ene-15	\$ 32.512	48.375	\$ 0,67	12%
feb-15	\$ 54.476	61.992	\$ 0,88	46%
mar-15	\$ 61.986	107.787	\$ 0,58	-4%
abr-15	\$ 57.202	76.983	\$ 0,74	24%
may-15	\$ 52.074	48.726	\$ 1,07	78%
jun-15	\$ 34.314	54.351	\$ 0,63	5%
jul-15	\$ 35.398	61.053	\$ 0,58	-4%
ago-15	\$ 35.153	49.692	\$ 0,71	18%
sep-15	\$ 41.594	60.045	\$ 0,69	15%
oct-15	\$ 40.557	51.411	\$ 0,79	31%
nov-15	\$ 42.362	62.703	\$ 0,68	12%
dic-15	\$ 51.842	46.995	\$ 1,10	84%
ene-16	\$ 55.809	68.070	\$ 0,82	36%
feb-16	\$ 140.126	78.447	\$ 1,79	197%
mar-16	\$ 154.631	97.491	\$ 1,59	164%
abr-16	\$ 126.235	67.674	\$ 1,87	210%
may-16	\$ 113.354	70.371	\$ 1,61	168%
jun-16	\$ 74.685	54.534	\$ 1,37	128%
jul-16	\$ 80.403	53.244	\$ 1,51	151%
ago-16	\$ 88.325	63.597	\$ 1,39	131%
sep-16	\$ 93.841	61.554	\$ 1,52	154%
oct-16	\$ 80.087	52.303	\$ 1,53	155%
nov-16	\$ 77.453	56.250	\$ 1,38	129%
dic-16	\$ 76.266	49.005	\$ 1,56	159%
ene-17	\$ 89.257	46.641	\$ 1,91	218%
feb-17	\$ 168.251	86.271	\$ 1,95	225%
mar-17	\$ 313.299	133.647	\$ 2,34	290%
abr-17	\$ 281.801	109.053	\$ 2,58	330%
may-17	\$ 235.323	77.577	\$ 3,03	405%
jun-17	\$ 213.042	63.906	\$ 3,33	455%
jul-17	\$ 206.104	59.145	\$ 3,48	480%
ago-17	\$ 208.319	57.330	\$ 3,63	505%
sep-17	\$ 197.479	50.214	\$ 3,93	554%
oct-17	\$ 202.034	52.410	\$ 3,85	541%
nov-17	\$ 202.359	55.179	\$ 3,67	510%
dic-17	\$ 190.821	35.976	\$ 5,30	783%
ene-18	\$ 248.588	67.158	\$ 3,70	516%
feb-18	\$ 383.802	96.963	\$ 3,96	559%
mar-18	\$ 507.048	149.337	\$ 3,40	465%
abr-18	\$ 373.646	104.454	\$ 3,58	495%
may-18	\$ 293.404	79.098	\$ 3,71	517%
jun-18	\$ 184.228	52.170	\$ 3,53	488%
jul-18	\$ 180.327	50.316	\$ 3,58	496%
ago-18	\$ 218.150	56.235	\$ 3,88	545%

Fuente: Propia

La Tabla N° 11 permite identificar, a nivel de kilovatios totales consumidos (y no en dinero), los desarrollos mensuales a través de los años, medidos entre enero de 2014 y agosto de 2018.

Dada la información detallada en la tabla, en la cual se resumen los kilovatios consumidos por mes en cada año, se comienza a hacer análisis de buscar los máximos

consumos mensuales en los años analizados, así como los mínimos y los promedios, sumando luego los mismos para iniciar el estudio de qué sucedería en los casos extremos teniendo como fuente la información generada. De esta forma, se observa un consumo total anual que ronda entre 730.000 y 830.000 kilovatios. En el caso de la suma de los máximos, nos encontramos con un máximo total anual de 921.438 kilovatios. Y en el caso de la sumatoria de los mínimos se tendría unos 620.133 kilovatios anuales.

Si bien, estos datos analizados en forma aislada de la producción de arroz que se elabora con su uso, en sí mismos no dicen demasiado, se los utilizara como referencias conceptuales al momento del armado del desarrollo de los flujos de fondo futuros a descontar. No obstante, se analizara su vinculación a la producción de arroz desarrollada en cada período del tiempo de consumos.

Continuando con el análisis, se proporcionan los consumos en cada caso analizado (máximos, promedios y mínimos) llevando los mismos a kilovatios por día y luego por hora. Esta información permite tener una medida de la magnitud del tipo de central termoeléctrica de biomasa en la cual invertir tal que su capacidad a instalar permita cubrir la demanda de energía necesaria a instalar.

Así, en el caso de los *consumos máximos*, llegamos a un promedio diario de unos 201 kilovatios por hora. En el caso de los *consumos promedios*, se tiene 85 kilovatios por hora. Y en el caso en el que se analizan los *consumos mínimos*, se obtiene que los mínimos - mínimos de los mínimos - rondan los 41 kilovatios hora.

Tabla N° 11. Kilovatios consumidos mensuales y anuales. Máximos, promedios y mínimos entre el 2014 y agosto de 2018

Kilovatios Consumidos por mes en cada año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
2014	55.422	94.230	127.317	91.350	69.837	68.595	39.675	44.367	39.723	50.358	38.358	30.777	750.009
2015	48.375	61.992	107.787	76.983	48.726	54.351	61.053	49.692	60.045	51.411	62.703	46.995	730.113
2016	68.070	78.447	97.491	67.674	70.371	54.534	53.244	63.597	61.554	52.303	56.250	49.005	772.540
2017	46.641	86.271	133.647	109.053	77.577	63.906	59.145	57.330	50.214	52.410	55.179	35.976	827.349
2018	67.158	96.963	149.337	104.454	79.098	52.170	50.316	56.235	0	0	0	0	655.731
Totales	285.666	417.903	615.579	449.514	345.609	293.556	263.433	271.221	211.536	206.482	212.490	162.753	3.735.742
Máximo Consumo Mensual Registrado	68.070	96.963	149.337	109.053	79.098	68.595	61.053	63.597	61.554	52.410	62.703	49.005	921.438
Días del Mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Kw/día (Máximos para cada mes)	2.196	3.463	4.817	3.635	2.552	2.287	1.969	2.052	2.052	1.691	2.090	1.581	
Kw/Hora (Máximos para cada mes)	91	144	201	151	106	95	82	85	85	70	87	66	
Mínimo Consumo Mensual Registrado	46.641	61.992	97.491	67.674	48.726	54.351	39.675	44.367	39.723	50.358	38.358	30.777	620.133
Días del Mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Kw/día (Mínimos para cada mes)	1.505	2.214	3.145	2.256	1.572	1.812	1.280	1.431	1.324	1.624	1.279	993	
Kw/Hora (Mínimos para cada mes)	63	92	131	94	65	75	53	60	55	68	53	41	
Promedio de Consumo Mensual Registrado	57.356	79.478	123.414	88.364	63.912	61.473	50.364	53.982	50.639	51.384	50.531	39.891	770.786
Días del Mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Kw/día (Promedios para cada mes)	1.850	2.838	3.981	2.945	2.062	2.049	1.625	1.741	1.688	1.658	1.684	1.287	
Kw/Hora (Promedios para cada mes)	77	118	166	123	86	85	68	73	70	69	70	54	
Tabla de Kilovatios Consumidos mensuales y Anuales. Máximos, Promedios y Mínimos entre el 2014 y el 2018													
Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Kw Máximos Consumidos	68.070	96.963	149.337	109.053	79.098	68.595	61.053	63.597	61.554	52.410	62.703	49.005	921.438
Kw Promedio Consumidos	57.356	79.478	123.414	88.364	63.912	61.473	50.364	53.982	50.639	51.384	50.531	39.891	770.786
Kw Mínimos Consumidos	46.641	61.992	97.491	67.674	48.726	54.351	39.675	44.367	39.723	50.358	38.358	30.777	620.133
Fuente: Propia													

La **Tabla N° 12** relaciona los kilovatios mensuales consumidos por mes en cada año respecto a la cantidad de kilos de producción de arroz cáscara procesado en cada caso. De esta forma se va desarrollando un promedio mensual y mediante totalizadores, se puede observar que en un período de 4,67 años, (desde enero 2014 a agosto de 2018), se registra un consumo total de 3.735.742 kilovatios, lo que arroja un promedio anual de 799.944,75 kilovatios. Asimismo, en el total de años bajo estudio, el total de arroz cáscara ingresado a producción es de 84.609.341 kilos, lo que da un promedio anual de 18.117.631 kilos. Con esta información, se puede calcular el promedio ponderado de kilovatios consumidos por cada kilo de arroz cáscara ingresado a molienda en el molino, llegando así a 0,04415 Kilovatios por kilo de arroz cáscara procesado en producción. Este dato se torna fundamental más adelante en el desarrollo del presente trabajo al momento de utilizarlo como base para sustentar el análisis realizado, siendo utilizado el mismo para que, supuesta una determinada producción de arroz cáscara a procesar por el molino, se pueda aproximar la cantidad de kilovatios necesarios a consumir para ello, y también, en consecuencia, saber la cantidad de kilovatios que excedan lo necesario para operar, los que serán destinados para su la venta a la red. Esta información es otro de los elementos clave al momento de orientar la decisión de inversión en maquinarias a instalar.

Tabla N° 12: Evolución de kilovatios consumidos mensuales y anuales por cada kilo de arroz cáscara ingresado a producción

	3.735.742	84.609.341	0,04415
Mes	Kw Consumidos	KILOS Arroz Cáscara Procesado Producción	Kw / Kilo de Arroz Cáscara
ene-14	55.422	1.652.800	0,034
feb-14	94.230	1.439.500	0,065
mar-14	127.317	1.642.850	0,077
abr-14	91.350	2.097.800	0,044
may-14	69.837	2.154.550	0,032
jun-14	68.595	1.975.000	0,035
jul-14	39.675	969.550	0,041
ago-14	44.367	1.115.700	0,040
sep-14	39.723	1.188.550	0,033
oct-14	50.358	1.440.180	0,035
nov-14	38.358	1.104.646	0,035
dic-14	30.777	861.408	0,036
ene-15	48.375	1.542.865	0,031
feb-15	61.992	1.285.274	0,048
mar-15	107.787	1.434.623	0,075
abr-15	76.983	1.906.690	0,040
may-15	48.726	1.421.686	0,034
jun-15	54.351	1.543.352	0,035
jul-15	61.053	1.693.828	0,036
ago-15	49.692	1.255.651	0,040
sep-15	60.045	1.737.097	0,035
oct-15	51.411	1.398.434	0,037
nov-15	62.703	1.499.685	0,042
dic-15	46.995	1.246.815	0,038
ene-16	68.070	1.603.735	0,042
feb-16	78.447	1.241.931	0,063
mar-16	97.491	1.347.990	0,072
abr-16	67.674	2.137.330	0,032
may-16	70.371	2.110.037	0,033
jun-16	54.534	1.674.584	0,033
jul-16	53.244	945.087	0,056
ago-16	63.597	1.399.494	0,045
sep-16	61.554	1.242.271	0,050
oct-16	52.303	1.032.981	0,051
nov-16	56.250	1.517.152	0,037
dic-16	49.005	1.122.773	0,044
ene-17	46.641	1.121.291	0,042
feb-17	86.271	1.645.489	0,052
mar-17	133.647	1.846.721	0,072
abr-17	109.053	1.927.451	0,057
may-17	77.577	1.955.014	0,040
jun-17	63.906	1.577.365	0,041
jul-17	59.145	1.601.432	0,037
ago-17	57.330	1.428.962	0,040
sep-17	50.214	1.036.176	0,048
oct-17	52.410	1.390.158	0,038
nov-17	55.179	1.546.916	0,036
dic-17	35.976	830.738	0,043
ene-18	67.158	1.743.818	0,039
feb-18	96.963	1.519.277	0,064
mar-18	149.337	2.000.498	0,075
abr-18	104.454	2.193.712	0,048
may-18	79.098	1.965.884	0,040
jun-18	52.170	1.363.040	0,038
jul-18	50.316	1.425.001	0,035
ago-18	56.235	1.506.499	0,037

Fuente: Propia

Tomando la información proporcionada por la **Tabla N° 12**, se procede al armado de un resumen anual de la información allí presentada y se presenta la misma en la **Tabla N° 13**. Para el caso del año 2018, la información cuenta con los consumos de energía y de arroz a molienda incluyendo los meses desde enero y hasta agosto inclusive. Es por ello que los valores en el 2018 son menores que en los otros años.

Tabla N° 13: Kilovatios anuales consumidos versus producción anual de arroz a molienda

Detalles	Kw Consumidos en Molinería de Arroz	KILOS Arroz Cáscara Ingresado a Producción	Kw Consumido por Kilo de Arroz Cáscara Procesado
2014	750.009	17.642.534	0,042511
2015	730.113	17.966.000	0,040639
2016	772.540	17.375.365	0,044462
2017	827.349	17.907.713	0,046201
2018	655.731	13.717.729	0,047802
Totales	3.735.742	84.609.341	
Promedio Ponderado de Kw Consumidos por Kilo de Arroz Cáscara Procesado			0,044153

Fuente: Propia

Trabajando con la información proporcionada por la **Tabla N° 10**, se puede reestructurar la misma con el objeto de calcular el Costo Total en \$/Kw Consumido por mes en cada año para así con ello llegar a la definición de los costos totales en \$/Kw anuales promedios ponderados. De esta forma, se presenta como resultado de ello, la **Tabla N° 14**, en la cual, además, se identifican los máximos costos en cada secuencia de mes en el transcurso de los años analizados. Así, por ejemplo, para el mes de enero de 2014 tenemos un costo en \$/Kw de \$0,60. El mismo surge de relacionar el importe de \$33.308 de costo total mensual contra los 55.422 kilovatios consumidos. Pero el caso está en desarrollar el cálculo de los costos anuales en \$/Kw promedios ponderados. De esta forma, para el año 2014, el mismo es de \$0,55 y para el año 2018 (con información de enero a agosto), es de \$3,64. De su comparativo se pueden identificar las tasas de incremento ocurridos a través de los años. Para ello es que se presenta la **Tabla N° 15**. En la misma se puede observar, tomando como año base el 2014, que el incremento acumulado total hasta agosto de 2018 es de un 564%. Este costo en \$/Kw identificado ha sufrido un incremento mayor al incremento del costo del tarifario de base expresado por la Empresa Provincial de la Energía (EPE) para el mismo rango de años, que tal lo antes expresado, en la **Tabla N° 9**, era de un 340%. Estas diferencias se deben a que el día a día del uso de la energía es diferente en su desarrollo y eficiencias con respecto a las tarifas básicas dispuestas por la

EPE. Esto varía en cada caso, en casa usuario de suministro, atento al uso que de la energía se haga y respecto de la eficiencia de los equipos instalados.

Seguidamente se presentan la **Tabla N° 14** y la **Tabla N° 15**.

Tabla N° 14: Costo total por kilovatio consumido por mes en cada año para llegar a promedios anuales

Costo Total en \$/Kw Consumido por mes en cada año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales anuales ponderados
2014	\$ 0,60	\$ 0,56	\$ 0,46	\$ 0,59	\$ 0,58	\$ 0,39	\$ 0,61	\$ 0,56	\$ 0,61	\$ 0,50	\$ 0,63	\$ 0,76	\$ 0,55
2015	\$ 0,67	\$ 0,88	\$ 0,58	\$ 0,74	\$ 1,07	\$ 0,63	\$ 0,58	\$ 0,71	\$ 0,69	\$ 0,79	\$ 0,68	\$ 1,10	\$ 0,74
2016	\$ 0,82	\$ 1,79	\$ 1,59	\$ 1,87	\$ 1,61	\$ 1,37	\$ 1,51	\$ 1,39	\$ 1,52	\$ 1,53	\$ 1,38	\$ 1,56	\$ 1,50
2017	\$ 1,91	\$ 1,95	\$ 2,34	\$ 2,58	\$ 3,03	\$ 3,33	\$ 3,48	\$ 3,63	\$ 3,93	\$ 3,85	\$ 3,67	\$ 5,30	\$ 3,03
2018	\$ 3,70	\$ 3,96	\$ 3,40	\$ 3,58	\$ 3,71	\$ 3,53	\$ 3,58	\$ 3,88	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 3,64
Máximo Costo \$/Kw	\$ 3,70	\$ 3,96	\$ 3,40	\$ 3,58	\$ 3,71	\$ 3,53	\$ 3,58	\$ 3,88	\$ 3,93	\$ 3,85	\$ 3,67	\$ 5,30	\$ 3,6436

Fuente: Propia

Tabla N° 15: Porcentaje de Incremento anual y acumulado del costo total anual en \$/Kw consumido

Años	Costo Total en \$/Kw Promedio Anual	% de Incremento Anual	% de Incremento Acumulado
2014	\$ 0,55	Base	Base
2015	\$ 0,74	35%	35%
2016	\$ 1,50	103%	174%
2017	\$ 3,03	102%	453%
2018	\$ 3,64	20,2%	564%

Fuente: Propia

3.2. Energía calórica y rendimientos energéticos de la cáscara de arroz

Dada las características técnicas de una central termoeléctrica de biomasa, atendiendo a la capacidad de los equipos que la conformen y a las cualidades propias de la cáscara de arroz, es que en la **Tabla N° 16** se representan tres alternativas posibles de rendimiento generadas por la utilización de cáscara de arroz como biomasa. Así, en una alternativa de alta eficiencia, se tiene una relación de conversión o rendimiento energético de que con 1,3 kilos de cáscara de arroz se puede generar 1 kilovatio. En estados más ineficientes, se generan casos en los cuales se hace necesario incorporar más kilos de cáscara de arroz para generar el mismo kilovatio, siendo así por ejemplo, el caso de pasar a usar 2 kilos en vez de 1,3 perdiendo rendimiento energético y necesitando sacrificar más recursos (combustible = biomasa) para lograr el mismo resultado objetivo. Atento a los equipos presupuestados para el presente y basados en sus características técnicas alcanzables, se plantea como posible una relación de consumo de 1,5 kilos de cáscara para generar 1 kilovatio.

