



Universidad de Cienfuegos
Sede “Carlos Rafael Rodríguez”
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química



TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO



Título: “Introducción tecnológica para el beneficio de granos en la
UEB Acopio de Abreus”

Autora: Ana Estrella Quintas Vergara

Tutor: MSc. Víctor Manuel González Morales

Cienfuegos, 2017

Pensamiento



“La tierra produce sin cesar... si los que en ella viven quieren librarse de miseria, cultívenla de modo que en todas las épocas produzca más de lo necesario para vivir: así se basta lo imprescindible, se previene lo fortuito, y, cuando lo fortuito no viene se comienza el ahorro productivo que desarrolla la verdadera riqueza”.

José Martí

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Diploma a mi padre, que siempre me ha apoyado incondicionalmente en la parte moral y económica, para poder llegar a ser una profesional, por enseñarme a ser quien soy, por estar a mi lado y aconsejarme siempre, pues él sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación y en él tengo el espejo en el cuál me quiero reflejar. Sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlo cada día más.

Agradecimientos

A mis padres Estrella de las Nieves y Carlos Jesús por haberme dado la vida y la posibilidad de realizar mis sueños y sobre todo por apoyarme en mis decisiones.

A mi tutor Víctor Manuel González Morales por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haber tenido la paciencia para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

A mi esposo Yulier Jiménez, por haberme apoyado incondicionalmente en esta etapa definitoria de mi vida.

A mis suegros Antonio y Fe Esperanza por ayudarme a realizar este proyecto.

A mi hermano Alejandro, por ser una parte importante en mi vida.

A las compañeras Iliana Hurtado Arruebarrena, Anabel Álvarez Sarriás y Yasledy Castellanos Bouza de la Empresa de Proyectos de Ingeniería (ENPA) de Cienfuegos por ayudarme en la obtención de los datos necesarios para la realización de esta investigación.

A todos, Muchas Gracias

Resumen

El presente trabajo de diploma se corresponde a una investigación solicitada por la UEB Acopio del municipio de Abreus, que tiene como objetivo realizar el estudio del proceso de beneficio de granos; producto altamente demandado en el mercado nacional e internacional y que representa una alternativa prometedora para la diversificación de la industria agropecuaria cubana. Para la realización del mismo se desplegó un análisis inversionista para buscar las nuevas tecnologías a implementar y demostrar la necesidad y factibilidad de una inversión de este tipo en ese municipio. Como resultado principal de la investigación se definió que la tecnología más adecuada para el beneficio de la producción y comercialización de granos es la que se corresponde a Girasol Overseas, la cual se propuso introducir en la entidad inversionista. Seguidamente se realizó una selección preliminar del equipamiento a utilizar, se desarrollaron los balances de masas y energía para conocer el comportamiento de las corrientes del proceso y se presentó la forma de solicitud de oferta para los posibles importadores del equipamiento. Finalmente se elaboró la pre-factibilidad económica en condiciones óptimas, donde se obtuvo que el VAN es de 70 100 340,70 CUP, la TIR es de 41,49 %, la inversión puede ser recuperada en 2,91 años luego de puesta en marcha y el RVAN es de 1,46, lo que demuestra que la implementación del proceso es factible y que aporta grandes ganancias. La propuesta de una planta de beneficio de granos genera un fuerte impacto económico, ambiental y social.

Palabras claves: beneficio de granos, diversificación, inversión, pre-factibilidad económica



Abstract

The present diploma work corresponds to a research requested by the UEB Abreus Municipality, which aims to study the process of benefit of grains; a product highly demanded in the national and international market and represents a promising alternative to the diversification of the Cuban agricultural industry. For the realization of the same one was deployed an investment analysis to look for the new technologies to implement and to demonstrate the necessity and feasibility of an investment of this type in that municipality. The main result of the research was that the most appropriate technology for the benefit of the production and commercialization of grains is the one corresponding to Girasol Overseas, which was proposed to be introduced to the investor entity. Next, a preliminary selection of the equipment to be used was carried out, the mass and energy balances were developed to know the behavior of the process currents and the form of request of offer was presented for the possible importers of the equipment. Finally, the economic pre-feasibility was elaborated under optimum conditions, where it was obtained that the NPV is 70 100 340,70 CUP, the IRR is 41,49 %, the investment can be recovered in 2,91 years after placing in march and the RVAN is 1,46, which shows that the implementation of the process is feasible and brings great profits. The proposal of a grain benefit plant generates a strong economic, environmental and social impact.

Keywords: grain benefit, diversification, investment, pre-economic feasibility

Índice

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
1.1 Beneficio de granos	7
1.2 Utilización de los términos: grano y semilla	7
1.3 Calidad	7
1.4 Etapas del proceso de beneficio.....	9
1.4.1 Recepción	9
1.4.2 Prelimpieza.....	10
1.4.3 Secado	10
1.4.4 Envasado	14
1.4.5 Almacenamiento.....	14
1.4.6 Comercialización.....	16
1.5 Tecnologías y sistemas para el beneficio de los granos.....	17
1.5.1 Panamá	18
1.5.2 Colombia	19
1.5.3 Nicaragua	21
1.5.4 El Salvador	22
1.5.5 Costa Rica	23
1.6 Tendencia cubana sobre la puesta en marcha de plantas de beneficio	25
Conclusiones parciales del Capítulo I.....	28
CAPÍTULO II. PROPUESTA DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE GRANOS	29
2.1 Planta de beneficio.....	29
2.2 Descripción del proceso.....	30
2.3 Balance de masa y energía del proceso.....	42
2.4 Solicitud de oferta	45
Conclusiones parciales del Capítulo II	49
CAPÍTULO III. EVALUACIÓN ECONÓMICA	50
3.1 Cálculo de los Indicadores económicos.....	52
3.2 Costo total del equipamiento	52
3.3 Costo total de la inversión	53

3.4 Estimación del costo de la materia prima, el precio de venta de los productos y el costo de operación de la mano de obra	55
3.5 Estimación del costo de las utilidades	56
3.6 Estimación del Costo Total de Producción anual al 100 % de capacidad	56
3.7 Indicadores dinámicos de rentabilidad	57
3.8 Análisis de riesgo	59
3.9 Consideraciones sobre el impacto ambiental y social de la propuesta	62
3.9.1 Acciones para mitigar los impactos	62
Conclusiones parciales del Capítulo III	65
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

Introducción

INTRODUCCIÓN

"Todos los días hay millones de seres humanos que no pueden saciar su hambre, entre ellos, muchos simplemente no han comido durante el día" (Assennato y Lucia, 2011).

Para muchos países en desarrollo, los cereales y las leguminosas de grano constituyen el elemento esencial del régimen alimentario de las poblaciones, sobre todo los de ingresos más bajos, entre los que se encuentra Cuba. La autosuficiencia alimentaria es todavía un objetivo por alcanzar, no solo se debe a la ineficacia de los sistemas de producción local, sino a otros factores que influyen en alcanzar estos resultados.