Avanzando en el desarrollo, y siendo las equivalencias de generación energética que como alternativa se exponen, se expresan las disponibilidades de cáscara por tiempo.

De esta forma, si se contara con 6.000.000 de kilos anuales, y posicionados en la alternativa eficiente intermedia alcanzable de 1,5 kilos de cáscara, esto representaría una generación posible estimada de unos 4.615.385 kilovatios por año. Progresando en las proporciones lineales y pasando de año a mes, de mes a días y de días a horas, se llega a una relación de que con 694 kilos de cáscara de arroz por hora se generarían 463 kilovatios en esa hora. En su alternativa más eficiente, se producirían 534 y en el caso más desfavorable, 347 kilovatios por hora. A estos niveles de energía posibles de generar por las características propias de los equipos que conforman la central termoeléctrica de biomasa, se los puede asociar al concepto de *Energía de Salida (ES)* al momento de compararla contra la energía que en forma teórica se podría desarrollar dadas las cualidades intrínsecas del combustible utilizado.

Tabla N° 16: Estimación de la capacidad de generación de energía eléctrica a partir de la cáscara de arroz

Rendimientos Energéticos de la Cáscara de Arroz en la Central Termoeléctrica de Biomasa	Volumen Estimado de Cáscara de Arroz Disponible Molino en KILOS		Generación de Energía Eléctrica en Kilovatios	Unidad de Medida
Si con 1,3 Kilos de Cáscara se Genera 1 Kw	Por Año	6.000.000	4.615.385	Kw/Año
	Por Mes	500.000	384.615	Kw/Mes
	Por Día	16.667	12.821	Kw/Día
	Por Hora	694	534	Kw/Hora
Si con 1,5 Kilos de Cáscara se Genera 1 Kw	Por Año	6.000.000	4.000.000	Kw/Año
	Por Mes	500.000	333.333	Kw/Mes
	Por Día	16.667	11.111	Kw/Día
	Por Hora	694	463	Kw/Hora
Si con 2 Kilos de Cáscara se Genera 1 Kw	Por Año	6.000.000	3.000.000	Kw/Año
	Por Mes	500.000	250.000	Kw/Mes
	Por Día	16.667	8.333	Kw/Día
	Por Hora	694	347	Kw/Hora

Fuente: Propia

Teniendo presente que el poder calórico de la cáscara de arroz es de 3.281,6 kilocalorías por kilo (Kcal/kg), y que 1 Kcal equivale a 0,001163 Kilovatios, entonces se puede estimar la *capacidad de generación de energía calórica anual* en un valor de 19.689,6 millones de kilocalorías, lo que, en equivalentes en kilovatios, arroja 22.899.005 kilovatios anuales teóricos. A estos se los puede identificar genéricamente como Energía de Entrada (EE), es decir, la energía eléctrica teórica contenida en una kilocaloría. La presente información se expresa en la **Tabla N° 17** a continuación.

Tabla N° 17: Estimación de la capacidad de generación de energía calórica a partir de la cáscara de arroz

Poder Calorífico de la Cáscara de Arroz (Kcal/Kg)	Kilos de Cáscara por	1 Kilo de Cáscara de Arroz = 3.281,60 Kilocalorías	1 Kilocaloría = 0,001163 Kilovatios
		Equivalente en Kilo Calorías	Energía Calórica (Kilovatios)
Por Año	6.000.000	19.689.600.000	22.899.005
Por Mes	500.000	1.640.800.000	1.908.250
Por Día	16.667	54.693.333	63.608
Por Hora	694	2.278.889	2.650

Fuente: Propia

Por su parte, si se calcula el rendimiento teniendo en cuenta las estimaciones de las capacidades de generación de energía calórica (Energía de Entrada = EE) y de energía eléctrica (Energía de Salida = ES), el valor obtenido es de 17,47% (Cerini *et al.*, 2017). Como se aprecia en la **Tabla N° 18**, este valor es similar al resultado del rendimiento total del conjunto expresado en la **Tabla N° 19** obtenido de relacionar los rendimientos individuales teóricos de cada proceso, los que arrojan un rendimiento del 15,84%.

En definitiva, se trata de procesos de generación de energía eléctrica con bajos rendimientos.

Tabla N° 18: % De rendimiento total de la Central Termoeléctrica en función de las estimaciones de la capacidad de generación de energía calórica y capacidad de generación de energía eléctrica teórica

Capacidad de Generación	Conceptos	Relación de Conversión Energética	Disponibilidad de Biomasa en kilos por Hora	Kilovatios por Hora	% de Rendimiento de la Central Termoeléctrica = ES / EE
Energía de Salida (ES)	Energía obtenida como consecuencia del uso de Cáscara de Arroz en la Central Termoeléctrica de Biomasa	Con 1,5 Kilos de Cáscara se Genera 1 Kw	694	463	17,47%
Energía de Entrada (EE)	Energía que está dada por la capacidad de generación de energía calórica teórica proveniente del poder calorífico de la cáscara de arroz	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Kilo de Cáscara de Arroz = 3.281,60 Kilocalorías • 1 Kilocaloría = 0,001163 Kilovatios 	694	2.650	

Fuente: Propia

Teniendo presente el bajo rendimiento que tiene el conjunto que conforman los equipos de generación integrados (FAO, 1995), es decir, la caldera, la turbina de vapor y

el generador eléctrico, en conjunto todos estos equipos dan un rendimiento aproximado estimado de un 15,84%, como se detalla en la **Tabla N° 19**.

Tabla N° 19: Rendimiento individual y Conjunto de Equipos

Detalle de Equipos	Tipo de Rendimiento	% de Rendimiento
Caldera de Vapor	Rendimiento del Ciclo de Rankine	23%
Turbina de Vapor	Rendimiento Térmico	78%
	Rendimiento Mecánico	93%
Generador Eléctrico	Rendimiento Mecánico	95%
Conjunto Completo: Caldera - Turbina Generador Eléctrico	Rendimiento Total del Conjunto	15,84%

Fuente: FAO, 1995

3.3. Conclusiones del estudio

De acuerdo al análisis realizado sobre la disponibilidad de biomasa a partir de la cáscara de arroz generada por el proceso de molinería, y la cáscara de segunda analizada en un período de un año, se dispone de un volumen aproximado estimado de 6.000 toneladas de biomasa para la generación de energía eléctrica.

La capacidad de generación de energía calórica anual estimada es de 22.899 megavatios por hora (MWh) teniendo en cuenta el poder calorífico de la cáscara del arroz (3.281,6 Kcal/kg).

Dado que el conjunto de equipos que conforman la caldera, el motor y el generador eléctrico tienen un bajo rendimiento, el cual se ubica en un 17,47% (próximo al 15,84%), entonces, la capacidad de generación de energía eléctrica de dicho conjunto de equipos es del orden de los 463 KWh (promedio por hora).

El consumo de energía eléctrica total en la empresa durante el mes de máxima sollicitación (Marzo de 2018) es de 207 Kw por hora en promedio, como se indica en la **Tabla N° 20**.

Si se considera que el conjunto generador de energía eléctrica a partir de la cáscara de arroz permite una generación en promedio de 463 KWh, entonces, esto indica que dicho conjunto es capaz de generar un valor de 2,24 veces (463/207) el consumo de energía eléctrica total en dicho mes de máxima exigencia.

Tabla N° 20: Consumo de energía eléctrica total en el mes de máxima: Marzo 2018

Máximo Consumo Registrado: Marzo 2018	Energía Activa Consumida en Kilovatios
Conjunto Molino de Arroz y Harina	52.641
Conjunto Acopio	96.696
Total Mes	149.337
Kw por Día	4.978
Kw por Hora	207

Fuente: Propia

En consecuencia, existe la posibilidad de comercializar el excedente de la energía eléctrica generada al sistema interconectado nacional, y con ello, se estarían revalorizando los recursos biomásicos a partir de la cáscara de arroz, lo cual se enmarca en una innovación de producto; y a su vez, generando energía eléctrica para el autoabastecimiento de la empresa, lo que representaría una innovación de proceso.

4. Capítulo 4. Evaluación del proyecto de inversión

4.1. Ingreso a molienda de arroz. Ingresos por cosecha. Disponibilidad de Biomasa anual. Bases del proyecto

Dada la capacidad instalada del molino arrocero, y atento a un nivel alcanzable de producción se supone como base para definir la disponibilidad de biomasa por generación de cáscara de arroz un ingreso a producción atento a las toneladas por hora posibles de procesar por el molino. Por su parte, si se incorporan dos turnos de trabajo a razón de 7,5 horas efectivas por cada 21 días hábiles por mes se puede alcanzar una producción de 23.000 toneladas anuales, las que, en promedio, podrían generar una disponibilidad de unas 5.300 toneladas de cáscara de arroz siempre que la misma se considere en un 23% respecto del arroz ingresado a molienda. Esta es la información de base que se utilizará para el desarrollo del flujo de fondos futuro proyectado desarrollar.

Se presenta información de análisis mensual para luego proyectar la total anual.

Proveniente de los ingresos por cosecha de arroz húmedo y considerando para el modelo un ingreso húmedo (entre febrero y abril) de 27.000 toneladas anuales, siendo en promedio un 3% la materia extraña (cáscara de segunda) se dispone de unas 800 toneladas estimadas de biomasa anual para utilizar en el desarrollo del flujo de fondos a proyectar. De esta forma, se toma como base de proyección, unas 6.100 toneladas de biomasa, capaces de ingresar al hogar de la caldera para comenzar el proceso definido por la central termoeléctrica para su consecuente generación de energía eléctrica. Esta información se presenta en la **Tabla N° 21** en forma mensual, para luego ser considerada en el desarrollo del flujo de fondos en forma anual.

Tabla N° 21: Molienda anual de arroz cáscara. Ingresos por cosecha. Disponibilidad anual de Biomasa (Cáscara de arroz)

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Molienda de Arroz Cáscara Ingreso a Producción													
Toneladas por Hora	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
Turnos por día	2,0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Horas por Turno	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Días por mes de Producción	21,0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Arroz Cáscara posible de procesar por mes	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	1.922	23.058
% de Cáscara de Arroz Generada por mes	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%
Cáscara de Arroz de Molinería a Capacidad Máxima Alcanzable	442	442	442	442	442	442	442	442	442	442	442	442	5.303
Ingresos de Arroz Húmedo en Cosecha													
Ingreso Arroz Húmedo y con Materia Extraña		9.000	9.000	9.000									27.000
% de Materia Extraña Retirada		3%	3%	3%									3%
Merma por Materia Extraña		270	270	270									810
Cáscara de Segunda (Materia Extraña de Cosecha)	0	270	270	270	0	0	0	0	0	0	0	0	810
Disponibilidad Total de Cáscara (Biomasa) Tns	442	712	712	712	442	442	442	442	442	442	442	442	6.113
Disponibilidad Total de Cáscara (Biomasa) KILOS	441.945	711.950	711.950	711.950	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	6.113.354

Fuente: Propia

4.2. Capacidad de generación de energía eléctrica según disponibilidad anual de biomasa proyectada

Continuando con el esquema definido en la **Tabla N° 21**, atento a la generación de biomasa mensual acumulada en cada mes, y usando una relación de conversión de rendimiento energético dada por la equivalencia de que con 1,50 kilos de biomasa, específicamente cáscara de arroz, se genera 1 kilovatio, se proyectan los kilovatios mensuales totales a generar basados en dicha relación. Acumulando los datos mensuales, para así con ellos luego pasar a proyectar los anuales, se cuenta con una capacidad de generación anual estimada de unos 4.000.000 de kilovatios. Esta información se presenta expuesta en la **Tabla N° 22**.

Tabla N° 22: Generación de energía eléctrica y rendimientos energéticos anuales proyectados

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Definiendo la Capacidad de Generación Eléctrica según Disponibilidad de Biomasa													
Biomasa Disponible en Kilos	441.945	711.950	711.950	711.950	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	6.113.354
Kilos de Biomasa por Kilovatio a Generar	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Kw Posibles de Generar por Disponibilidad de Cáscara	294.630	474.633	474.633	474.633	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	4.075.569
Rendimientos Energéticos: Kilos de Biomasa por Kilovatio a Generar	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500

Fuente: Propia

4.3. Necesidad de consumo energético del molino arrocero y de la central termoeléctrica. Definición de la energía eléctrica disponible para su venta a la red

Se ha definido una base de información para proyectar la disponibilidad de cáscara de arroz con destino a biomasa conforme a la proyección de producción de molienda de arroz cáscara e ingresos de cosecha anual. Posteriormente, se ha transformado en energía, fundado en una relación de conversión de rendimientos energéticos atento a las características propias de la cáscara de arroz como materia prima energética biomásica reconociendo los posibles kilovatios mensuales y anuales capaces de generar por la central. Ahora bien, hay que descontar de la propia producción energética el consumo demandado por el molino arrocero en sus diferentes meses y el consumo demandado por la propia central termoeléctrica de biomasa para poder funcionar. De esta forma, utilizando una relación de conversión definida por los datos empíricos relavados y expuestos en la **Tabla N° 13**, en la cual se relacionan los kilovatios consumidos versus los kilos de arroz cáscara procesados en la molinería de arroz, se llega a una relación de equivalencia de 0,044153 kilovatios por cada un kilo de arroz cáscara procesado. Basados en esta relación

de conversión, se proyectan los kilovatios mensuales a demandar por parte del molino arrocero, atento a los kilos de arroz cáscara propuestos ingresar a producción.

Por otro lado, se puede estimar la necesidad de consumo energético de la propia central de biomasa bajo un *supuesto simplificador* partiendo de la base que se estima que el consumo propio de la central ronda el 3% de los kilovatios generados por la misma.

Comparando los kilovatios mensuales proyectados generar, y deduciendo de ellos la necesidad de consumo del molino y la necesidad de consumo de la central termoeléctrica, quedan evidenciados los kilovatios restantes, los que, en el caso proyectado, arrojan excedentes por sobre dichos consumos y con ello la posibilidad de proyectar su venta a la red.

Así, se estima generar unos 4.000.000 de kilovatios anuales, de los cuales 1.000.000 van con destino a energizar la producción de arroz y 120.000 son auto consumidos por la propia central, quedando un excedente aproximado de 2.900.000 disponibles para su venta a la red. Esta información se detalla en la **Tabla N° 23**.

Tabla N° 23: Consumo energético del proceso productivo del molino y de la central termoeléctrica. Definición de energía disponible para la venta

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Definición de Kw a Consumir según el Ingreso de Arroz Cáscara a Producción													
Kilos de Arroz Cáscara Ingreso a Producción	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	23.058.000
Kw / Kilo de Arroz Cáscara	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415	0,04415
Kw Totales Necesarios para atender la Producción	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	1.018.076
Disponibilidad Total de Cáscara (Biomasa) KILOS	441.945	711.950	711.950	711.950	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	6.113.354
Kw Posibles de Generar por Disponibilidad de Cáscara	294.630	474.633	474.633	474.633	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	4.075.569
% De Kw para Consumo Propio de la Central	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Kw Consumidos por la Central	8.839	14.239	14.239	14.239	8.839	8.839	8.839	8.839	8.839	8.839	8.839	8.839	122.267
Kw Disponibles para la Venta	200.951	375.554	375.554	375.554	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	2.935.226

Fuente: Propia

4.4. La Inversión

En la sección 2.5 presente trabajo, se describió el proceso de funcionamiento de una central termoeléctrica, específicamente, el de una central termoeléctrica de biomasa basada en el “Ciclo de Rankine” y en los elementos básicos que la conforman, como ser la caldera de vapor, la turbina, el generador eléctrico acoplado, junto a los diferentes dispositivos periféricos necesarios para funcionar en forma de proceso continuo, para la generación de energía eléctrica.

Dada la disponibilidad de biomasa, se pueden instalar diferentes tipos de centrales atento a su magnitud y con ello obtener distintos rendimientos energéticos posibles. A mayor biomasa disponible, mayor la dimensión de los equipos y mayor la generación de energía. De esta forma, presupuestar la inversión toma como base dicha disponibilidad y exceder en la capacidad de generación de energía por sobre los consumos propios de la planta industrial que genera la biomasa y por sobre los consumos de la propia central termoeléctrica, tienen por finalidad un destino ulterior de negocios, de poder ser generadores de valor, tanto para por un lado, repagar la inversión, como por otro, generar rendimientos económicos creando una nueva unidad productiva bioenergética capaz de revalorizar los recursos antes desechables, incursionando en un nuevo proceso industrial que quizás en un futuro se transforme en el eje central del negocio agroindustrial originalmente desarrollado.

Cotizada la inversión, y atento a diferentes tipos de modelos y medidas, se presenta la **Tabla N° 24** en la cual se exponen tres modelos básicos, y basados en ellos, se proyectan dos modelos proporcionales en capacidad. La cotización está tomada de la empresa BENECKE & IRMAOS LTDA de Brasil a través de su representante en Argentina que es Pró-Terra.

Otro de los *supuestos* expresados en el presente trabajo está dado por la obtención de un descuento del 15% en el importe total a invertir como consecuencia de comprar la misma tecnología en Argentina, evitando así gastos extras como consecuencia de la distancia y tiempos de trabajo que acarrearía tener que contratar una empresa de Timbó, Santa Catarina, Brasil. De esta forma, se define para el proyecto, optar por una central con capacidad para generar 450 kilovatios hora, la que con el descuento estimado obtener rondaría los 17 millones de pesos Argentinos.

Tabla N° 24: La inversión. Modelos y capacidades

Capacidades		Situación 1	Situación 2	Situación 3	Situación Proporcional Buscada	Situación Proporcional Buscada
Mw		0,5	0,75	1	0,4	0,45
Kw		500	750	1.000	400	450
Modelo		Modelo	Modelo	Modelo	Modelo	Modelo
		BI-4000-GM	BI-5000-GM	BI-6000-GM	Alternativa 1	Alternativa 2
Datos Generales de la Caldera de Vapor		Unidades de Medida	Importes	Importes	Importes	Importes
Kwh a Generar	kwh	500	750	1.000	400	450
Consumo de vapor	kg de Vapor/h	3.100	4.400	5.700	2.480	2.790
Producción Especifica (kgvapor/kg Combustible)	kg de Vapor/kg de Cáscara	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
Consumo específico en los eyectores	kg de Vapor/kwh	6,20	5,87	5,70	6,20	6,20
Presión del Vapor en Brida de la Turbina	kgf/cm ²	25	25	25	25	25
Temperatura del Vapor en Brida de la Turbina	°C	350	350	350	350	350
Rendimiento de la Caldera por encima del 50% de la Carga	%	90	90	90	90	90
Temperatura de los Gases en la Salida de la Chimenea	°C	170	170	170	170	170
Datos del Combustible Considerado		Unidades de Medida	Importes	Importes	Importes	Importes
Combustible Utilizado	Cáscara de Arroz	Cáscara de Arroz	Cáscara de Arroz	Cáscara de Arroz	Cáscara de Arroz	Cáscara de Arroz
% Humedad del Combustible	%	12	12	12	12	12
Poder Calorífico Inferior PCI	kcal/kg	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
Peso Especifico	kg/m ³	130	130	130	130	130
Consumo de Combustible	kg/h	752	1068	1383	602	677
Horas por día de consumo de Cáscara	Horas	24	24	24	24	24
Consumo de Combustible por día	kg/día	18.058	25.631	33.204	14.447	16.252
Días por mes de Consumo de Cáscara	Días	29	29	29	29	29
Consumo de Combustible en días del mes	kg/mes	523.689	743.301	962.913	418.951	471.320
Meses del Año de Consumo de Cáscara	Meses	12	12	12	12	12
Consumo de Combustible en meses del año	kg/año	6.284.272	8.919.612	11.554.951	5.027.417	5.655.845
Consumo de Combustible	m ³ /h	5,79	8,22	10,64	4,63	5,21
Datos Especificos de Generación		Unidades de Medida	Importes	Importes	Importes	Importes
Capacidad de Generación Instalada en MW	MW	0,5	0,75	1	0,4	0,45
Inversión		Unidades de Medida	Importes	Importes	Importes	Importes
Caldera y Demás Periféricos	\$	\$ 9.803.279	\$ 13.573.770	\$ 17.125.574	\$ 7.842.623	\$ 8.822.951
Turbina, Generadores, Torres y demás Periféricos	\$	\$ 12.593.443	\$ 16.288.525	\$ 19.983.607	\$ 10.074.754	\$ 11.334.098
Importe Total Inversión por Modelo	\$	\$ 22.396.721	\$ 29.862.295	\$ 37.109.180	\$ 17.917.377	\$ 20.157.049
% de Descuento por Comprar la Inversión en Argentina		15%	15%	15%	15%	15%
Descuento por Comprar en Argentina		\$ 3.359.508	\$ 4.479.344	\$ 5.566.377	\$ 2.687.607	\$ 3.023.557
Valor de la Inversión con Industria Nacional		\$ 19.037.213	\$ 25.382.951	\$ 31.542.803	\$ 15.229.770	\$ 17.133.492

Fuente: BENECKE & IRMAOS LTDA de Brasil a través de su representante en Argentina que es Pró-Terra

4.5. La vida útil del proyecto y la inversión

Estimar la vida útil del proyecto obliga a identificar un nivel de tiempo, en este caso medido en años, durante los cuales se evaluará la eficiencia de sus flujos de fondo futuros proyectados a lo largo del mismo. Esto, más allá de estar relacionado con la vida útil de la inversión, conforme a la capacidad de la misma de mantenerse en estado productivo y

acorde a un programa de gastos a incurrir en su mantenimiento, tal que siga garantizando sus utilidades y funcionalidades durante su tiempo de servicio. De esta forma, se estima una vida útil, de la inversión, en 15 años, los cuales, pueden verse reducidos a 10 en caso de usos intensivos o por falta de mantenimientos preventivos y correctivos adecuados, y en forma contraria, se puede alcanzar una vida útil de unos 20 años, haciendo los usos y mantenimientos adecuados. A los efectos del presente trabajo se toma como vida útil de la inversión unos 15 años.

Por otro lado, al momento de definir la vida útil en la que se ha de evaluar el proyecto, se toma como base de medición para los futuros flujos de fondo, un tiempo de 10 años, durante los cuales se procederá a confrontar los flujos de fondos para la generación de ingresos y egresos tales que descontados a una tasa de rendimiento requerida permita evaluar su potencial, y frente a ello, tomar una decisión respecto de la conveniencia de afrontar la inversión.

4.6. Los ingresos del proyecto

Los ingresos del proyecto tienen dos fuentes genuinas y bien identificadas. Por un lado, la venta a la red de los kilovatios excedentes, tales que, habiendo sido generados por la central termoeléctrica de biomasa, superan el consumo de la propia central, así como el consumo del molino arrocero en su conjunto estando en funcionamiento. Por otro lado, se genera un ingreso de fondos por costo de oportunidad, definido por aquel importe de dinero que habría que pagar a la empresa de energía por el consumo ocasionado por el molino en funcionamiento y que desde el momento en que el proyecto comience a funcionar, ese importe de dinero no será necesario afrontar. Esta premisa es parte de un *supuesto* formulado al presente trabajo, siendo que llegado el momento oportuno la empresa debería de dar de baja sus contratos de abastecimiento energético con la empresa proveedora de energía. Una alternativa a evaluar sería suponer una recontractación del servicio bajando los cargos fijos por reducción de los kilovatios a contratar para las horas pico y fuera de pico, esto atento a seguir contando con conexión a la red para los casos en que la central de biomasa no se encuentre en funcionamiento.

Para el caso de venta de energía a la red, se estiman los kilovatios excedentes disponibles y se los valoriza a un precio de venta de \$1,82 por kilovatio. Dicho importe es aquel que la empresa de energía paga por proyectos de energía renovables cuando compra para ingresar a la red.

En la **Tabla N° 25** se estiman los ingresos del proyecto, siendo para los generados por venta de energía a la red, un estimado de venta de 2.900.000 kilovatios, los que

valorados al precio de \$1,82 cada uno arroja un importe aproximado a los \$5.300.000 por año. Por su parte, para llegar a los ingresos de fondo, que se logran por una relación de oportunidad, al dejar de pagar el servicio a la red, se ha considerado un ingreso de arroz cáscara a molienda tal que genere un consumo de energía similar al que se pagaría a la red por el uso de la misma. Para ello, se ha trabajado en forma inversa, partiendo desde los kilos de arroz a procesar y relacionándolos con los kilovatios necesarios para afrontar dicho consumo y para cuantificarlos se procede a utilizar la información provista por la **Tabla N° 13**, en la cual está calculada una relación de equivalencia de 0,044153 kilovatios por cada un kilo de arroz cáscara procesado. Con esta información se calculan los kilovatios mensuales y anuales proyectados consumir y por los cuales no se han de pagar a la empresa proveedora de energía. Ahora bien, para proceder a su valorización y acorde a las tarifas vigentes, se ha tomado un costo en \$/Kw de \$3,6436 que surge de la **Tabla N° 14**, el cual es el promedio ponderado del año 2018. Así, el ingreso proveniente por no pagar más energía a la red implicaría un importe en dinero aproximado de \$3.700.000 anuales, los que, sumados al ingreso por venta de energía a la red, arrojarían un importe de \$9.000.000 anuales de flujos de ingresos proyectados. Luego, estos flujos anuales positivos, serán los que se consideraran al momento de evaluar cada uno de los años durante los cuales se evalúe el presente proyecto de inversión.

Tabla N° 25: Ingresos de fondo

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Ingresos por Venta de Energía Eléctrica													
Kw Disponibles para la Venta	200.951	375.554	375.554	375.554	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	200.951	2.935.226
Precio de Venta \$/Kw a la Red	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82
Ingresos por Venta de Energía Eléctrica	\$ 365.732	\$ 683.509	\$ 683.509	\$ 683.509	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 5.342.111
Ingresos por Costo de Oportunidad por No pagar más la energía a la Red													
Kilos de Arroz Cáscara Ingreso a Producción	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	1.921.500	23.058.000
Consumo de Kw por Kilo de Arroz Cáscara	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,044153	0,04415
Kw Totales Proyectados Consumir	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	84.840	1.018.076
Costo en \$/Kw	\$ 3,6436	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644	\$ 3,644
Ingresos por Costo de Oportunidad por No pagar más la energía a la Red	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 3.709.418
Ingresos Totales	\$ 674.850	\$ 992.627	\$ 992.627	\$ 992.627	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 9.051.529

Fuente: Propia

4.7. Los egresos del proyecto

Los egresos de fondo por el movimiento operativo del funcionamiento de la central termoeléctrica de biomasa a proyectar estarían representados, en forma resumida, por los componentes básicos elementales dispuestos en las siguientes variables, a saber:

- Mano de obra.
- Gastos de mantenimiento de la central.
- Amortización de la planta.
- Costo de oportunidad por dejar de vender la cáscara de arroz al mercado por incorporarla al proceso de generación de energía eléctrica en la central de biomasa.

4.7.1. Mano de obra

El personal que trabaja en un molino arrocero, como agroindustria alimenticia, en la Argentina, se encuentra encuadrado bajo el Convenio Colectivo de Trabajo (CCT) número 294/94 en el cual se establecen diferentes categorías convencionales.

Bajo el criterio de que lo accesorio sigue el mismo principio de lo principal, el ingreso de personal a la nómina de trabajo en planta ha de seguir el convenio colectivo que se aplica en la actividad de base para la empresa en análisis, el cual, para el caso bajo estudio, es el convenio 294/94. En el mismo existen diferentes categorías laborales y entre ellas se ha optado por encuadrar a las personas que se supone van a trabajar en la central de biomasa dentro de la más alta categoría para personal de planta, la cual se conoce como *oficial calificado*, la que para el mes de agosto de 2018 remunera a \$144,18 por hora de trabajo. Se estima que para atender el funcionamiento de la central de biomasa, un plantel dedicado exclusivo de cinco personas es óptimo para su manejo a los efectos de atender su funcionamiento operativo. Se deja de lado dentro de esta estimación los gastos de mano de obra por concepto de mantenimiento que serán tenidos en cuenta dentro de otro ítem de gastos. Más allá de que cada mes del año cuenta con cantidad diferente de días, se estiman 176 horas de trabajo en promedio por mes, las que surgen de un esquema básico elemental de considerar 8 horas por día, en 5 días por semana, en 4 semanas promedio por mes, con 4 sábados a 4 horas cada uno.

El esquema de trabajo con cinco personas implica la organización de turnos de trabajo rotativos para atender la central de biomasa durante todo el año.

Avanzando con la definición del costo de mano de obra propio de la central de biomasa, se considera el efecto de la incidencia del sueldo anual complementario, así como el impacto de las contribuciones patronales a la seguridad social y a la obra social. Por su

parte se incorpora el costo de la aseguradora de riesgos del trabajo (ART) llegando a un costo total mensual, el que luego se proporciona linealmente para llevarlo a uno anual.

La presente información se detalla en la **Tabla N° 26**, la que se expone a continuación.

Tabla N° 26: Costo de mano de obra de un año base

Detalles	Modalidad de Contratación	Categoría Laboral	Importe Básico por Hora	Horas Mensuales	Importe Básico mes	Incidencia del Sueldo Anual Complementario (SAC) por mes	Básico mes con proporción de SAC	Contribuciones a la Seguridad Social y a la Obra Social (23%)	Aseguradora de Riesgos del Trabajo (ART) (3,5% + \$0,60 por Persona)	Costo Total Mano de Obra por Mes
Oficial Calificado 1	Permanente	Oficial Calificado	\$ 144,18	176	\$ 25.376	\$ 2.115	\$ 27.490	\$ 6.323	\$ 963	\$ 34.776
Oficial Calificado 2	Permanente	Oficial Calificado	\$ 144,18	176	\$ 25.376	\$ 2.115	\$ 27.490	\$ 6.323	\$ 963	\$ 34.776
Oficial Calificado 3	Permanente	Oficial Calificado	\$ 144,18	176	\$ 25.376	\$ 2.115	\$ 27.490	\$ 6.323	\$ 963	\$ 34.776
Oficial Calificado 4	Permanente	Oficial Calificado	\$ 144,18	176	\$ 25.376	\$ 2.115	\$ 27.490	\$ 6.323	\$ 963	\$ 34.776
Oficial Calificado 5	Permanente	Oficial Calificado	\$ 144,18	176	\$ 25.376	\$ 2.115	\$ 27.490	\$ 6.323	\$ 963	\$ 34.776
Costo Total Mano de Obra por mes				880						\$ 173.879
Meses del Año										12
Proyección del Costo de Mano de Obra Anual										\$ 2.086.551

Fuente: Propia

Se estima así un costo de mano de obra promedio mes de unos \$170.000 aproximadamente, lo que arrojaría un costo anualizado de un poco más que dos millones de pesos.

4.7.2. Gastos de mantenimiento

El mantenimiento es parte fundamental del desarrollo y perdurabilidad de la central termoeléctrica de biomasa. Cada elemento componente es importante. Con el uso adecuado y los mantenimientos preventivos programados, la central debería de subsistir durante la vida útil estándar promedio programada estimada. La lubricación de piezas, engrases, limpieza, cambio de elementos desgastables, hacen a la durabilidad de los equipos.

En el presente proyecto se contempla un *supuesto* simplificador, a los efectos de estimar los gastos de mantenimiento, por el cual se define en un 3% de los kilovatios totales generados por la central y valorados al precio de venta de los kilovatios a la red, el cual está en \$1,82 cada uno. De esta forma, se estima un importe de mantenimiento anual que ronda los \$220.000, definidos y calculados en la **Tabla N° 27**, la cual se expone a continuación.

Tabla N° 27: Gastos de mantenimiento de un año base

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
% de Gastos de Mantenimiento según Kw Totales Generados	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Kilovatios Generados Totales	294.630	474.633	474.633	474.633	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	294.630	4.075.569
Precio de Venta \$/Kw a la Red	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82	\$ 1,82
Gasto de Mantenimiento	\$ 16.087	\$ 25.915	\$ 25.915	\$ 25.915	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 222.526

Fuente: Propia

4.7.3. Gastos de amortización de la planta

Para el cálculo de la cuota de amortización de la central termoeléctrica de biomasa se utiliza como criterio simplificador un sistema de amortización de tipo lineal mediante el cual se supone que la pérdida de valor del conjunto de bienes en cuestión es sistemático y proporcional al tiempo de vida útil en que se estima la planta perdurara operativa para generar flujos de fondo y funcionar. Así, si tomamos el importe total de la inversión presentado en la **Tabla N° 24** y lo relacionamos con su proyección de vida útil estimada – ver sección 4.5 – se puede calcular una cuota de amortización anual y mensual, la cual se explica en la **Tabla N° 28**, la que se expone a continuación.

Tabla N° 28: Cuotas de amortización

Detalles	Importes
Valor de la Inversión	\$ 17.133.492
Vida Útil Anual	15
Cuota de Amortización Anual	\$ 1.142.233
Cuota de Amortización Mensual	\$ 95.186

Fuente: Propia

Sabido es que el importe correspondiente a la cuota de amortización no representa un egreso de fondos en el sentido de salida de dinero, sino que se lo calcula para poder luego estimar el efecto del mismo sobre el impuesto a las ganancias, considerando que es un concepto deducible a la hora de calcular el impuesto.