El incremento de las pérdidas después de la cosecha limita gravemente el alcance de los esfuerzos realizados para aumentar la producción de alimentos. Al reducirse la disponibilidad local de alimentos, las políticas nacionales tienen que recurrir a importaciones masivas de artículos, aumentando así su dependencia alimentaria. En el caso de Cuba, anualmente importa miles de toneladas de leguminosas para el abastecimiento de la población.

Los gobiernos de los países en desarrollo, así como buen número de Organizaciones no Gubernamentales (ONG), de organismos de cooperación internacional, bilateral y multilateral, y más particularmente la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), están empeñados desde hace varios años en la realización de proyectos encaminados a prevenir las pérdidas alimentarias.

Las experiencias adquiridas en el marco de estas intervenciones han puesto de manifiesto la necesidad no solo de mejorar los procedimientos de producción, sino también de sensibilizar a los productores y a las instituciones interesadas respecto al problema de las pérdidas después de la recolección, para lo cual la tarea más importante es la realización del beneficio de granos (Assennato y Lucia, 2011).

Se entiende por beneficio de granos al conjunto de operaciones al que se someten luego de ser cosechados, con el fin de maximizar la cantidad de ellos puros, con el más alto grado de uniformidad y vigor. Esta actividad se conoce en diversos países de América Latina con otros términos tales como: acondicionamiento, procesamiento, beneficio, limpieza o selección.

Con el fin de uniformizar la nomenclatura y atendiendo a las recomendaciones sobre granos publicado por la Unidad de Semillas del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se decide utilizar el término **beneficio** para indicar las operaciones antes descritas (Dávila, Peske y Aguirre, 1988).

Desde hace mucho tiempo, se ha reconocido que el beneficio de granos es un paso muy importante en el sistema de cualquier programa organizado de producción y se realiza en un complejo agroindustrial especialmente denominado Unidad de Beneficio de Semilla (UBS) y cuyas operaciones se inician luego de la cosecha y termina con el almacenamiento de los mismos hasta que sean distribuidos oportunamente.

Las empresas de granos realizan un conjunto de esfuerzos basados en una serie de principios para lograr la mejor calidad posible a un bajo costo. A continuación, se describen estos principios que son la base de toda empresa que desee beneficiar adecuadamente sus lotes.

1. Máximo porcentaje de grano puro:

Para su venta deben estar secos, limpios, uniformes y libres de materiales indeseables.

2. Pérdida mínima de granos:

Durante las operaciones que se realizan en el beneficio, se deben calibrar adecuadamente los equipos que intervienen en el proceso y se debe supervisar el manejo de los granos para evitar o minimizar las pérdidas.

3. Mantener su calidad:

Se debe mantener la calidad del grano en cada paso del beneficio, eliminando los materiales inertes y aquellos granos que la han perdido a través del proceso.

4. Eficiencia de operación:

Como toda empresa, y en especial la de granos, que puede involucrar mucha mano de obra, debe operarse a niveles óptimos de eficiencia para no incrementar excesivamente los costos directos, a través de la implementación de variados procedimientos que se provean de estadísticas que sirvan para el mejoramiento de los distintos índices de eficiencia vinculados a este proceso productivo.

El propósito del beneficio de granos es obtener de un lote cosechado, el máximo porcentaje de pureza, con el más alto grado de uniformidad y vigor, a un costo razonable.

Para lograr este propósito se debe:

- a) Remover el exceso de humedad.
- b) Remover contaminantes.
- c) Clasificar las semillas.
- d) Proteger las semillas contra plagas y enfermedades.

El proceso de beneficio de granos se realiza en varias etapas, tales como: recepción, prelimpieza, secado, envasado, almacenamiento y comercialización. No todas estas operaciones son necesarias para el beneficio; pues las circunstancias y las condiciones en las que se reciben los granos determinan las operaciones especializadas que se necesitan (Dávila, Peske y Aguirre, 1988).

El secado es la etapa más importante del beneficio, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones de deterioración. Entre muchas definiciones que existen de secado de granos, se considera la más clara y completa la siguiente: "es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua, hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla" (Ciro, 1993a).

La producción de granos en la provincia Cienfuegos se desarrolla en el sector estatal y privado, en las áreas existentes y aptas para granos, en rotación con otros cultivos. La falta de medios de mecanización, químicos, técnica de riego, tecnologías avanzadas de producción y buenas estrategias varietales han incidido en que las demandas no se puedan satisfacer.

Se han realizado tres estudios a nivel de provincia para la producción de granos:

1. Programa de desarrollo del frijol.
2. Programa de desarrollo de soya y maíz.

3. Conversión de Escuelas en Comunidades Agrícolas ("Programa Integral de los Polos Productivos de Granos," 2016).

Justificación del proyecto:

Este proyecto se justifica, pues se necesita aplicar la tecnología más adecuada para el beneficio de la producción y comercialización de granos en el municipio de Abreus, teniendo en cuenta los parámetros industriales y económicos adecuados.

Conveniencia

La unidad, al no contar con una tecnología que mejore los resultados y establezca la solución para un manejo de las variedades a secar, se propone la introducción de una planta de beneficio de granos para obtener mejoras en la calidad del producto y un incremento del rendimiento de la producción en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Acopio de Abreus.

Relevancia social

Tener una planta de beneficio de granos contribuye al aumento de la fuerza laboral en la localidad, a obtener un producto con mayor calidad para el consumo de la población y para la posible exportación en el mercado internacional y hace posible el conocimiento de una nueva tecnología en la región.

Valor metodológico

El trabajo tiene un valor metodológico, ya que permite dejar registrado de diferentes formas los pasos a seguir para el monitoreo del proceso, sirviendo para la introducción tecnológica de esta producción en otros entornos similares.

Viabilidad

El trabajo es viable, considerando que la unidad posee todas las condiciones materiales y humanas para el desarrollo del mismo, con la calidad requerida.

Problema científico:

La manipulación de los granos por medios artesanales no garantiza la estabilidad del nivel de impurezas y humedad requeridas para el almacenamiento y envasado de los mismos, por lo que se requiere de una planta de beneficio de granos en la UEB Acopio de Abreus.

Hipótesis:

Si se introduce una planta para el beneficio de granos, teniendo en cuenta su rendimiento industrial, se pueden lograr mejoras en el secado de los mismos, y con ello aumentar su producción y la comercialización en el municipio de Abreus.

Objetivo general:

Proponer la introducción de una planta para el beneficio de la producción y comercialización de granos en el municipio de Abreus.

Objetivos específicos:

1. Establecer los fundamentos científicos que sustenten los sistemas de beneficio de granos.
2. Determinar la tecnología más adecuada para el beneficio de la producción y comercialización de granos en el municipio.
3. Proponer la introducción de la tecnología en las condiciones del entorno del municipio.
4. Realizar la pre-factibilidad económica, ambiental y social.

Diseño metodológico de la investigación:

La presente investigación está estructurada por resumen, introducción, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones. La bibliografía consultada está reflejada en la investigación y permitió la fundamentación teórica de la misma. Se presentan adicionalmente los anexos que facilitarán la comprensión del trabajo.

El Capítulo I aborda algunos aspectos teóricos del proceso de beneficio de granos y su comportamiento en algunos países del área, incluyendo Cuba.

En el Capítulo II se selecciona la tecnología más adecuada para el beneficio de granos de las ofertas recibidas por las importadoras Cítricos Caribe y Maquimport y se realiza la descripción de la misma para la puesta en marcha en la UEB Acopio de Abreus. Se determina además los balances de masa y energía del proceso y se presenta la solicitud de oferta de los equipos a importar.

En el Capítulo III se realiza la pre-factibilidad económica, ambiental y social del proyecto para demostrar su viabilidad y lograr que el proceso de beneficio de granos sea sostenible.

Se propone además un análisis de sensibilidad para evaluar la factibilidad del proyecto en distintos escenarios.

Las conclusiones dan respuesta a los objetivos específicos de la investigación y validan la hipótesis planteada. Las recomendaciones permiten enfocar la continuidad de estudios y la posibilidad de generalización de la propuesta de mejora.

Capítulo 1

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Beneficio de granos

Por beneficio de granos se entiende el conjunto de operaciones al que se someten luego de ser cosechados, con el fin de maximizar la cantidad de ellos puros, con el más alto grado de uniformidad y vigor. Esta actividad se conoce en diversos países de América Latina con otros términos tales como acondicionamiento, procesamiento, beneficio, limpieza o selección.

Con el fin de uniformizar la nomenclatura y atendiendo a las recomendaciones sobre granos publicado por la Unidad de Semillas del CIAT se decide utilizar el término beneficio para indicar las operaciones antes descritas (Dávila, Peske y Aguirre, 1988).

1.2 Utilización de los términos: grano y semilla

Se utiliza el término de grano cuando se destinan para la alimentación humana y animal, o como materia prima para la industria; mientras que el término de semilla se utiliza para indicar su uso en la siembra, reproducción y multiplicación de la especie o variedad.

Las semillas deben conservar su viabilidad, germinación y vigor hasta el momento en que serán utilizadas, a fin de asegurar el desarrollo de una nueva planta y con ello la producción de más cosechas. Si una semilla pierde o reduce su capacidad para generar una nueva planta, debe ser utilizada solo como grano; siempre y cuando no esté tratada con productos que puedan afectar la salud humana o animal y que no se le hayan desarrollado compuestos tóxicos o alterado sus cualidades alimenticias (Guzmán y Carballo, 2007).

1.3 Calidad

El conocimiento o la determinación de la calidad de los granos está relacionado con el uso final de los mismos. Las exigencias de calidad que demandan las distintas aplicaciones que pueden tener los granos son muy diferentes. Por ejemplo, no es lo mismo la calidad demandada de un grano destinado a semilla que uno reservado para forraje.

Es sabido que los granos reservados para ser empleados como semilla deben ser los de más alta calidad, entendiéndose en este caso su poder germinativo como el índice ideal de su medición. En una escala descendente se ubicarían los destinados al consumo o para

alimentación humana; en un escalón algo más bajo se encuentran algunas industrias procesadoras, como la molienda seca y húmeda, la industria aceitera y otras; y en una categoría inferior pueden encontrarse para ser utilizados en la alimentación animal.

El deterioro de la calidad de los granos cuando son sometidos a secados severos ha sido una preocupación de todos los sectores interesados. El problema era serio porque se presentaban aspectos antinómicos, pues si se intentaba mantener una buena calidad se reducía la capacidad de producción de las secadoras y viceversa (Silva y Solano, 2011).

Afortunadamente, los adelantos introducidos en el diseño de estas máquinas y la adopción de métodos de secado más racionales han permitido mejorar ambos factores en una proporción más que satisfactoria.

En la actualidad no hay suficientes motivaciones para que todos aquellos productores de granos se convenzan de la necesidad de evitar el daño a los mismos para mantener una alta calidad. Como no se establecen premios o bonificaciones para quienes entreguen mercaderías de buena calidad, entonces son muy pocos los que se preocupan por ello.

En la mayor parte de las transacciones comerciales se privilegia el concepto de "cantidad", en lugar de "calidad", porque ello juega un papel importante desde el punto de vista económico.

El concepto de calidad se manifiesta en la comercialización de algunos cultivos, como girasol, por ejemplo, donde el contenido de aceite constituye un rubro muy importante para fijar el precio. Pero en la mayoría de los granos no existen estímulos de esa naturaleza (Ciro, 1993b).

El trigo es un caso particular. Su utilización está íntimamente relacionada con la panificación, de manera que hay un factor de calidad de gran trascendencia para la producción de harinas. En la mayoría de los países europeos, Canadá y Australia, el trigo se clasifica por su calidad, ya sea por contenido de proteína, gluten o por parámetros de molienda y panificación, separándose así las partidas en depósitos diferentes. Esto sucede debido a que la demanda industrial se ha hecho muy selectiva, para diferentes usos y está dispuesta a abonar precios diferenciales para mercaderías que necesita.

En Cuba generalmente los granos se almacenan sin una separación por calidad, excepto casos de arreglos especiales entre productores y molineros. Gran parte de la producción de granos, es una mezcla de variedades con un promedio general de peso, proteína, cuerpos extraños y

propiedades molineras. Esta calidad media no es mala en particular, pero no se puede satisfacer con ella las necesidades de esos mercados cada vez más especializados por tipos o calidades definidas (Febles, 2010) referenciando a (García, 2009).

Las industrias pretenden partidas uniformes de grano, homogéneas en tipo, temario, color, propiedades intrínsecas, etc. Las mezclas no les permiten regular correctamente sus molinos y sus equipos, y reducen los rendimientos industriales.

Hay convencimiento de que el sistema cubano de acopio y comercialización deberá ajustarse tarde o temprano a estas tendencias, ofreciendo partidas de grano uniformes y de alta calidad. En el futuro va a ser muy difícil competir con "cantidad" de grano en los mercados internacionales, por lo que se debería hacer con "calidad".

En definitiva, será el mercado quien fijará las distintas clasificaciones o categorías, cuyos precios tendrán sus correspondientes diferencias. Para ello, el sistema cubano de acopio y comercialización, deberá estar suficientemente prevenido y preparado (Ciro, 1993b).

1.4 Etapas del proceso de beneficio

Este proceso se realiza en varias etapas, tales como: recepción, prelimpieza, secado, envasado, almacenamiento y comercialización. No todas estas operaciones son necesarias para el beneficio; pues las circunstancias y las condiciones en las que se reciben los granos determinan las operaciones especializadas que se necesitan (Dávila, Peske, & Aguirre, 1988).

Las operaciones de beneficio comprenden:

1. Recepción
2. Prelimpieza
3. Secado
4. Envasado
5. Almacenamiento
6. Comercialización

1.4.1 Recepción

Para ello se deberá contar con la documentación y equipo necesarios, que permita asegurarse de que el producto que va a entrar a las instalaciones de la planta, cumpla con los requisitos para ser ingresado y procesado.