4.7.4. Costo del combustible (biomasa) como costo de oportunidad por dejar de vender la cáscara de arroz al mercado

La decisión de cambio del destino de la cáscara de arroz por parte del molino arrocero implica la esencia del proyecto, mediante la cual, se busca revalorizar la generación de los subproductos de la empresa, dejando de vender al mercado para comenzar a utilizarlos como materia prima de un nuevo proceso en la producción de energía eléctrica.

Estimados los kilos generados de cáscara de arroz por consecuencia del proceso de molinería y supuesto su valor dado por el mismo precio al cual se aceptaría una venta al mercado con el cual compite, se procede a calcular el importe de dinero que se dejaría de percibir en su venta, ahora destinado a soportar el costo o sacrificio económico que implicaría comprar dicha materia prima en el mercado para someterla al uso de la central.

La proyección anual y mensual de kilos de cáscara de arroz es la definida en la **Tabla N° 21** precedente, en la cual, se estima una disponibilidad de cáscara anual que ronda las 6.100 toneladas.

En relación al precio de costo de la biomasa, se supone que esta dado por el precio al cual se puede vender la cáscara al mercado, el que si bien va fluctuando a lo largo de los meses se lo puede considerar como un único precio promedio mensual, el que a los efectos del presente proyecto, se estima en \$0,60 por kilo.

La presente información se resume y expone en la **Tabla N° 29** a continuación.

Tabla N° 29: Costo de la biomasa como combustible

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Kilos de Cáscara de Arroz Generada	441.945	711.950	711.950	711.950	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	441.945	6.113.354
Precio de venta por Kilo de Cáscara	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60
Costo de Combustible Biomasa	\$ 265.167	\$ 427.170	\$ 427.170	\$ 427.170	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 3.668.012

Fuente: Propia

4.7.5. Egresos de fondo de un año base

Se puede observar la cuantía de los importes que forman un flujo negativo en el proyecto de inversión resumiendo los mismos en la **Tabla N° 30**, la que se expone a continuación.

En la misma, se presenta el resumen de los movimientos negativos que en forma económica afectarán el desarrollo de los flujos de fondos, presentados en este caso en su desagregado mensual, y posteriormente con su sumatoria anual, la que será luego tomada para el desarrollo de los flujos anuales del proyecto.

Se incluye en el cuadro la cuota de amortización de planta, la que en sí misma no representa una salida de dinero, pero se expone de igual manera, a los efectos de tener una medida de la magnitud de su efecto desde el punto de vista económico más que financiero. Por su parte, la incidencia del impuesto a las ganancias se calculará y expresará al momento del desarrollo del flujo de fondos anuales proyectados.

Tabla N° 30: Egresos de fondo de un año base

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Costo de Mano de Obra	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 2.086.551
Gastos de Mantenimiento	\$ 16.087	\$ 25.915	\$ 25.915	\$ 25.915	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 222.526
Amortización de Planta	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 1.142.233
Costo del Combustible Biomasa	\$ 265.167	\$ 427.170	\$ 427.170	\$ 427.170	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 3.668.012
Egresos Totales	\$ 550.319	\$ 722.150	\$ 722.150	\$ 722.150	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 7.119.322

Fuente: Propia

4.8. Valor residual de la inversión al fin de la vida útil del proyecto

Al momento de proyectar el flujo de fondo, uno de los supuestos que se desarrollan es el caso en que el proyecto se levanta y se vende en el mercado. Llegado ese punto, hay que poder estimar el valor de la inversión en esa fecha futura luego de los años en los cuales el proyecto ha de ser evaluado. Como se observa, es de compleja estimación el presente punto, a tal, que es común recurrir a los criterios económico contables mediante los cuales se puede establecer cuál ha sido su amortización acumulada en un momento determinado, en este caso, un momento futuro que supone su venta al mercado, y compararlo contra su valor de origen histórico, de compra, inversión o de ingreso al patrimonio. De esta forma, procediendo a restar al valor de la inversión su amortización acumulada, se obtiene un **valor residual** o valor de residuo del bien o inversión en cuestión. No necesariamente dicho valor es el más representativo de su valor en el mercado al momento futuro, porque no siempre los métodos de amortización reflejan en forma correcta o exacta el efecto del uso y del paso del tiempo en los bienes de uso, no obstante es una buena simplificación. Si a dicho valor residual se lo compara contra su precio de venta en el mercado, al mismo momento, se puede calcular un **resultado**

impositivo, el cual, puede ser positivo o negativo, dependiendo de si el **precio de venta futuro** estimado es mayor o menor que su valor residual. Llegado el caso en que ese resultado sea positivo, es decir, si el precio de venta es mayor que el valor residual, se tendrá una utilidad que será alcanzada por el efecto del impuesto a las ganancias, el cual, en la Argentina, para los sujetos empresa, aplica una alícuota del 35%. Ahora bien, calculado el efecto impositivo del impuesto a las ganancias, se lo detrae al valor de venta en el mercado para definir un efecto neto. Pero lo más difícil en este punto es poder estimar cuál será el precio de venta o valor en el mercado en un momento futuro, y más, si se considera que los años en que se ha de proyectar han de ser muchos. Es por ello que para el desarrollo del presente trabajo se ha *supuesto* que el “*precio de venta futuro en el mercado es un porcentual del valor de la inversión*”, así, se ha considerado el mismo en un 35%, el cual por lo consultado a expertos, es un concepto razonable.

Calculando según la técnica descripta, se llega a un valor residual al fin de la vida útil del proyecto de unos \$5.900.000 aproximadamente. El presente desarrollo se expone en la **Tabla N° 31**.

Tabla N° 31: Valor residual de la inversión al fin de la vida útil del proyecto

Detalles	Importes	Vida Útil en Años	Cuota de Amortización Anual	Años de Vida Útil del Proyecto	Amortización Acumulada al Fin del Proyecto	Valor Residual Impositivo	SUPUESTO: El precio de venta en el mercado al fin de la vida útil del proyecto es del	Precio de Venta en el Mercado al Fin del Proyecto	Resultado Impositivo por la Venta	Alícuota Impuesto a las Ganancias	Impuesto a las Ganancias	Valor Residual con Efecto Impositivo
Inversión	\$ 17.133.492	15	\$ 1.142.233	10	\$ 11.422.328	\$ 5.711.164	35%	\$ 5.996.722	\$ 285.558	35%	\$ 99.945	\$ 5.896.777

Fuente: Propia

4.9. Estado de resultados de un año base

Si se reúnen los resultados positivos y negativos, se obtiene un estado de resultados económico contable en el cual se puede resumir el efecto de los mismos llegando a calcular un resultado neto mensual y anual proyectados para el presente trabajo.

De esta forma se observan resultados positivos anuales por \$9.000.000 aproximadamente y resultados negativos por \$7.000.000 estimados, arrojando un resultado neto contable proyectado de unos \$2.000.000 de ganancia o superávit económico. Esto permite tomar una idea de la magnitud del comportamiento de las principales variables económicas que afectan al proyecto. La información descrita se resume en la **Tabla N° 32**, la que se expone a continuación.

Tabla N° 32: Estado de resultados proyectado de un año base

Detalles	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Resultados Positivos													
Ingresos por Venta de Energía	\$ 365.732	\$ 683.509	\$ 683.509	\$ 683.509	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 365.732	\$ 5.342.111
Ingresos por No pagar más la energía a la Red	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 309.118	\$ 3.709.418
Total Resultados Positivos	\$ 674.850	\$ 992.627	\$ 992.627	\$ 992.627	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 674.850	\$ 9.051.529
Resultados Negativos													
Costo de Mano de Obra	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 173.879	\$ 2.086.551
Gastos de Mantenimiento	\$ 16.087	\$ 25.915	\$ 25.915	\$ 25.915	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 16.087	\$ 222.526
Costo del Combustible Biomasa	\$ 265.167	\$ 427.170	\$ 427.170	\$ 427.170	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 265.167	\$ 3.668.012
Amortización de Planta	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 95.186	\$ 1.142.233
Total Resultados Negativos	\$ 550.319	\$ 722.150	\$ 722.150	\$ 722.150	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 550.319	\$ 7.119.322
Resultado Neto	\$ 124.531	\$ 270.477	\$ 270.477	\$ 270.477	\$ 124.531	\$ 124.531	\$ 124.531	\$ 124.531	\$ 124.531	\$ 124.531	\$ 124.531	\$ 124.531	\$ 1.932.207

Fuente: Propia

4.10. La tasa de rendimiento requerida de la inversión

La tasa de rendimiento requerida ($TRR = K$), o costo del capital (K) para el presente proyecto se define en un 24% anual. La presente tasa es considerada razonable para contrastarla contra el proyecto ya que es aquella tasa que la empresa utiliza para evaluar sus decisiones de inversión a largo plazo. En los tiempos en que se ha desarrollado el presente trabajo, por condiciones cambiantes de la economía Argentina, las tasas de interés de referencia son elevadamente mayores que la planteada. No obstante ello, se considera que las altas tasas que ofrece el mercado financiero son de efecto temporal y no sostenibles en el tiempo proyectando al largo plazo. Dada la definición de evaluar los efectos de los flujos en el tiempo de vida útil del proyecto considerando un período de no menos de 10 años, se considera que la tasa propuesta es razonablemente adecuada. LA presente tasa está fundada en el alcance de las inversiones que la empresa está dispuesta a asumir, atento a su propio perfil y aversión al riesgo. El perfil seguido es invertir en proyectos productivos, independientemente que en los mercados de capitales, al momento en que se desarrolla este trabajo, se puede acceder a mejores y más elevadas tasas de interés. Esto forma parte de la cultura de la empresa, así como su compromiso por su crecimiento, desarrollo y responsabilidad social empresaria.

4.11. Flujo de fondos para la vida útil del proyecto

Para el armado y exposición del flujo de fondos futuro proyectado, se han utilizado los cálculos expuestos en los acápites anteriores, y mediante los cuales se han ido desarrollando los supuestos de base que regirán las pautas del desarrollo del flujo calculado. Así, en los ingresos y egresos de fondos se han calculado los mismos a nivel mensual y definiendo la suma anual o promedio para ser utilizada en el cuadro general del flujo. Particularmente, en el armado del flujo se han tenido en cuenta *dos nuevos supuestos*. Por un lado, en lo que hace a los ingresos de fondos, específicamente, en los *ingresos por no pagar más la energía a la red*, se ha desarrollado a lo largo de los 10 años del proyecto con un supuesto de que el flujo de un año es igual al ingreso del año base (año 1) aumentado en un 30% anual por una "Tasa de Incremento Anual del Costo de la Energía Contratada a la EPE". Es decir, cada año, el costo de la energía se incrementa en un treinta por ciento respecto de su año anterior. Esto, basado en los datos empíricos relevados y expuestos en la **Tabla N° 9**, en la cual se puede observar que ha existido un aumento del 340% en un período de 4,67 años, lo que equivale a decir que existe, en forma proporcional, un aumento del 72,80% por cada un año. De esta forma, establecer un incremento anual de un 30%, lo cual es menor que la mitad de los incrementos reales de los últimos cuatro años, es considerado razonable. Por otro lado, en lo que hace a los

egresos de fondos, específicamente en el *costo de la biomasa*, se ha considerado un incremento anual para el desarrollo de los flujos del proyecto, del 15% anual atento a que los cambios en los precios de la cáscara de arroz no permiten acompañar la misma tasa de crecimiento con la que en los últimos años ha aumentado el costo de la energía eléctrica suministrada por la red, esto porque el mercado al cual se vende la cáscara de arroz no puede absorber dichos aumentos.

El resto de las variables del flujo que conforman los ingresos y egresos, se entienden constantes a lo largo de la vida útil del proyecto. Es decir, si consideramos una tasa que mida el efecto de la inflación aplicada por igual a los flujos de ingresos y a los de egresos, al multiplicar por la misma variable en el armado del flujo, los flujos netos serían iguales, y los resultados y conclusiones de los análisis de inversión serían los mismos respecto a no considerar un ajuste de los flujos por inflación. El caso es que, para los dos supuestos nuevos aquí expuestos, lo que se intenta representar es que si bien los efectos de la inflación serían neutrales al análisis, esas dos variables relevantes destacadas (una dentro de los ingresos y otra dentro de los egresos) tienen efectos de incrementos de precios diferentes. Así, el aumento del precio de la energía eléctrica comprada a la red a través de los años, supera ampliamente al aumento de precios de venta de la cáscara de arroz en el mercado. De ahí, es que se ha considerado a todas las variables constantes respecto a la inflación, por su efecto neutro en el armado del proyecto, y a esas dos variables relevantes en particular, se las ha mostrado como un cambio incremental al proyecto para expresar dentro del modelo su comportamiento particular y los efectos que sobre el mismo se tendría.

El efecto del impuesto a las ganancias se considera a la alícuota del 35% que es la que establece la ley del impuesto en Argentina. Para su cálculo, se ha tenido en cuenta el efecto deducible que provoca la amortización de la inversión a lo largo de la vida útil del proyecto y atento a la vida útil estimada del conjunto de bienes que conforman la inversión.

Por todo lo expuesto, se expone a continuación el flujo de fondos proyectado en la **Tabla N° 33**.

Tabla N° 33: Flujo de fondos

Detalles	Datos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos de Fondos Anuales												
Ingresos por Venta de Energía a la Red			\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111	\$ 5.342.111
Ingresos por No pagar más la Energía a la Red			\$ 3.709.418	\$ 4.822.243	\$ 6.268.916	\$ 8.149.591	\$ 10.594.468	\$ 13.772.808	\$ 17.904.651	\$ 23.276.046	\$ 30.258.860	\$ 39.336.518
Total Ingresos de Fondos			\$ 9.051.529	\$ 10.164.355	\$ 11.611.027	\$ 13.491.702	\$ 15.936.579	\$ 19.114.920	\$ 23.246.762	\$ 28.618.158	\$ 35.600.972	\$ 44.678.630
Egresos de Fondos Anuales												
Costo de Mano de Obra			\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551	\$ 2.086.551
Gastos de Mantenimiento			\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526	\$ 222.526
Costo del Combustible Biomasa			\$ 3.668.012	\$ 4.218.214	\$ 4.850.946	\$ 5.578.588	\$ 6.415.376	\$ 7.377.683	\$ 8.484.335	\$ 9.756.985	\$ 11.220.533	\$ 12.903.613
Amortización de Planta			\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233	\$ 1.142.233
Total Egresos de Fondos			\$ 7.119.322	\$ 7.669.524	\$ 8.302.256	\$ 9.029.898	\$ 9.866.686	\$ 10.828.993	\$ 11.935.645	\$ 13.208.296	\$ 14.671.843	\$ 16.354.923
Flujo de Fondos Antes de Impuesto a las Ganancias			\$ 1.932.207	\$ 2.494.830	\$ 3.308.771	\$ 4.461.804	\$ 6.069.893	\$ 8.285.927	\$ 11.311.117	\$ 15.409.862	\$ 20.929.128	\$ 28.323.706
Impuesto a las Ganancias	35%		\$ 676.272	\$ 873.191	\$ 1.158.070	\$ 1.561.631	\$ 2.124.463	\$ 2.900.074	\$ 3.958.891	\$ 5.393.452	\$ 7.325.195	\$ 9.913.297
Flujo de Fondos Después de Impuesto a las Ganancias			\$ 1.255.934	\$ 1.621.640	\$ 2.150.701	\$ 2.900.173	\$ 3.945.430	\$ 5.385.853	\$ 7.352.226	\$ 10.016.410	\$ 13.603.933	\$ 18.410.409
Flujo de Fondos Operativo			\$ 2.398.167	\$ 2.763.872	\$ 3.292.934	\$ 4.042.405	\$ 5.087.663	\$ 6.528.085	\$ 8.494.459	\$ 11.158.643	\$ 14.746.166	\$ 19.552.642
Valor de Recupero de la Inversión al Fin del Inversión		\$ 17.133.492										\$ 5.896.777
Flujo de Fondos Neto		-\$ 17.133.492	\$ 2.398.167	\$ 2.763.872	\$ 3.292.934	\$ 4.042.405	\$ 5.087.663	\$ 6.528.085	\$ 8.494.459	\$ 11.158.643	\$ 14.746.166	\$ 25.449.419
Tasa de Rendimiento Requerida Anual (K)	24%											
Coeficiente de Descuento	$(1+K)^n$	1,0000	1,2400	1,5376	1,9066	2,3642	2,9316	3,6352	4,5077	5,5895	6,9310	8,5944
Flujo de Fondos Neto Descontado	FFN/(1+k)^n	-\$ 17.133.492	\$ 1.934.006	\$ 1.797.524	\$ 1.727.102	\$ 1.709.831	\$ 1.735.441	\$ 1.795.791	\$ 1.884.447	\$ 1.996.356	\$ 2.127.570	\$ 2.961.154
Valor Actual		\$ 19.669.221										
Inversión		-\$ 17.133.492										
Valor Actual Neto (VAN)		\$ 2.535.730										
Tasa Interna de Retorno (TIR)		27,02%										

Fuente: Propia

4.12. Criterios utilizados para el análisis de la inversión

4.12.1 El criterio del valor actual neto (VAN)

El valor actual neto de un proyecto de inversión es el valor actual de los flujos de fondo que componen el proyecto a lo largo del tiempo del mismo, actualizados a un momento cero (fecha de inicio del proyecto) con la tasa de rendimiento requerida al mismo, y al cual se le resta el importe de la inversión. Su fórmula de base sería:

$$\text{Valor Actual Neto} = \text{Valor Actual de los Flujos de Fondo Futuros} - \text{Inversión}$$

Para poder restar la inversión, la misma, tiene que estar valorizada al mismo momento cero al que lo están los valores actuales descontados. Si la inversión se fuera realizando en varios momentos del tiempo, habría que también descontar esos flujos de inversión al momento cero para que sea homogénea la valorización a la hora de restarla contra el valor actual de los flujos de fondo descontados.