Es la operación inicial del beneficio y se realiza después de la cosecha cuando los granos se transportan a la planta de beneficio e ingresan a la misma.

Formas de Recepción: Puede ser en bolsas o a granel.

- En bolsas: Se facilita la recepción porque pueden controlarse mejor los lotes durante el manejo.
- A granel: Los volúmenes grandes de granos se manejan a granel para hacer menos maniobras. El equipamiento necesario para la mejor eficiencia de esta operación son tolvas, silos, transportadores y elevadores.

Durante la cosecha de los granos no pueden eliminarse totalmente un sinnúmero de materiales indeseables que los acompañan, lo que significa que estas sean transportadas a la planta con pedazos de tallos, vainas, basuras, pajas, granos inmaduros, granos de malezas y de otros cultivos. Para poder separar estos contaminantes es necesario la prelimpieza (Badiali, 2015).

1.4.2 Prelimpieza

Se entiende por "prelimpieza" a la limpieza de los granos enseguida de su recepción, o mejor, antes de su secado (MMAMR, 2010).

Esta operación puede llevarse a cabo con máquinas especiales, llamadas justamente "prelimpiadoras", de las que existen varios modelos.

Las más usadas son del tipo de aspiración o neumáticas, pues se procura que en ese momento se eliminen los materiales livianos (hojas, cáscaras, basura, pedazos de marlos), ya que estos cuerpos son los que afectan más el proceso de secado. También son recomendadas las limpiadoras con zarandas y aspiración (Febles, 2010).

1.4.3 Secado

El objetivo principal de esta etapa es reducir la humedad de cosecha de los granos hasta niveles seguros para su consumo o almacenamiento (INTA, 2006). Con esto se disminuye el riesgo del ataque de hongos, bacterias e insectos, para que el grano esté listo para su consumo o almacenamiento (INTA, 2014). La humedad del grano es uno de los principales factores a

tener en cuenta al almacenar o simplemente empacar cierta cantidad de granos, y de ella depende en gran medida la calidad del producto almacenado (IICA, 2009).

Los granos tienen su máximo contenido de materia seca al llegar a la maduración, por lo que es conveniente cosecharlos en ese momento para así obtener el máximo rendimiento de la producción. Por varias razones, el alto contenido de humedad de los granos limita su recolección y hay que mantenerlos en el campo hasta que el contenido de humedad permita su cosecha o hasta que alcancen un contenido de humedad apropiado para su almacenamiento.

Se recomienda cosechar los granos húmedos tan pronto como sea posible y después secarlos, con los siguientes objetivos: obtención de un mayor porcentaje de materia seca, menores pérdidas debidas al ataque de depredadores, mayor porcentaje de vigor y germinación, menor contaminación e infestación de los productos en el campo (buena calidad para el almacenamiento) y otros más. En la mayoría de los países de América Latina, el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro comprende un rango de 11 a 13 %, base húmeda, para los principales tipos de granos (Ciro, 1993a).

Existen dos métodos fundamentales para el secado de granos. En la figura 1 se exponen cada uno de ellos.



Figura 1. Métodos de secado. Fuente: (Echevarría, 2014).

Secado natural

Consiste en reducir la humedad del grano expuesto al sol o la sombra (Aldana, 2010). Se pueden utilizar diferentes formas de secado de forma natural, las más comunes son:

Secado en bandeja

Los granos son expuestos directamente al sol y se colocan en capa delgada sobre bandejas o zarandas que se puedan transportar con facilidad (INTA, 2014) referenciando a (INTA, 2013). Se construye con fondo de tela o alambre y se coloca a un metro o medio de altura, de tal manera que no estén en contacto con el suelo y permita que el aire pase por encima y por debajo del grano.

Secado sobre manta

Se utilizan mantas de nailon, plástico, u otro material disponible con dimensiones variables, pero de preferencia no muy grandes para facilitar la manipulación (INTA, 2014). Es importante que se remuevan los granos con frecuencia para que sequen más rápido y de manera uniforme.

Secado en patio secadero

Consiste en el secado de los granos exponiéndolos al sol sobre piso de cemento. Este método es más costoso que los anteriores, pero más duradero (INTA, 2014). Se debe remover frecuentemente el grano para que la temperatura en el piso no supere los 40 °C. La herramienta utilizada para remover no debe tener la punta aguda para evitar daños al grano.

Secado al sol sobre carretera

Constituye una variante criolla del método anterior que practican algunas productoras y productores carentes de las alternativas recomendadas en este documento. Se trata del secado de granos al sol sobre tramos de carreteras. No es recomendable pues trae como consecuencia al mercado deterioro de la calidad del grano, debido a la sucesión de inconvenientes en los que se incurre durante la práctica de este tipo de secado, como son: contaminación con materias extrañas, hongos, bacterias e insectos; agresivos cambios de temperatura y la exposición directa al sol, muerte embrionaria, sobresecado, fraccionamiento por el paso de vehículos y disminución de los rendimientos.

Secado bajo cobertura

Se trata de un secado bajo marquesina, que no es más que una construcción rústica de madera y plástico o nailon, con la cual se aprovecha de forma más eficiente la energía del sol y las corrientes de aire para realizar el secado y, al mismo tiempo, mantiene el grano protegido de la lluvia y la humedad nocturna (Restrepo, Martínez y Carmona, 2007). La cobertura de

plástico o nailon permite acumular el calor y aumentar en forma considerable la temperatura en su interior, y su forma de construcción favorece la circulación del aire, el cual ayuda a extraer la humedad que liberan los granos.

Secado en bandejas bajo estructura techada

Es un tipo de secado sobre estructuras en forma de bandejas móviles hechas en madera, bajo un techo preferiblemente de cinc u otro material que tenga la propiedad de almacenar calor (Restrepo, Martínez, & Carmona, 2007). En este método el secado se realiza por el calor y no por la exposición directa al sol. Es más recomendado para el secado de granos, ya que se elimina la humedad de manera no tan agresiva, lo que representa menor daño al embrión.

Secado artificial:

En este método se combinan energía de combustión o eléctrica, corrientes de aire y métodos mecánicos. El secado es rápido y puede ser operado automáticamente. La exigencia de personal entrenado y el alto costo de los secaderos son dos importantes aspectos a tener en cuenta.

Secaderos de motor

El secado con motor permite aprovechar la energía en forma de calor y las corrientes de aire para secar los granos (Restrepo, Martínez y Carmona, 2007). Es un método más eficiente, pero de mayor costo en comparación con el secado natural. Se utiliza para secar cantidades grandes de granos (Restrepo, Martínez y Carmona, 2001) y (INTA, 2008). Es importante agregar que se debe tener un control de la temperatura durante el proceso de secado del grano, pues debe ser lento, con temperaturas máximas de 35 °C (Villalobos, 2013). De esta manera se evita el calor excesivo y la salida muy rápida del agua, lo cual produce daños al embrión.

A diferencia del secado natural, este se puede colocar al resguardo de una construcción y permite secar granos aun en las condiciones ambientales más desfavorables y a un ritmo mucho más eficiente. Las dimensiones y capacidades dependen del fabricante y el diseño (INTA, 2008). Existen variantes de secadoras que utilizan quemadores de queroseno como fuente de calor o resistencias eléctricas. Hay diversidad de modelos, desde los estacionarios y los semiestacionarios hasta los móviles. Estos últimos permiten el traslado del secadero a las unidades de acopio del grano, ahorrando grandes cantidades de combustible por concepto de transportación de los granos al secadero. En Cuba, como en muchos países de América

Latina, las productoras y productores, conscientes de la importancia del proceso, planifican el secado de su cosecha. Sin embargo, para estimar la humedad que presentan los granos, muchos no cuentan con instrumentos para determinarla, debido a su inexistencia en el mercado (López, 2005).

1.4.4 Envasado

Después del secado de los granos se deben dejar para que enfríen a temperatura ambiente y posteriormente envasarlos.

Los empaques más adecuados son los sacos o costales, preferiblemente de fibras naturales como el yute, cuyas ventajas son su porosidad y la capacidad de absorber parte de la humedad que liberan los granos si no han sido secados adecuadamente antes de empacarlos.

Los sacos deben ser de capacidad 46 y 50 kg (Echevarría, 2014).

1.4.5 Almacenamiento

Una vez llenos y cosidos los sacos o debidamente amarrados deben ser colocados en el lugar destinado como almacén, el cual debe ser lo más fresco posible, ventilado y seco. Los sacos se deben colocar en estibas sobre tarimas de madera; evitando el contacto con el suelo y con las paredes de la bodega o almacén, las cuales pueden transmitir humedad al grano y acelerar su deterioro.

Se debe evitar que el sol llegue a los sacos almacenados.

Las instalaciones de almacenamiento (ver figura 2) deberán estar debidamente diseñadas, de manera que preserven los granos de la mejor manera posible, se debe llevar un estricto control sobre las mismas, para evitar que cualquier tipo de contaminante externo, plagas, insectos o roedores ingresen (UNAD, 2013).

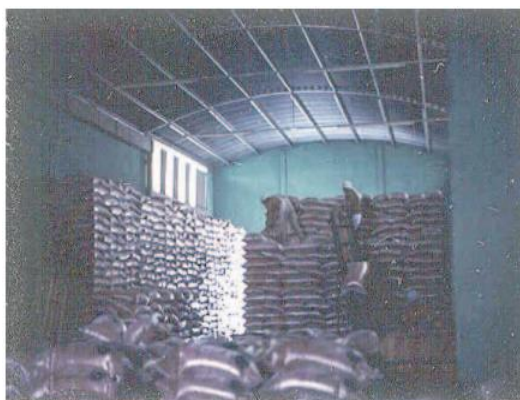


Figura 2. Local apropiado para el almacenamiento de granos o semillas. Fuente: (Guzmán y Carballo, 2007).

El almacenaje, que se considera la etapa final del proceso de postcosecha, puede verse afectado por los siguientes factores:

- a) Condiciones adversas durante la cosecha.
- b) Daños mecánicos en la cosecha, limpieza, transporte y manejo del grano en general.
- c) Ataque de plagas y enfermedades durante el cultivo.
- d) Permanencia innecesaria del producto en la planta tras la maduración fisiológica.
- e) Inadecuada selección de granos.
- f) Secado inadecuado o inoportuno.
- g) Almacenaje inadecuado (Echevarría, 2014).

Principales enemigos de los granos y semillas en el almacén:

Las principales especies que afectan el almacenamiento de granos y semillas son las palomillas, gorgojos, roedores y pájaros (ver figura 3). Basta con unos pocos insectos bajo las condiciones adecuadas para producir el calor y la humedad suficientes para que se desarrollen mayores poblaciones de insectos. Al aumentar la población de insectos se producirá mayor calor y humedad y así sucesivamente; favoreciéndose el desarrollo de hongos y bacterias; acentuándose, por lo tanto, la severidad de los daños ocasionados hasta el grado de que el grano ya no sea útil para consumirlo o que la semilla muera o reduzca su germinación y vigor.

Unido a lo anterior, los hongos producen sustancias llamadas micotoxinas, las cuales pueden resultar altamente tóxicas para organismos de sangre caliente, incluyendo el hombre. Se ha demostrado que cuando las aves se alimentan con cereales almacenados con humedad alta, la presencia de micotoxinas puede provocarles trastornos fisiológicos e incluso la muerte.

Los roedores también provocan pérdidas cuantiosas en granos y semillas almacenados, no sólo porque los consumen en grandes cantidades, sino también por contaminar con sus pelos y excreciones (heces fecales y orina).

Cuando el almacenamiento tiene lugar en locales desprotegidos, el ataque por pájaros puede representar una causa más de pérdidas. En ocasiones los insectos, hongos, pájaros y roedores pueden iniciar su ataque en el campo, antes de que la cosecha tenga lugar; sin embargo, hay algunos organismos que sólo se presentan cuando las condiciones del almacenamiento permiten su desarrollo (Guzmán y Carballo, 2007).



Figura 3. Enemigos de los granos y semillas en el almacén donde A: roedores; B: pájaro; C: gorgojo y D: palomilla o polilla cabeza blanca. Fuente: Elaboración propia.

1.4.6 Comercialización

Se realiza una vez concluido el proceso de beneficio de granos, con un producto que posee la calidad requerida para que pueda ser adquirido por el cliente, la cual se puede realizar por las distintas formas de transportación según las posibilidades del productor, siempre con las condiciones necesarias para que el producto no pierda las propiedades que adquirió durante el proceso de su mejoramiento.

Existen grandes oportunidades para que los productores puedan comercializar estos granos tanto internamente como en otros países (IICA, 2009).

1.5 Tecnologías y sistemas para el beneficio de los granos

Un sistema para el beneficio de granos exige una inversión considerable de dinero. En la adquisición o construcción de este sistema, se debe considerar la capacitación y el entrenamiento del personal, con el fin de utilizar al máximo las potencialidades que le pueden ofrecer las nuevas tecnologías.

Con el fin de que los equipos para el beneficio sean económicamente viables, deben estar de acuerdo con el nivel de la producción. Hay algunos de ellos que se adaptan a diferentes condiciones de la producción de granos, pero hay otros que han sido diseñados para condiciones muy específicas (Rivera, 2007).

Los procesos de beneficio generalmente dependen de las condiciones del medio ambiente. Muchos de los parámetros de estos dos procesos fueron establecidos para climas templados, ya que fueron desarrollados en Estados Unidos y Europa, por lo que no son recomendables para condiciones tropicales. Por lo tanto, es necesario adaptar las tecnologías desarrolladas en países con características climáticas diferentes a las condiciones de producción, economía, aspectos sociales y tecnológicos de los países latinoamericanos. Esto quiere decir, por ejemplo, que rara vez un equipo diseñado en los países desarrollados tendrá buen rendimiento en un país tropical. Por lo tanto, es de primordial importancia seleccionar cuidadosamente las tecnologías que van a ser recomendadas, tomando en consideración su costo inicial, su operación y el rendimiento (Flores, 2009).