El criterio de aceptación del VAN indica aceptar aquellas inversiones cuyo VAN sea mayor a cero. De esta forma, el valor actual neto arroja un importe que puede ser mayor, menor o igual a cero. El importe del VAN, en caso de ser positivo (mayor que cero), indica que se crea riqueza por encima de la rentabilidad dada por descontar el flujo de fondos a la tasa de rendimiento requerida (Pascale, 2009).

Para el presente proyecto, se ha utilizado una tasa de rendimiento requerida del 24% anual y el valor actual neto es de \$2.535.730, el que está dado por un valor actual de \$19.669.221 y una inversión de \$17.133.492. En este caso, el VAN es mayor que cero, lo que indicaría que el proyecto es aceptable. Ver la **Tabla N° 33** antes presentada.

4.12.2. La tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de interés a la que se descuentan los flujos de fondo futuros, tal que, su valor actual a un momento cero, es igual al valor actual de la inversión. Es la tasa de interés a la que se igualan las variables, por un lado, el valor actual de los flujos de fondo y por otro la inversión que se utiliza para obtenerlos. Matemáticamente, la TIR puede no existir, es decir, hay casos para los que no existe un número tal que se concrete la igualdad. Una forma práctica de calcularla es por aproximaciones sucesivas en las cuales se prueba una tasa para descontar, con ella se

actualizan los flujos de fondo y se los compara contra la inversión. Así, sucesivamente, hasta aproximar aquellas dos tasas que más se acerquen al valor de la inversión. Luego, por el método de la interpolación de dos puntos y suponiendo una función lineal, se calcula una tasa que aproxime el resultado. Obtenida la tasa que iguala los flujos descontados con la inversión, el criterio de aceptación de la TIR indica que es aceptable un proyecto tal que la TIR sea mayor que la tasa de rendimiento requerida exigida al proyecto. Esto implica que si la tasa de rendimiento requerida ($TRR = K$) fuese "igual" a la TIR, entonces, como la suma de los valores actuales de los flujos de fondo son iguales a la inversión, el VAN es igual a cero, y por la regla de aceptación del VAN, solo serían aceptables aquellas inversiones en las cuales el VAN sea mayor que cero. Y cuanto mayor sea la diferencia de la TIR por encima de la TRR, mayor será el VAN y con ello mayor el superávit o creación de valor que el proyecto generará (Pascale, 2009).

Para el caso en estudio, la TIR calculada es del 27,02% y la TRR es del 24%. De esta forma, por la regla de aceptación de inversiones por el criterio de la TIR, el proyecto es aceptable por ser la TIR mayor a la TRR. Ver la **Tabla N° 33** precedente.

4.12.3. El período de recupero de la inversión

El período de recupero de la inversión, también llamado período de repago, está dado por el tiempo durante el cual los flujos de fondo que genera una inversión alcanzan a reponer (pagar) la inversión. Para ello se van sumando los flujos de fondo neto que genera la inversión en cada período de tiempo, en este caso medido en años, hasta llegar a aquel año en que se alcance el importe de la inversión. Es muy común, en la práctica, identificar la cantidad de tiempo en que se recuperaría una inversión. Vale destacar, que en este caso, se están considerando los flujos netos sin descontar por la tasa de rendimiento requerida (TRR) al momento cero, sino simplemente sumando los flujos netos al valor monetario de cada año. Para el caso en cuestión, la inversión se recuperaría en el transcurso del quinto año. Según los cálculos, sería en 4 años, 10 meses y 28 días, los que se explican en la **Tabla N° 34**, que se expone a continuación. Desde el punto de vista de las inversiones a largo plazo que realiza la empresa, considerar este período de recupero de casi 5 años es razonable, por lo cual, se aceptaría la inversión. (Pascale, 2009).

Tabla N° 34: Período de recupero de la inversión

Detalles	Importes
Suma de Flujos de Fondos Netos hasta el Año 4	\$ 12.497.379
Inversión	\$ 17.133.492
Diferencia	-\$ 4.636.113
Luego:	
En el año 5 se genera un Flujo Neto de	\$ 5.087.663
Días del año	365
Flujo Generado por Día	\$ 13.939
Flujo a Generar	\$ 4.636.113
Días Necesarios para generar ese flujo	333
Equivalente en Meses	10,93
Equivalente en días de la fracción de meses	28
Finalmente, la inversión se recupera en:	
Años	4
Meses	10
Días	28

Fuente: Propia

4.12.4. El período de recupero con flujos descontados

Siguiendo con el criterio del período de recupero de la inversión, el presente criterio implica identificar el tiempo en el cual se recuperaría la inversión pero usando para ello los flujos de fondo netos descontados a la tasa de rendimiento requerida al proyecto y llevando los mismos al momento cero. Para ello, se van acumulando los flujos netos descontados y en el momento en que la sumatoria de los mismos alcanza el valor de la inversión, para ese período de tiempo, es el recupero. (Pascale, 2009).

Para el caso, la inversión se estaría recuperando en unos nueve años aproximadamente. Los cálculos se explican en la **Tabla N° 35** a continuación.

Tabla N° 35: Período de recupero descontado de la inversión

Detalles	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de Fondos Neto Descontado	-\$ 17.133.492	\$ 1.934.006	\$ 1.797.524	\$ 1.727.102	\$ 1.709.831	\$ 1.735.441	\$ 1.795.791	\$ 1.884.447	\$ 1.996.356	\$ 2.127.570	\$ 2.961.154
Flujo de Fondos Netos Descontados Acumulados	-\$ 17.133.492	-\$ 15.199.486	-\$ 13.401.962	-\$ 11.674.860	-\$ 9.965.030	-\$ 8.229.588	-\$ 6.433.798	-\$ 4.549.351	-\$ 2.552.995	-\$ 425.424	\$ 2.535.730

Detalles	Importes
Suma de Flujos de Fondos Netos Descontados hasta el Año 9	\$ 16.708.067
Inversión	\$ 17.133.492
Diferencia	-\$ 425.424
Luego:	
En el año 10 se genera un Flujo Neto de	\$ 2.961.154
Días del año	365
Flujo Generado por Día	\$ 8.113
Flujo a Generar	\$ 425.424
Días Necesarios para generar ese flujo	52
Equivalente en Meses	1,72
Equivalente en días de la fracción de meses	22
Finalmente, la inversión se recupera en:	
Años	9
Meses	1
Días	22

Fuente: Propia

Según este criterio, y atento a los cálculos realizados, la inversión se recuperaría en 9 años, 1 mes y 22 días. Desde el punto de vista de la aceptabilidad, ya no es tan razonable para los tiempos de la empresa este tiempo de recupero de la inversión, al considerar los valores netos descontados. No obstante, éste es un único criterio, que no se analizará en forma individual y aislado del resto de los objetivos presentados y buscados por el presente proyecto de inversión.

4.13. El riesgo del proyecto. Simulación de Monte Carlo

Para el análisis y la consideración del riesgo en el presente proyecto de inversión se hace uso de la *Simulación de Monte Carlo*. Este método estadístico matemático hace uso de distribuciones de probabilidad para calcular el efecto que tienen sobre las variables que forman parte de los criterios de evaluación de proyectos, como ser por ejemplo, el VAN y la TIR, el hecho de utilizar variables aleatorias para crear distribuciones de probabilidad. El nombre del método viene por el Principado de Mónaco, porque, gracias a su conocido *Casino de Monte Carlo*, es considerada la capital de los juegos de azar. El método tiene sus orígenes en los tiempos de la segunda guerra mundial, al ser desarrollado y utilizado por los físicos matemáticos para el desarrollo de la bomba atómica. Para el uso práctico del mismo, una herramienta clave está dada por el programa @Risk, desarrollado y distribuido por la empresa Palisade. Por medio del mismo, y utilizando una planilla de cálculos Excel, se puede fácilmente hacer uso de la bondades de la simplicidad del programa para hacer análisis de riesgos en diferentes proyectos de inversión, entre otras utilidades, lo cual dependerá del nivel de conocimientos, destreza, creatividad y capacidad del usuario interviniente. De esta forma se procede a realizar un análisis básico del riesgo en el presente proyecto, viendo el efecto que sobre el VAN y la TIR tienen el hecho de ir simulando un alto número de iteraciones (cambios en las variables). Para ello se definirán variables de entrada, que son aquellas que hacen variar los elementos esenciales que hacen el desarrollo del flujo de fondos neto analizado. A cada variable de entrada, se le asociaran diferentes distribuciones de probabilidad y se definen sus parámetros. Luego, se definirán variables de salida, las que, para el caso, son aquellas sobre las cuales necesitamos evaluar su comportamiento atento a los cambios provocados en las variables de entrada definidas. El programa va asignando en cada iteración diferentes valores aleatorios a las variables de entrada y va registrando el efecto provocado en las variables de salida y en base a ello va definiendo una distribución de probabilidad que explica el comportamiento de la variable de salida.

4.13.1. Variables de entrada para la simulación

Dadas las bondades del uso del @Risk, se permite fácilmente el ingreso de múltiples variables de entrada para ser estudiadas en el desarrollo del análisis de riesgo que se pretenda encarar. Así, en el presente trabajo, se han definido unas 19 variables de entrada con sus respectivas posibles distribuciones de probabilidad y parámetros estimados de cambios en sus comportamientos. Para cada una de ellas, en su “Parámetro 2 (Valor Más Probable)”, se ha utilizado aquel valor que como “base” se ha definido para el cálculo del flujo de fondos previamente desarrollado y por el cual se calcularan los diferentes criterios para el análisis de inversiones en los acápite anteriores. Los valores mínimos y máximos, se han ido definiendo atento a los posibles cambios que los mismos puedan expresar. Así, la **Tabla N° 36** resume cada una de las variables y se explica en forma básica cual sería el efecto que tiene sobre el VAN, en un cambio individual, de solo esa variable, si la misma aumentara su valor, pasando desde su estado mínimo al estado máximo propuesto. De esta forma, hay variables que al aumentar, provocan un aumento en el VAN, y por el contrario, las hay tales que, al aumentar, provocan una reducción del mismo. El @Risk, genera la posibilidad que en forma simultanea se vayan asignando en forma aleatoria diferentes escenarios provocando valores distintos a cada variable de entrada y registrando su efecto sobre aquellas que se hayan definido como variables de salida.

Tabla N° 36: Variables de entrada para simulación de Monte Carlo

Detalles	Distribución de Probabilidad	Parámetro 1 (Valor Mínimo)	Parámetro 2 (Valor Mas Probable)	Parámetro 3 (Valor Máximo)	Efecto sobre el VAN si la Variable Aumenta	¿Porqué?
Kilos de Biomasa por Kilovatio a Generar	Triangular	1,3	1,5	1,7	Disminuye	Porque cuando aumenta la cantidad de kilos de cáscara para generar un kilovatio se generan menos kilovatios con un mismo recurso, lo que genera una reducción de disponibilidad de energía para consumo propio y para la venta a la red.
Tasa de Incremento Anual del Costo de la Energía Contratada a la EPE	Triangular	25%	30%	35%	Aumenta	Un aumento del costo de la tarifa contratada a la EPE, medida en costo en dinero por cada kilovatio, implica un aumento del ingreso del proyecto por costo de oportunidad de no tener que pagar esa energía por generarla con la central.
Precio de venta por Kilo de Cáscara	Triangular	\$ 0,50	\$ 0,60	\$ 0,70	Disminuye	A mayor sea el precio al que se pueda vender la cáscara de arroz en el mercado, más costoso será el combustible de biomasa usado para quemar y por costo de oportunidad, menores serán los flujos de fondos y con ello, menor será el VAN.
Tasa de Incremento Anual del Precio de Venta de la Cáscara de Arroz	Triangular	12%	15%	18%	Disminuye	Un aumento en la tasa de incremento que aumenta el precio de venta de la cáscara en el mercado, hace más costosa la biomasa utilizada y con ello, aumentan los egresos de fondos y así se reduce el VAN.
Toneladas por Hora que Produce el Molino	Pert	5,5	6,1	6,7	Aumenta	Más Arroz Cáscara se procesa, más cáscara se genera y más biomasa se dispone para generar energía.
Turnos por día de Producción del Molino	Triangular	1	2	3	Aumenta	Más turnos de Producción del Molino, más arroz cáscara se procesa, más cáscara se genera y más biomasa se dispone para generar energía.
Horas por Turno	Triangular	7,0	7,5	8,0	Aumenta	Más horas de trabajo por turno de Producción del Molino, más arroz cáscara se procesa, más cáscara se genera y más biomasa se dispone para generar energía.
Días por mes de Producción	Triangular	19	21	23	Aumenta	Más días de trabajo por mes de Producción del Molino, más arroz cáscara se procesa, más cáscara se genera y más energía se dispone para generar energía.
% de Cáscara de Arroz Generada por mes	Pert	21%	23%	25%	Aumenta	A mayor el % de cáscara que surja de la Molinería, mayor es el combustible Biomasa que se disponga para generar energía.
% de Materia Extraña Retirada	Triangular	2%	3%	5%	Aumenta	A mayor el % de Materia Extraña del Arroz cáscara en el Proceso de Prelimpieza y secado, mayor es el combustible Biomasa que se disponga para generar energía.
% De Kw para Consumo Propio de la Central	Pert	2%	3%	4%	Disminuye	A mayor % de Consumo de Kilovatios propios de la central, menor es la disponibilidad de energía para atender la producción y menor es la energía disponible para su venta y en consecuencia, son menores los ingresos y con ello, menor el VAN.
Precio de Venta \$/Kw a la Red	Triangular	\$ 1,34	\$ 1,82	\$ 2,30	Aumenta	A mayor precio que la red pague por el kilovatio que se le venda, mayores serán los ingresos del proyecto y con ello, mayor será el VAN.
Consumo de Kw por Kilo de Arroz Cáscara	Triangular	0,031000	0,044153	0,077000	Aumenta	A mayor consumo de kilovatios por cada kilo de arroz cáscara procesado, se supone un mayor ahorro de dinero por dejar de pagarlo a la red, al precio al que lo vende la red, y se reemplaza por generación propia por la central de biomasa.
Costo en \$/Kw	Triangular	\$ 3,300	\$ 3,644	\$ 5,300	Aumenta	A mayor costo por kilovatio pagado a la EPE, mayor es el ahorro que se genera por el costo de oportunidad de dejar de pagarlo a la red por generarlo con la central de biomasa.
Horas Mensuales Mano de Obra por Persona	Pert	170	176	180	Disminuye	A mayor horas de personal atendiendo la central de biomasa, mayores son los gastos de mano de obra y menores son los flujos netos y con ello, menor es el VAN.
% de Gastos de Mantenimiento según Kw Totales Generados	Triangular	2%	3%	5%	Disminuye	A mayor % se gastos de mantenimiento que demande la central, menores serán los flujos de fondos netos y con ello, menor será el VAN.
Vida Útil Anual de la Inversión	Pert	10	15	20	Disminuye	A mayor vida útil de la inversión, menor es la cuota de amortización anual impositiva, con lo que mayor es el efecto del impuesto a las ganancias por deducir una menor amortización. Con ello, al aumentar el impuesto a las ganancias, aumentan los flujos de egresos y con ello se reducen los flujos de fondos netos, lo que hace que el VAN se reduzca.
Valor de la Inversión	Triangular	\$ 15.000.000	\$ 17.133.492	\$ 19.500.000	Disminuye	A mayor valor de la inversión, más difícil le es a los flujos de fondos futuros descontados cubrir el valor de la inversión para igualarlo y superarlo atento a la tasa de rendimiento requerida al proyecto.
El precio de venta en el mercado al fin de la vida útil del proyecto es del	Triangular	25%	35%	45%	Aumenta	Con el supuesto de que el valor de mercado al fin de la vida útil del proyecto es un % del precio de la inversión inicial, a mayor sea el %, mayor será su valor de venta en el mercado y mayor será su valor residual recuperable al fin de la inversión.

Fuente: Propia

4.13.2. Variables de salida para la simulación

Las variables de salida por excelencia a estudiar por el método de Simulación de Monte Carlo son, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), por ser considerados los criterios más relevantes para el análisis de la viabilidad de proyectos de inversión.