La adaptación debe incluir la adecuación de los parámetros del beneficio, los materiales utilizados en la construcción de equipos y edificios, así como la de las políticas de almacenamiento que deben atender las necesidades específicas de cada país. Una alternativa que debe ser considerada por los países que tienen poca capacidad de almacenaje es la implantación de un programa de almacenamiento de granos, lo que traería los siguientes beneficios:

- Anticipación de la cosecha, lo que deja libre el suelo para nuevas siembras.
- Cosecha de un producto con menos daños ocasionados por insectos y hongos.

- Comercialización del producto a mejores precios, ya que su almacenamiento en la propia hacienda permite venderlo fuera de la época de cosecha, a mejores precios.
- Menores costos de transporte porque el producto se transporta seco.
- Seguridad nacional, ya que la producción del país queda dispersa en muchos lugares, en vez de estar concentrada en grandes unidades almacenadoras.
- Mejor adaptación de las tecnologías ya existentes.

Antes de recomendar la construcción de un número considerable de unidades de beneficio, es necesario realizar un estudio económico y financiero para conocer si el valor agregado de la producción, o sea, el mayor precio que ese grano va a obtener en el mercado, paga las inversiones y hace rentable la construcción. Los canales y formas de mercadeo no establecen precios diferenciales para el grano seco y de mejor calidad, como por ejemplo cuando la cosecha es comprada por intermediarios y procesadores a quienes no les interesa que el grano esté seco. En la actualidad en todos los mercados estatales y no estatales de Cuba no existe clasificación alguna de los distintos tipos de granos.

Hay varios sistemas de beneficio que se pueden construir con materiales simples, siguiendo las recomendaciones de construcción y manejo de la información moderna sobre procesamiento de granos (Ciro, 1993a).

A continuación, se presentan algunas tecnologías para el beneficio de granos.

1.5.1 Panamá

El tratamiento fundamental de secado de granos y semillas que utilizan es el método natural en pisos o en lonas. Tienen el cuidado de no secar las semillas en las horas más calientes del día (de 11:00 am a 2:00 pm), durante ese tiempo recogen las semillas y las colocan a la sombra. Recomiendan además hacerles surcos cada 40 o 60 minutos y que la capa de semilla a secar no exceda los 10 cm de alto.

En cuanto al almacenamiento lo separan en tres etapas:

- Almacenamiento en el campo: desde su madurez fisiológica hasta el estado del grano seco

Desde el punto de vista técnico y científico cuanto menos dure la semilla o el grano en el campo en esta etapa, mejor será su calidad (se deteriora menos); de allí la importancia del clima en la producción de semillas.

- Almacenamiento desde el secado hasta el envasado

La semilla requiere limpieza, clasificación, selección, tratamiento y envasado. Esta no corre peligro de deteriorarse por humedad, aunque puedan aparecer daños de insectos.

- Almacenamiento desde el envasado hasta la germinación

La etapa clásica de almacenamiento es la tercera, a la cual se le ha prestado más atención en el pasado; comúnmente se relaciona el almacenamiento con la estructura física. Para el caso de pequeños agricultores, la forma más apropiada de guardar sus semillas o granos es el uso de envases herméticos, tipo galones plásticos o de vidrio, a los cuales se les pueden adicionar cenizas, eucalipto, pimienta y aceite que cumplen funciones de repelencia a los insectos y otras plagas, sin perjudicar el uso futuro de semillas como granos.

Para determinar la humedad en semillas y granos usan los siguientes métodos:

- Diente y uña: que consiste en morder o apretar el grano, si quedan las marcas aún está húmedo y hay que continuar secando. En caso contrario, si el diente no penetra, ya el grano está bien seco (menos del 12 % de humedad).
- La sal: Teniendo la precaución que la sal esté completamente seca, en un recipiente de vidrio, usando una tapa como medida, se colocan ocho porciones de semillas por una de sal, se tapa bien y se mezcla por 15 segundos, se deja en reposo 20 minutos y se voltea la mezcla en el frasco. Si la sal se pega al frasco, es indicativo que la semilla está húmeda y, por lo tanto, se debe continuar el secado (Jorge, 2013).

1.5.2 Colombia

El mecanismo para la postcosecha de granos lo hacen en varios pasos empezando por la recolección de las vainas hasta el empacado para la venta.

Recolección de las vainas: Esta actividad la hacen de forma manual, las recogen cuando presentan una deshidratación o tiene una madurez del 70 %, lo cual hace que todas las vainas de un cultivo no se recojan en un mismo tiempo. Además, procura hacer las recolecciones de las vainas en temporadas con condiciones climáticas secas, para el ahorro de energía a la hora del proceso de secado.

Secado de las vainas: Lo realizan después de la postcosecha, allí los granos dentro de la vaina llegan con humedad aproximada al 20 %, cuando se ha dejado que el 75 % de las vainas alcancen su madurez fisiológica. En este proceso el grano puede perder hasta 6,5 veces el valor del grano seco. Este procedimiento actualmente lo hacen de tres maneras, según las condiciones técnicas de los cultivos pueden ser:

- Secado al aire libre, aprovechando la energía calórica que proporcionan los rayos de luz solar.
- Secado bajo techos con condiciones que ayuden al aumento de la temperatura para así acelerar el proceso.
- Secado mediante ayuda de elementos mecánicos, como es la implementación de moto-ventiladores, los cuales hacen circular aire por resistencias eléctricas que disipan calor, lo que hace que este se caliente y por ende aumente la temperatura.

Este proceso debe cumplir con condiciones preestablecidas como lo son la temperatura máxima de 50 - 55 °C cuando se destina para una producción alimenticia, si es para la elaboración de semillas la temperatura no debe sobre pasar la temperatura de 40 °C, no se debe disminuir la humedad relativa por debajo del valor ideal para un correcto almacenamiento y no prolongar los períodos establecidos para hacer revisiones de temperatura y humedad en los granos.

Trillado de vainas y granos: Es el procedimiento que se hace a partir de que los mismos presentan unas condiciones físicas adecuadas. Para hacer este procedimiento tienen dos maneras de hacerlo:

- Una manera es mediante el aporreo de las vainas con un palo, el cual al hacer varios impactos deforma la vaina, permitiendo que los granos queden libres de la cascarilla.

- Otra manera es hacer pasar los granos por un elemento mecánico llamado triturador, el cual, por tener una superficie de igual manera a estos, permite sacar los granos a parte de la cascara.

Limpieza: Es la labor fundamental para darle el valor agregado a este producto, ya que en la misma se garantizan las condiciones de higiene para el almacenamiento.

Empacado de granos: Se hace después de que los granos están con la mínima suciedad posible y con la humedad relativa adecuada, para garantizar que después de empacado no se alteren las condiciones normales de almacenamiento (Martínez, 2015).

1.5.3 Nicaragua

El mecanismo para la postcosecha de granos lo hacen en varias etapas:

Presecado

El presecamiento es el secado del grano en el campo, esta actividad la realizan cuando el tiempo está seco y consiste en arrancar la planta cuyo grano tiene un 30 a 50 % de humedad, juntan unas cuatro a cinco matas y dejan los moños en el campo para su secamiento, si el tiempo es soleado las vainas se secarán en 3 a 4 días, se ponen quebradizas listas para el aporreo.

1. Tecnología de secado en cordeles o tendales

Esta tecnología utiliza el calor solar y el viento para secar el grano arrancado, consiste en colgar el grano sobre cordeles amarrados de una estaca a otra en el campo.

2. Tecnología de presecado del grano con plástico

Esta tecnología es utilizada por los productores de San Lorenzo, consiste en agrupar las matas de granos arrancadas para dejarlas secar en días sin lluvia, el plástico cubre las plantas durante la noche y días con lluvia para protegerlas, con esta tecnología la planta puede durar más de 30 días sin sufrir daños significativos durante el presecado en campo.

Aporreo

El aporreo consiste en golpear las plantas secas con un bastón de madera para que las vainas se abran y liberen el grano, esta actividad se hace en día soleado o nublado en un lugar adecuado del campo, ya que luego es soplado y ensacado del grano, para esta actividad se usan plásticos, lonas o sacos unidos entre sí.

Al momento del aporreo el grano tiene una humedad del 18 al 20 %, por lo tanto, es necesario secarlo más para su venta o almacenamiento ("Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero," 2010).

Secado

Una vez aporreado y soplado transportan el grano a la casa del productor, en donde debe ponerse al sol el grano para bajar la humedad a un 13 %, para esto los productores utilizan carpas de plástico negro.

Almacenamiento

El grano una vez seco (13 % de humedad) lo ensacan para su comercialización inmediata, si se va a esperar unos días para su venta o consumo los sacos se estiban sobre polines de madera y separados de la pared para que exista suficiente aireación para evitar exceso de calor que endurece el grano (IICA, 2009).

1.5.4 El Salvador

En la época de primavera (mayo-junio): se arrancan las plantas cuando estas alcanzan la madurez fisiológica, se asolean y luego se aporrean o trillan. Si existe mucha lluvia, es necesario secarlas bajo techo o sobre los cercos de alambre de los lotes, o sea, que se colocan los manojos de plantas con las raíces hacia arriba en alambres colocados en postes a una altura de 1 a 1,5 m sobre el suelo, para facilitar el secado.

El almacenamiento de granos se recomienda hacerlo cuando los mismos tienen un porcentaje de humedad entre 12 y 14 %. Debe hacerse en lugares limpios, aireados y libres de plagas, debiendo aplicar productos químicos específicos para evitar el daño de plagas del almacén (Cabrera y Castillo, 2008).

1.5.5 Costa Rica

Si el secado se pretende iniciar en el campo, las plantas no deben permanecer por períodos mayores a una semana. Se sugiere efectuar al trillado lo más pronto posible. Una vez cosechadas, la calidad disminuye con el transcurso del tiempo (Araya et al., 2010), (Faria, Vieira y Ramos, 1993) y (Ennen, 2011). La tasa de deterioro dependerá de las condiciones de humedad, temperatura y del tiempo en que estas permanecerán almacenadas.

Secado al sol:

El secado al sol se puede efectuar en una lona (tela fuerte de algodón o cáñamo o plástica, para toldos, tiendas de campaña y otros usos), sobre concreto o asfalto, formando una capa de 10 cm de grosor.

Secado artificial:

Si se requiere de secado artificial, solo se recomienda el empleo de secadoras con control regulado de la temperatura, conocidas en Centroamérica como “estáticas”. El proceso de secado debe ser lento, con temperaturas máximas de 35 °C. De esta manera se evita el calor excesivo y la salida muy rápida del agua, lo cual produce daños al embrión.

Acondicionado:

El lote de semilla debe estar en un sitio o espacio diferente al del grano comercial, hasta que se obtengan los resultados del análisis físico, sanitario y de germinación. Si aprueba estos tres análisis se procede con el acondicionado, el cual consiste en la eliminación de impurezas (materia inerte), semillas dañadas, arrugadas, partidas, pequeñas o decoloradas, o que no correspondan a la variedad. Esta labor mejora la calidad fisiológica del lote de semilla (no de cada una de las semillas), ya que se eliminan las deterioradas ("Prelimpieza y limpieza de arroz Paddy," 2006).

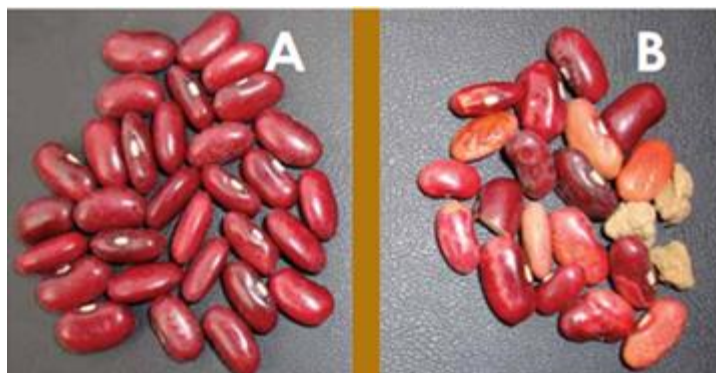


Figura 4. Patrón comparativo de semillas. A) con acabado final. B) semilla no deseada o materia inerte. Fuente: (Aguirre y Peske, 1992).

a) Clasificación:

Se pueden emplear los siguientes equipos: prelimpiadoras (viento y zarandas) y la densimétrica, que clasifica por peso. Se puede incluir la catadora o clasificadora de viento, ubicada luego de la prelimpiadora y la disimétrica, para una limpieza y selección más finas. El equipo de prelimpieza elimina basuras y granos pequeños y la densimétrica clasifica por densidad o peso, lo que disminuirá el tiempo invertido en la selección manual (Aguirre & Peske, 1992).

El procedimiento seguido por la Unión de Semilleros del Sur, para verificar la calidad de la semilla de frijol escogido manualmente, es el siguiente:

1. Cada hora el encargado o supervisor hace un muestreo de la semilla seleccionada, a cada una de las personas que están en el proceso de selección manual.
2. Se toma la muestra y se homogeniza.
3. Se pesan 200 g para tener una muestra más representativa y se separa la semilla no deseada (decolorado, tamaño, color, otros daños) o materia inerte.
4. Después de que se identifica la semilla no deseada y la materia inerte, se pesa en una balanza.
5. El peso de las semillas dañadas se divide entre dos, el resultado es el porcentaje dañado, deformado o partido, que no debe superar el 3 %.