4.13.3. Resultados de la simulación

4.13.3.1 Análisis de utilizar @Risk sobre el VAN

Haciendo uso del programa @Risk sobre la planilla de Excel definida como base para el armado del flujo de fondo, utilizando cada una de las variables de entrada definidas, atento a la tasa de rendimiento requerida propuesta, y haciendo correr unas 100.000 iteraciones, es que surge como resultado la siguiente información, expresada en la **Figura 29** la que representa la gráfica de la distribución de probabilidad que se ha formado sobre la variables de salida VAN al correr las iteraciones sobre las de entrada definidas propiamente para el presente proyecto.

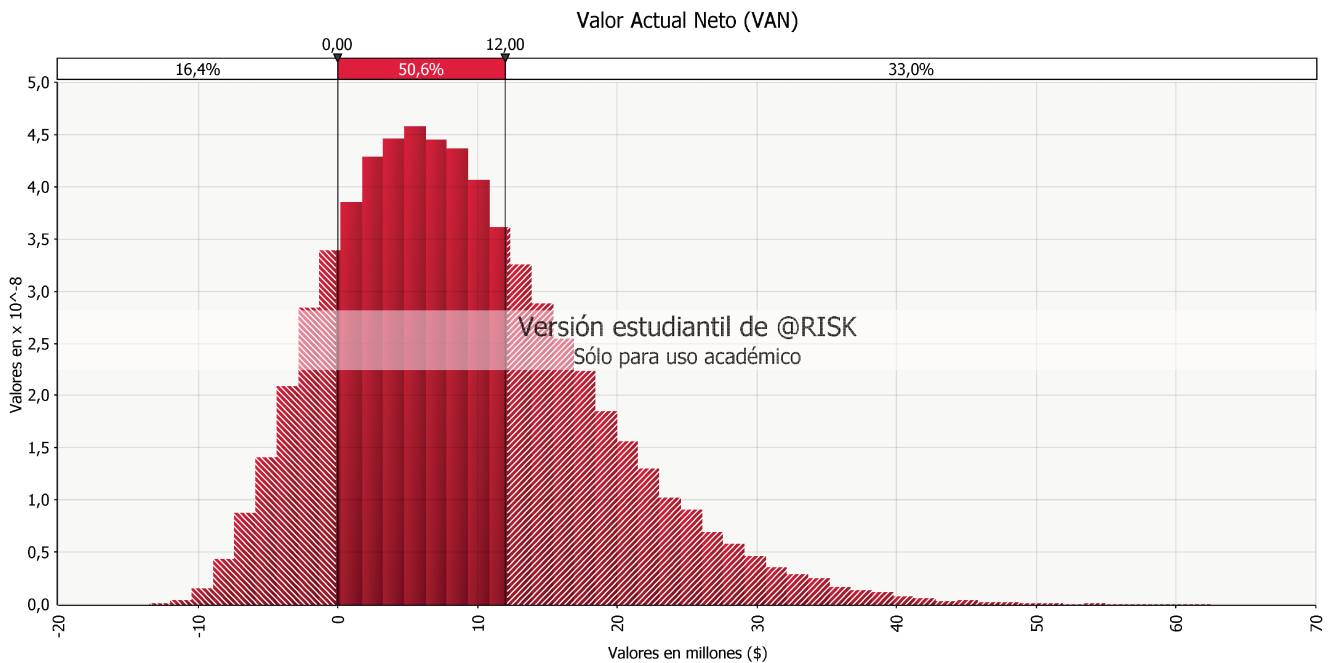


Figura 29. VAN como variable de salida de @Risk. Distribución de probabilidad del VAN

Fuente: @Risk

Se puede observar que la probabilidad de que el VAN sea positivo, es decir, mayor que cero, es del 83,6%, y que la probabilidad de que el VAN sea negativo es del 16,4%, lo que se observa en la gráfica de la **Figura 29**. Así mismo, existe un 50,6% de probabilidad

de que el VAN sea mayor a cero y hasta 12 millones de pesos, siendo, en el mejor de los casos, que en un 33% de probabilidad, el VAN puede llegar a ser mayor que 12 millones de pesos, hasta un máximo de \$62.557.427, el cual se puede observar en la **Tabla N° 37** que expone los estadísticos resumen para la variable de salida VAN.

Observando la gráfica, y haciendo el ejercicio de solo considerar la línea en la cual el VAN es cero, se puede observar si su cuerpo se encuentra centrado, desplazado hacia la izquierda, o desplazado hacia la derecha. Es de deducción visual, que la misma se encuentra un poco más orientada hacia la derecha del cero, hacia los números positivos. Esto, en particular indicaría que en una mayor probabilidad, el VAN, que en este caso es nuestra variable de estudio, como variable de salida, tiene más probabilidades de ser positivo, y por lo tanto, el proyecto se presenta como menos riesgoso. Contrario sería un desplazamiento más sobre la izquierda del cero, lo que para el análisis del VAN, representaría un proyecto más riesgoso. En el presente caso, es más fácil orientar la decisión a valores positivos del VAN y a suponer con ello un menor riesgo dada la gráfica formada. Distinta sería la decisión en aquellos casos en los cuales la gráfica se centra casi proporcionalmente igual para la izquierda que para la derecha, lo cual dividiría las probabilidades próximas al 50% de VAN positivo y al 50% de VAN negativo. Pero más allá de estas formas de interpretar las presentes gráficas, para el caso particular dado es visible un desplazamiento más acentuado hacia la derecha de la línea imaginaria del VAN igual a cero. Cabe destacar que el *valor medio* que resulta del VAN como variable de salida luego de las iteraciones es de \$8.976.155, lo cual se puede observar en la **Tabla N° 37** expuesta a continuación.

Tabla N° 37: Estadísticos resumen para VAN

Estadísticos resumen para Valor Actual Neto (VAN)			
Estadísticos	Percentil		
Mínimo	-\$ 13.493.222	5%	-\$ 4.058.494
Máximo	\$ 62.557.427	10%	-\$ 1.937.284
Media	\$ 8.976.155	15%	-\$ 399.619
Desvío Estándar	\$ 9.302.050	20%	\$ 971.416
Varianza	8,65281	25%	\$ 2.208.106
Índice de sesgo	0,736973847	30%	\$ 3.366.060
Curtosis	3,684104035	35%	\$ 4.499.015
Mediana	\$ 7.809.754	40%	\$ 5.582.437
Moda	\$ 4.814.282	45%	\$ 6.674.090

Fuente: @Risk

La **Tabla N° 37**, muestra los valores máximos y mínimos que el desarrollo del VAN ha tomado a la hora de ser sometido a las 100.000 iteraciones solicitadas al programa. Matemáticamente, la misma interpretación del peso o inclinación de la gráfica, desde el cero a su derecha y a su izquierda, se puede deducir por el hecho de que el máximo número positivo que tomaría es de unos 62 millones y el mínimo número que alcanzaría es de unos -13,4 millones. Se tiene entonces que 62 millones positivos es unas cuatro veces y media mayor que su negativo.

La **Figura 30**, es un histograma o gráfico acumulado, y representa una nueva distribución de probabilidad del VAN generada por el @Risk, en el cual se observa el rango de los posibles valores que en este caso puede tomar el VAN, asociado a su probabilidad relativa de que se produzca el mismo. De esta forma, se observa que hay un 80,2% de probabilidad relativa de que el VAN sea mayor que cero y su resultado llegue hasta unos 28,5 millones de pesos.

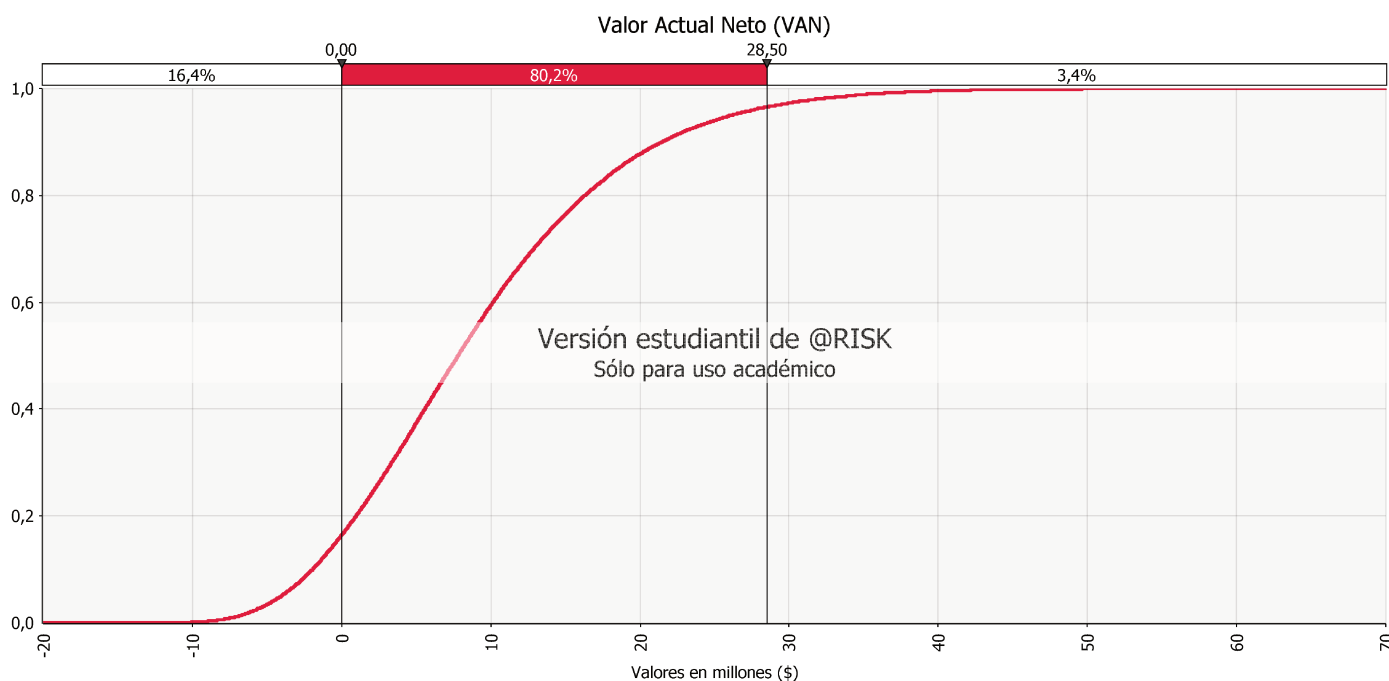


Figura 30. Histograma o gráfico acumulado del VAN

Fuente: @Risk

En la **Figura 31**, se representa un tipo de gráfico especial, denominado gráfico de tornado, en el cual, se hace un análisis de sensibilidad de una variable de salida, respecto al comportamiento de las variables de entrada más relevantes y ordenadas en forma descendente, desde aquellas que tienen un mayor efecto (o sensibilidad) al variar, sobre la variable de salida, hasta aquellas de menor efecto pero que han sido seleccionadas dentro de las más importantes por su influencia sobre la variable de salida bajo estudio, la

que en el caso particular analizado es el VAN. De esta forma, el @Risk, ha identificado unas diez variables relevantes que generan una mayor sensibilidad en el VAN, siendo que sobre el mismo se han establecido como base no menos que unas 19 variables, las que se explicaron, desarrollaron y expusieron en la **Tabla N° 36**.

Aquellas variables de entrada que mayor impacto tienen sobre la variable de salida seleccionada, son las que en la gráfica cuentan con una mayor “barra”, en la cual, se escriben sus valores máximos y mínimos que la variable de salida toma como consecuencia del efecto de los cambios ocurridos sobre las variables de entrada entre sus valores mínimos y máximos previamente propuestos y definidos.

De esta forma, se observa que la variable de entrada: “Turnos por día de Producción del Molino”, es la variable más sensible sobre el resultado del VAN, siendo sus casos extremos, tales que, cuando se posiciona en su valor mínimo (1 turno por día) el VAN cae hasta unos -\$1.168.678,96 y en el caso en el que la variable toma su máximo valor (3 turnos por día), el VAN llega a los \$19.107.133,32.

Observando detenidamente el gráfico de tornado, y entrando al análisis de cada “barra”, o variable relevante sensible de entrada, se encuentra también, con que el resto de las variables identificadas como sensibles, en sus casos extremos, no hacen que el VAN pase de positivo a negativo. Es decir, que solo la variable turnos por día, es la que torna al VAN en negativo. Esto es debido a que el modelo desarrollado de flujo de fondos tiene el supuesto de que, a más turnos de trabajo sobre el molino arrocero, mayor será el arroz cáscara ingresado a molienda, aumentará la cáscara de arroz producida y la biomasa generada y con ello, atado al supuesto de que toda la cáscara generada se ha de usar como combustible para generar energía, será más rentable el presente proyecto. Quizás, es de suponer, el caso en que la disponibilidad de arroz cáscara no sea tan ilimitada, sujeta a la posibilidad de no disponer de más turnos de elaboración por el efecto del esfuerzo económico que implica comprar o producir dicha materia prima tan fundamental para la vida de un molino arrocero. Pero en este caso, más real que de manual, podría pensarse en formarse un nuevo supuesto de base, y es que si bien puede llegar a darse la no existencia de un elevado stock de arroz cáscara disponible para procesar, no generándose la biomasa suficiente, se puede llegar a mitigar esta situación mediante la compra de la cáscara (biomasa) faltante a otros molinos arroceros de la zona.

Siguiendo con el análisis del gráfico, se puede ver que la *línea de base*, es decir la línea media en la cual la gráfica posiciona su centro de análisis, está dada por el valor medio (o promedio) que toma la variable de salida analizada, la cual en este caso es el

VAN. Así, se puede leer, que la línea de base es igual a \$8.976.155, valor éste, definido como el promedio resultante luego de las 100.000 iteraciones corridas por el @Risk.

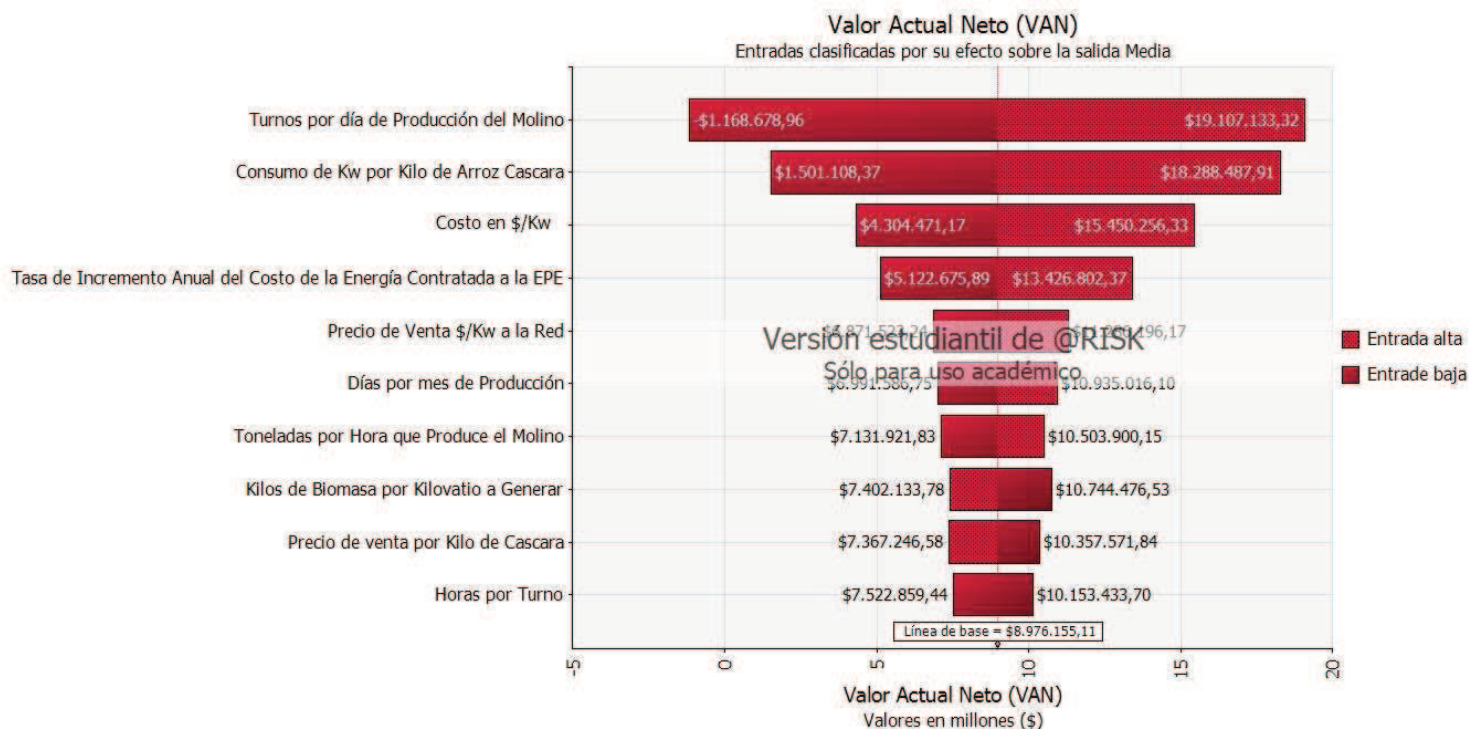


Figura 31. Gráfico de tornado para la variable VAN

Fuente: @Risk

La **Tabla N° 38** resume los cambios que se producen en la variable de salida VAN, atento a aquellas variables identificadas como las más sensibles por el @Risk y representadas por el gráfico de tornado. Se observa el valor que tomaría el VAN ante cambios extremos en las variables de entrada al tomar sus valores mínimos y máximos antes definidos.

Tabla N° 38: Cambio en la estadística de salida de VAN
Cambio en la estadística de salida de Valor Actual Neto (VAN)

Jerarquía	Nombre	Inferior	Superior
1	Turnos por día de Producción del Molino	-\$ 1.168.679	\$ 19.107.133
2	Consumo de Kw por Kilo de Arroz Cáscara	\$ 1.501.108	\$ 18.288.488
3	Costo en \$/Kw	\$ 4.304.471	\$ 15.450.256
4	Tasa de Incremento Anual del Costo de la Energía Contratada a la EPE	\$ 5.122.676	\$ 13.426.802
5	Precio de Venta \$/Kw a la Red	\$ 6.871.523	\$ 11.286.196
6	Días por mes de Producción	\$ 6.991.587	\$ 10.935.016
7	Toneladas por Hora que Produce el Molino	\$ 7.131.922	\$ 10.503.900
8	Kilos de Biomasa por Kilovatio a Generar	\$ 7.402.134	\$ 10.744.477
9	Precio de venta por Kilo de Cáscara	\$ 7.367.247	\$ 10.357.572
10	Horas por Turno	\$ 7.522.859	\$ 10.153.434

Fuente: @Risk

4.13.3.2. Análisis de utilizar @Risk sobre la TIR

Luego de hacer correr unas 100.000 iteraciones con el @Risk, y proceder a visualizar los efectos que producen esos cambios simultáneos y aleatorios sobre las variables de entrada, es que se puede comprobar los sucesos que se corresponden contra las variables de salida, siendo para el caso en particular ahora analizado, la variable tasa interna de retorno (TIR), la elegida para observar.

Así, el @Risk avanza en el armado de una distribución de probabilidad de la variable de salida TIR, la cual genera la siguiente figura gráfica.

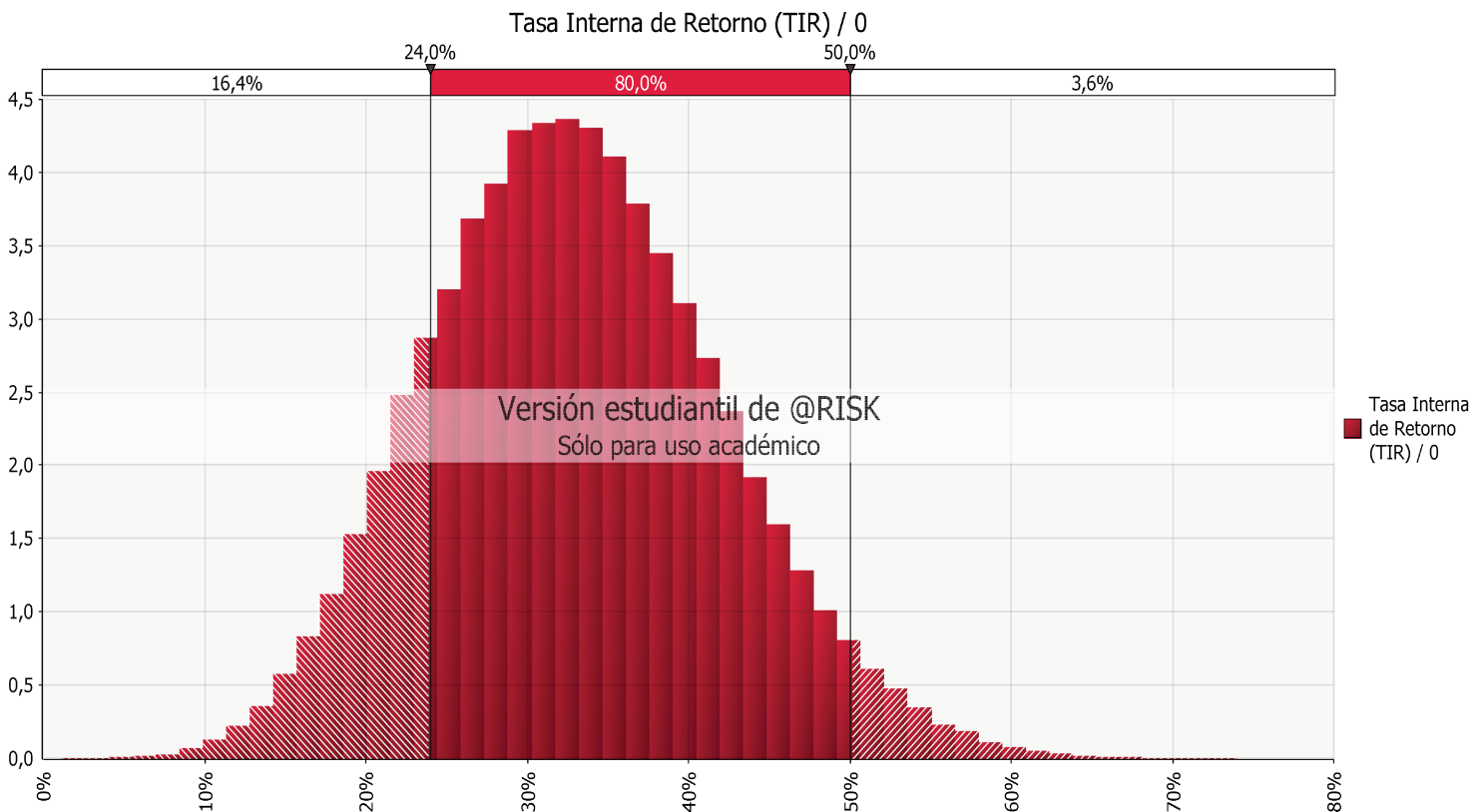


Figura 32. TIR como variable de salida de @Risk. Distribución de probabilidad de la TIR

Fuente: @Risk

Se puede observar que la gráfica se encuentra sobre los valores positivos de la variable, esto indica que la TIR, para el presente proyecto, al cambiar sus variables influyentes de entrada, va generándose y resultando siempre entre valores mayores a cero. No obstante, que la TIR sea positiva, no implica necesariamente la aceptabilidad del proyecto, pero ya es un buen indicio de su tendencia a la aceptación.

Continuando con el análisis, y atento al criterio de aceptación de proyectos de inversión por análisis de su TIR, vemos que al compararla contra la tasa de rendimiento requerida al capital ($TRR = K$) se define la línea visual sobre la TIR al mismo valor que la TRR, la cual, para el presente proyecto, es del 24% anual, y gráficamente se observa que

hay un 16,4% de probabilidad de que la TIR sea menor que la TRR y por el contrario, existe un 83,6% de probabilidad de que la TIR sea mayor. Dado que el criterio de aceptación de proyectos de inversión al interpretar la TIR, indica que el mismo es aceptable en los casos en los que la TIR sea mayor que la TRR, entonces, existe un 83,6% de probabilidad de que el proyecto sea viable según el resultado del presente modelo. Por su parte, si definimos un intervalo de confianza del 80% de probabilidad, la TIR se encontrara situada entre un 24% y un 50%, lo cual, para el caso, indicaría una orientación hacia la aceptabilidad del presente proyecto.

La **Tabla N° 39** expone los estadísticos resumen que arroja el @Risk para la TIR. En la misma, se observa que el valor mínimo que toma es del 1,14% y que su máximo es del 74%, en su opción más óptima del proyecto al combinarse las 100.000 iteraciones. Por su parte, la media o promedio de la TIR estaría en un 32,97% y la moda, que es el número que con más frecuencia se generó al correr el modelo, estaría en un 31,6%.

Tabla N° 39: Estadísticos resumen para tasa interna de retorno (TIR)

Estadísticos resumen para Tasa Interna de Retorno (TIR)			
Estadísticos		Percentil	
Mínimo	1,14%	5%	18,71%
Máximo	74,00%	10%	21,55%
Media	32,97%	15%	23,51%
Desvío Estándar	9,05%	20%	25,18%
Varianza	0,00819	25%	26,63%
Índice de sesgo	0,220586	30%	27,94%
Curtosis	2,941408	35%	29,17%
Mediana	32,64%	40%	30,34%
Moda	31,60%	45%	31,50%

Fuente: @Risk

Continuando con el análisis del histograma, representado gráficamente mediante la **Figura 33**, se observa que existe una probabilidad del 80% de que la TIR se encuentre entre un 24% y un 50% de sus valores.

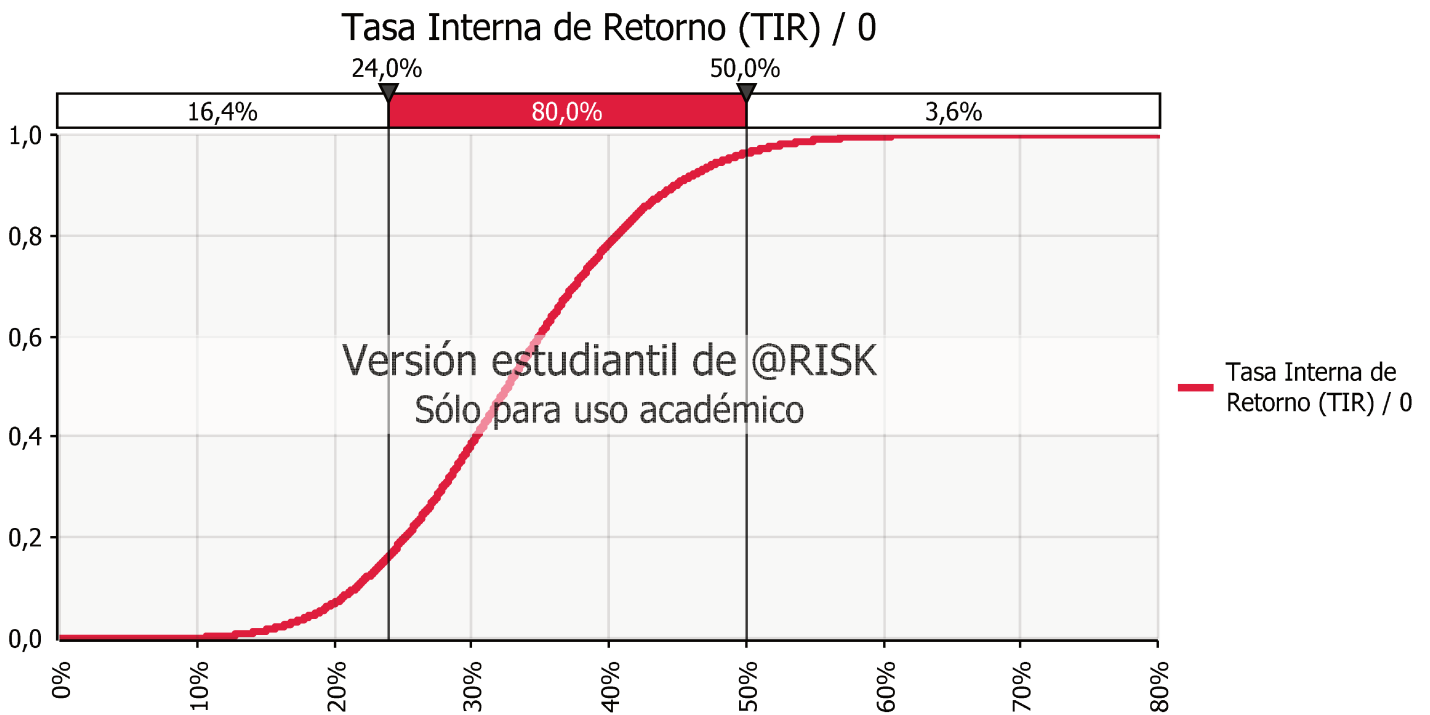


Figura 33. Histograma o gráfico acumulado de la TIR

Fuente: @Risk

El gráfico de tornado, representado en la **Figura 34**, demuestra el comportamiento que sobre la variable de salida elegida (TIR) tienen las variables de entrada definidas, pero atento a una jerarquía ordenada desde mayor a menor sensibilidad o efecto que sobre la TIR tiene cada una de las variables sensibles relevantes. Así, se observa que los “*Turnos por día de producción del molino*” vuelve a ser la variable que se presenta como la más sensible sobre la TIR, al igual que lo fue sobre el VAN. En este caso particular, cuando los turnos por día bajan a uno, la TIR llega a ser del 22,045%, lo cual es menor al 24% definido como tasa de corte y en ese caso, el proyecto se torna no viable por el criterio de aceptación de la TIR. En su caso extremo, cuando se pasa a 3 turnos por día, la TIR llega al 42,805%, lo cual lo hace positivamente viable.

Su línea de base, la que se asimila al valor medio o promedio que tomaría la variable, está dada en 32,973%.

El resto de las variables de entrada, que afectan la sensibilidad de la TIR, tienen en su menor expresión, un posicionamiento de la TIR dado por porcentajes que son mayores a la tasa de corte definida, lo cual acentúa la orientación hacia la aceptación del proyecto.

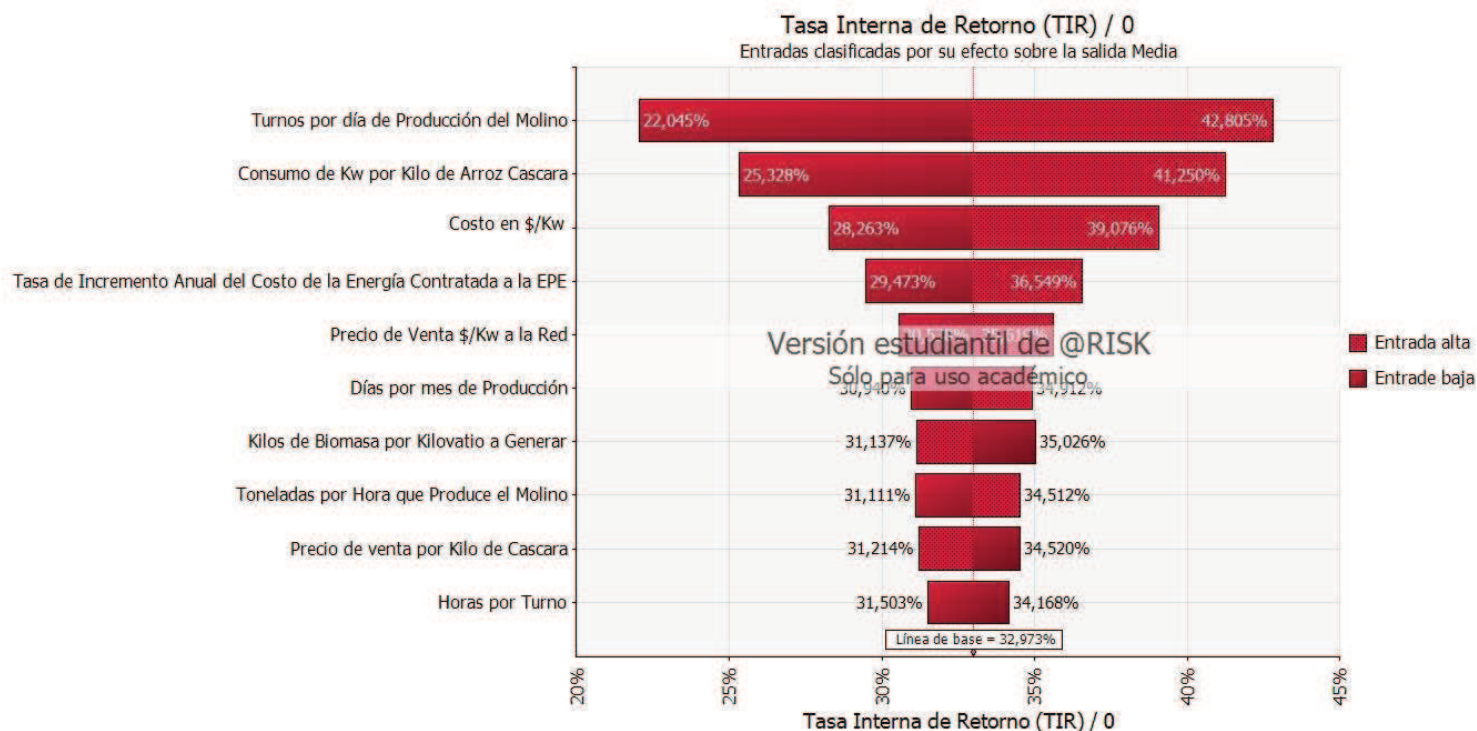


Figura 34. Gráfico de tornado para la variable TIR

Fuente: @Risk

La **Tabla N° 40**, resume los diez casos más relevantes del análisis de sensibilidad desarrollado en el gráfico de tornado, jerarquizando las variables y definiendo los valores superiores e inferiores que la TIR toma, como consecuencia de cambios expresados en cada variable de entrada definida.

Tabla N° 40: Cambio en la estadística de salida de la TIR

Cambio en la estadística de salida de Tasa Interna de Retorno (TIR)			
Jerarquía	Nombre	Inferior	Superior
1	Turnos por día de Producción del Molino	22,04%	42,81%
2	Consumo de Kw por Kilo de Arroz Cáscara	25,33%	41,25%
3	Costo en \$/Kw	28,26%	39,08%
4	Tasa de Incremento Anual del Costo de la Energía Contratada a la EPE	29,47%	36,55%
5	Precio de Venta \$/Kw a la Red	30,54%	35,62%
6	Días por mes de Producción	30,94%	34,91%
7	Kilos de Biomasa por Kilovatio a Generar	31,14%	35,03%
8	Toneladas por Hora que Produce el Molino	31,11%	34,51%
9	Precio de venta por Kilo de Cáscara	31,21%	34,52%
10	Horas por Turno	31,50%	34,17%

Fuente: @Risk

5. Capítulo 5. Conclusiones

Con el objeto de revalorizar los subproductos provenientes del proceso productivo de la molinería de arroz mediante la utilización de la cáscara de arroz como fuente de energía biomásica capaz de generar energía eléctrica al ser la materia prima de la combustión en una central de generación de energía, es que se genera la inquietud en los Directivos de la empresa Tahin S.A. de evaluar los aspectos generales de la decisión de inversión en una central termoeléctrica de biomasa para generar energía eléctrica con el objeto de abastecer el proceso productivo del molino y con los excedentes, poder venderla inyectándola a la red. De esta forma se avanza en el estudio de los pasos necesarios para evaluar un proyecto de inversión y se desarrolla una investigación aplicada con el fin de identificar conocimientos, técnicas y procesos que den sustento teórico, legal y técnico a la propuesta a estudiar.

La cáscara de arroz, subproducto generado por la molinería de arroz, exponente asimilable al concepto de biomasa residual, originada en una agroindustria, es el elemento central que hace posible el análisis del desarrollo de la idea de la evaluación del proyecto, ayudado por un contexto en el cual se dan aumentos constantes en el costo de la tarifa energética por un lado, y por otro, con un mercado de compradores de cáscara de arroz que no alcanza a absorber ni los volúmenes ni los aumentos de precios necesarios para ser rentable.

Tomando como base una relación de conversión energética, mediante la cual, con 1,5 kilos de cáscara de arroz se genera 1 kilovatio, y supuesto de disponer de unos 6 millones de kilos de biomasa promedio anual, se podrían generar 4 millones de kilovatios por año. Si el molino arrocero y la central termoeléctrica consumen en su conjunto 1 millón de kilovatios año, entonces se contaría con aproximadamente unos 3 millones de kilovatios año destinados para su inyección por venta a la red. Para ello, se ha presupuestado realizar una inversión en una central de biomasa capaz de generar unos 450 kilovatios por hora, valuada en 17 millones de pesos, la que evaluada mediante las técnicas proporcionadas por las finanzas modernas, mediante la programación de un flujo de fondos futuro proyectado descontado, utilizando una tasa de rendimiento requerida del 24% anual y sometiendo el proyecto a 10 años, genera un *Valor Actual Neto (VAN)* de 2,5 millones de pesos y una *Tasa Interna de Retorno de la Inversión (TIR)* del 27% anual. Estos indicadores financieros, usados como criterios para evaluar la toma de decisión de inversión, sumados al período de recupero (sin descontar), que arroja como resultado casi 5 años, son los que orientarían la decisión hacia la aceptación del presente proyecto propuesto. No siendo suficiente los indicadores estáticos proyectados y basado en la técnica de *Simulación de Monte Carlo*, se procedió a evaluar el riesgo asociado a la inversión atento a modelizar qué

ocurriría con el VAN y la TIR ante unos cien mil cambios simultáneos, aleatorios y combinados producidos en las variables más relevantes que definen los pilares sobre los cuales se planteó la proyección. Como resultado de ello, el modelo propuesto arrojó una probabilidad del 83% de que el VAN sea positivo y con ello, la aceptación del criterio de evaluación propuesto. Por su parte, en relación a la TIR, el desarrollo propuesto dio como resultado que existiría un 83% de probabilidad de que la misma fuera mayor que la tasa de rendimiento requerida al proyecto, lo que orientaría la decisión a la aceptabilidad del mismo por medio del criterio de la TIR.

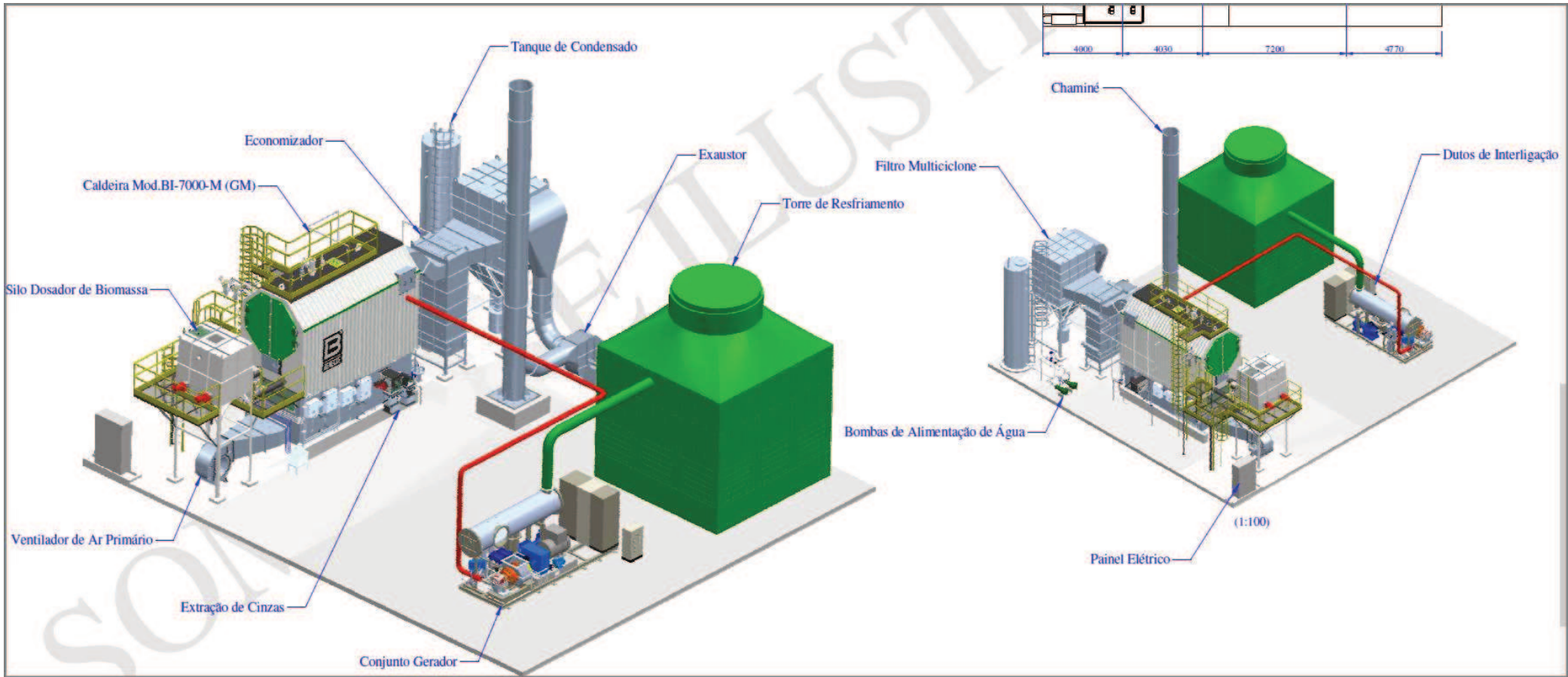
Por todo lo expuesto, se recomienda a los Directivos de la Empresa Tahin S.A., invertir en una Central Termoeléctrica de Biomasa capaz de utilizar cáscara de arroz en su proceso de combustión para generar energía eléctrica.

Bibliografía

- Cerini, M, O. Quiroga y M.R. Sánchez Rossi (2017). Revalorización de los Recursos Biomásicos de una Pyme para la Generación de Energía Eléctrica. XXII Reunión Red Pymes, Montevideo, 4-6 Octubre de 2017.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest Products Division. Forestry Department (1995). Caso de Estudio: Autoproducción de Electricidad a Partir de Residuos de Madera y Leña en la República Argentina.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forestry Economics and Policy Division. Forestry Department (2009). Análisis del Balance de Energía Derivada de Biomasa en Argentina - WISDOM Argentina.
- García Garrido, S. (2016). Centrales termoeléctricas de biomasa. Madrid: Renovetec.
- Hack, A. (2008). Almacenamiento de granos. Aireación y secado. Rosario: Agrimedia.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (2005). Manual de Oslo. Guía para la Recogida e Interpretación de Datos sobre Innovación. Tercera Edición. Paris, Francia.
- Orillé Fernández, A.L. (1997). Centrales Eléctricas I. Introducción al Sector Eléctrico y al Sistema de Energía Eléctrica. Centrales Térmicas.
- Pascale, R. (2009). Decisiones financieras. Buenos Aires: Prentice Hall – Pearson Education.
- Prada, A., C.E. Cortés (2010). La Descomposición Térmica de la Cascarilla de Arroz: una Alternativa de Aprovechamiento Integral. Revista Orinoquia. Vol. 14, N°2, 155–170.
- Rearte, M, Abdelhamid S., Martínez Pulido G., Risso, Marcos. (2016). Valorización de recursos biomásicos. Introducción a la gasificación de biomasa en sistemas downdraft. Tucumán: INTI.
- Sabino, C. (1994). Cómo hacer una tesis. Caracas: Panapo.
- Villarini, M., E. Bocci, A. Di Carlo, E. Savuto, V. Pallozzi (2015). The Case Study of an Innovative Small Scale Biomass Waste Gasification Heat and Power Plant Contextualized in a Farm. Energy Procedia. Vol. 82, 335-342.
- Volberda, H.W., Van Den Bosch, F.A.J., Cornelis, V.H. (2013). Management Innovation: Management as Fertile Ground for Innovation. European Management Review, Vol. 10, 1–15.
- http://es.made-in-china.com/co_lvhuanpower/product_10kw-5MW-Wood-Gas-Gasifier-Syngas-Electric-Power-Biomass-Gas-Generator_honiruiuey.html

- http://es.made-in-china.com/co_huanhaimachinery/product_200kw-400kw-800kw-1MW-Wood-Chips-Biomass-Gasifier-Power-Plant_ersuigneg.html
- http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_energias_renovables_las_oportunidades_de_argent.pdf
- Ley Nacional número 26.190. Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Objeto. Alcance. Ámbito de aplicación. Autoridad de aplicación. Políticas. Régimen de inversiones. Beneficiarios. Beneficios. Sanciones. Fondo Fiduciario de Energías Renovables.
- Ley Nacional número 27.191. Modificación a la Ley 26.190.
- Ley Nacional número 27.424. Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública.
- Decreto 986/2018. Reglamentario de la Ley Nacional 27.424.
- Resolución 281 – E/2017 del Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina. Régimen del Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable. Aprobación.
- Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (EPE). Centro de Capacitación Santa Fe. Curso Ingresantes. Módulos 1, 2 y 3. Gerencia de Recursos Humanos.
- Convenio Colectivo de Trabajo (CCT) número 294/94.
- Resolución 1075/94 de la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Anexo: Plano y esquema de una Central Termoeléctrica de Biomasa



Fuente: BENECKE & IRMAOS LTDA de Brasil a través de Pró-Terra.

Índice de tablas

Tabla N° 1: Esquema biomásico solar como fuente de energía renovable y tipos de biomasas	16
Tabla N° 2: Proceso de ingreso de arroz húmedo y sucio en cosecha a seco y limpio	29
Tabla N° 3: Estándar de producción para molinería de arroz	34
Tabla N° 4: Desarrollo de productos y subproductos de una tonelada de arroz cáscara	34
Tabla N° 5: Desarrollo de productos y subproductos de producción anual de Tahin S.A.	35
Tabla N° 6: Diferencia de rendimientos en la obtención de cáscara de arroz	35
Tabla N° 7: Cáscara de arroz anual con destino a biomasa	35
Tabla N° 8: Metros cúbicos de un contenedor de 20 pies	36
Tabla N° 9: Evolución de las tarifas de la Empresa provincial de la energía (EPE) de la provincia de Santa Fe	58
Tabla N° 10: Evolución del consumo energético desde enero de 2014 a agosto de 2018	60
Tabla N° 11. Kilovatios consumidos mensuales y anuales. Máximos, promedios y mínimos entre el 2014 y agosto de 2018	62
Tabla N° 12: Evolución de kilovatios consumidos mensuales y anuales por cada kilo de arroz cáscara ingresado a producción	64
Tabla N° 13: Kilovatios anuales consumidos versus producción anual de arroz a molienda	65
Tabla N° 14: Costo total por kilovatio consumido por mes en cada año para llegar a promedios anuales	66
Tabla N° 15: Porcentaje de Incremento anual y acumulado del costo total anual en \$/Kw consumido	66
Tabla N° 16: Estimación de la capacidad de generación de energía eléctrica a partir de la cáscara de arroz	67
Tabla N° 17: Estimación de la capacidad de generación de energía calórica a partir de la cáscara de arroz	68
Tabla N° 18: % De rendimiento total de la Central Termoeléctrica en función de las estimaciones de la capacidad de generación de energía calórica y capacidad de generación de energía eléctrica teórica	68
Tabla N° 19: Rendimiento individual y Conjunto de Equipos	69
Tabla N° 20: Consumo de energía eléctrica total en el mes de máxima: Marzo 2018	70
Tabla N° 21: Molienda anual de arroz cáscara. Ingresos por cosecha. Disponibilidad anual de Biomasa (Cáscara de arroz)	72
Tabla N° 22: Generación de energía eléctrica y rendimientos energéticos anuales proyectados	73
Tabla N° 23: Consumo energético del proceso productivo del molino y de la central termoeléctrica. Definición de energía disponible para la venta	74
Tabla N° 24: La inversión. Modelos y capacidades	76
Tabla N° 25: Ingresos de fondo	79
Tabla N° 26: Costo de mano de obra de un año base	81
Tabla N° 27: Gastos de mantenimiento de un año base	82
Tabla N° 28: Cuotas de amortización	82
Tabla N° 29: Costo de la biomasa como combustible	83

Tabla N° 30: Egresos de fondo de un año base	84
Tabla N° 31: Valor residual de la inversión al fin de la vida útil del proyecto	85
Tabla N° 32: Estado de resultados proyectado de un año base	86
Tabla N° 33: Flujo de fondos	89
Tabla N° 34: Período de recupero de la inversión	92
Tabla N° 35: Período de recupero descontado de la inversión	92
Tabla N° 36: Variables de entrada para simulación de Monte Carlo	95
Tabla N° 37: Estadísticos resumen para VAN	97
Tabla N° 38: Cambio en la estadística de salida de VAN	100
Tabla N° 39: Estadísticos resumen para tasa interna de retorno (TIR)	102
Tabla N° 40: Cambio en la estadística de salida de la TIR	104

Índice de figuras	
Figura 1. Silos metálicos	18
Figura 2. Silos de hormigón	18
Figura 3. Silo celda	19
Figura 4. Silo celda por dentro	20
Figura 5. Silo de chapa aéreo	21
Figura 6. Silo de chapara aéreo. Vista de frente	22
Figura 7. Silos bolsa	23
Figura 8. Almacenamiento de biomasa a la intemperie	24
Figura 9. Calorímetro	25
Figura 10. Cáscara de arroz	27
Figura 11. Cultivo de arroz en chacra	28
Figura 12. Arroz cáscara seco y limpio	29
Figura 13. Planta de acopio y secado de granos	30
Figura 14. Pre-limpieza de arroz cáscara	30
Figura 15. Peladora	31
Figura 16. Separadora gravimétrica (mesa paddy)	31
Figura 17. Bruñidor blanqueador	32
Figura 18. Pulidor	32
Figura 19. Clasificadora por tamaño (plansifter)	33
Figura 20. Molino arrocero	33
Figura 21. Pila de contenedores	37
Figura 22. Caldera de vapor acuotubular para biomasa	40
Figura 23. Elementos componentes de una caldera de vapor acuotubular	41
Figura 24. Ciclón separador de partículas	42
Figura 25. Ceniza de cáscara de arroz	43
Figura 26. Turbina de vapor	45
Figura 27. Tanque de agua de alimentación con desgasificador	46
Figura 28. Generador eléctrico	47
Figura 29. VAN como variable de salida de @Risk. Distribución de probabilidad del VAN	96
Figura 30. Histograma o gráfico acumulado del VAN	98
Figura 31. Gráfico de tornado para la variable VAN	100
Figura 32. TIR como variable de salida de @Risk. Distribución de probabilidad de la TIR	101
Figura 33. Histograma o gráfico acumulado de la TIR	103
Figura 34. Gráfico de tornado para la variable TIR	104