6. El control se realiza cada hora por si alguna persona no cumple con el rango establecido, debe escoger de nuevo la semilla, pero el volumen a escoger no será muy grande. El supervisor debe informar a los escogedores como van realizando la labor, cada vez que hace este proceso.

b) Envasado:

Se debe considerar que el envase o sacos empleados, deben ser exclusivos para semilla y su ubicación es diferente a la asignada a los granos. Se sugiere emplear sacos de diferente color al empleado en el grano y rotularlos con la información específica sobre su contenido (variedad, número de lote, fecha). Además, se cose una etiqueta de control de calidad y se almacena durante uno o dos años en un cuarto frío con temperaturas entre 20 °C y 15 °C y una humedad relativa inferior al 60 %. Se deben ubicar en un sitio diferente al del grano comercial o de agroquímicos, para evitar confundir sacos de semilla con los de grano o afectarla por la toxicidad de los agroquímicos.

c) Almacenado:

La humedad de la semilla se mantiene en equilibrio con la del medio ambiente. De esta manera, si está muy húmedo absorberá agua y si la humedad baja, se secará. Se ha demostrado que el frijol se puede secar hasta un 7 %, sin disminuir su calidad, pero perdería peso para su venta y además es más vulnerable de sufrir separación de los cotiledones. Cuando se almacena en un cuarto frío, la baja temperatura disminuye su respiración (o metabolismo) y puede mantener o reducir su humedad. Al reducir el metabolismo, la semilla conserva por más tiempo su germinación y vigor. Así los factores básicos para un adecuado almacenamiento son: la humedad de la semilla, la cual debe ser del 13 % o menos, una temperatura ambiente o en cuarto frío de 20 °C o menos y una humedad relativa menor del 60 % (FAO, 2012) y (Villalobos, 2013).

1.6 Tendencia cubana sobre la puesta en marcha de plantas de beneficio

El futuro del país está encaminado a la puesta en marcha de 36 plantas de beneficio de granos, que permitirán cosechar una mayor cantidad de los mismos en años venideros (ver Anexo A, Anexo B y Anexo C). El programa de desarrollo del sector prevé incrementar anualmente un

15 o 20 % de lo que se producía anteriormente, para ello se hacen estudios e inversiones que asegurarán las proyecciones futuras, todo acorde con los lineamientos aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. (Pupo, 2014).

Ejemplos de provincias donde se ha introducido esta tecnología:

Sancti Spíritus:

Provincia dependiente de la agricultura, como un progreso en el desarrollo tecnológico de las producciones de frijol y maíz, se pusieron en marcha tres secaderos de granos en igual cantidad de áreas. Los modernos secaderos contribuyeron a transformar el principal problema de la cosecha: el secado y beneficio del grano, actividades realizadas tradicionalmente por métodos manuales.

Entre las ventajas del equipamiento están la capacidad de procesar 35 toneladas de los granos en 24 horas, ahorro de combustible, fuerza laboral y tiempo a los cosecheros. Además, esta tecnología dispone de medidores de humedad internos y externos para hacer la prueba y regular este parámetro a los rangos estipulados en la comercialización.

Las tres plantas, de procedencia italiana, fueron montadas en las Cooperativas de Créditos y Servicios de Itabo, Jarahueca y Guayos. Estas instalaciones no satisfacen todas las necesidades del secado de granos en la provincia, pero benefician buena parte de esas producciones (Camellón, 2015).

Granma:

En la Unidad empresarial productora y comercializadora Granma, perteneciente a la Empresa de logística agropecuaria 26 de Julio, del Ministerio de la Agricultura (MINAG) en Bayamo, se puso en marcha una moderna planta de beneficio de semillas con tecnología brasileña para elevar la producción de alimentos (ver figura 5). Su propósito fundamental fue ir reanimando estos planteles industriales en el país, fundamentalmente en municipios en los cuales se ubicaron los polos productivos de alta eficiencia.

En esta primera unidad se priorizaron los granos de frijol, girasol y maíz, rubros en los cuales el Estado viene potenciando programas de transferencia de tecnologías con el objetivo de

mejorar los rendimientos, sustituir importaciones y mitigar los efectos del cambio climático, sobre todo en esta provincia de alto potencial agropecuario.

El moderno equipamiento permitió seleccionar la semilla por tipo, tamaño; aumentó los rendimientos productivos y humanizó la labor de los operarios, teniendo en cuenta que los granos dedicados a semillas son responsables del 50 % de los rendimientos agrarios de cada plantación (Bustamante, 2016) y (Villa, 2016).



Figura 5. Moderna planta de beneficio de granos puesta en marcha en Bayamo, provincia de Granma. Fuente: (Bustamante, 2016).

Camagüey:

Fueron alistados para la actual contienda arrocerá seis secaderos en el Complejo Agroindustrial (CAI) en la Ruta Invasora, del municipio de Vertientes y se encuentran procesando 6 000 toneladas de grano.

Entre los beneficios que ofrecen estas instalaciones se destacan aliviar en alguna medida a los campesinos en el secado de su arroz y evitar el estancamiento del continuo proceso productivo del cereal, que puede verse afectado por la insuficiente capacidad de secado (Autores, 2011).

Pinar del Río:

Con la incorporación de una moderna planta de secado, capaz de procesar 37 toneladas diarias, la agricultura pinareña puso punto final al “cruzamiento” de arroz entre los cuatro municipios del occidente de la provincia y la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) de Los Palacios.

Durante mucho tiempo, el cereal que se cosechaba en Mantua, Guane, Sandino y Minas de Matahambre, debía recorrer más de 150 kilómetros para llegar a la industria, de ahí que la construcción de la planta de secado tuvo un gran impacto no solo para los productores de la región, sino para la economía de la provincia, por el ahorro de combustible que trajo consigo (Rivas, 2016).

Cienfuegos:

En Aguada de Pasajeros entró en funcionamiento una nueva línea de molinería de cinco toneladas por hora, en La Paquita, corazón tecnológico de la Empresa Agroindustrial de Granos de Cienfuegos. La misma trae consigo mayor capacidad general de molinería; al tiempo que aumentan los volúmenes del cereal producido por el sector cooperativo y campesino.

Como parte de esta significativa inversión industrial que logró la añorada independencia tecnológica de Cienfuegos en el secado y molinería de arroz, se ejecutaron 18 millones de pesos, de los poco más de 20 millones asignados.

La inversión en el complejo industrial La Paquita, de Aguada de Pasajeros, contempló tres silos de mil toneladas cada uno, una báscula de 80 toneladas y un secadero; así como cercado perimetral, sistema de seguridad y protección, casa bomba y grupo electrógeno (Molina, 2017).

Conclusiones parciales del Capítulo I

1. El proceso de beneficio de granos consta de seis etapas y el secado es la más importante, ya que en ella se reduce la humedad del grano, siendo esta el principal factor a tener en cuenta al almacenar o empacar, y de ella depende la calidad del producto final.
2. El estudio realizado a algunos países del área permitió conocer las diferencias entre ellos, con respecto a los métodos utilizados para el beneficio de granos.
3. En Cuba existe un programa de desarrollo que incluye la introducción de nuevas tecnologías para el beneficio de granos en todo el país.

Capítulo 11

CAPÍTULO II. PROPUESTA DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE GRANOS

2.1 Planta de beneficio

Se entiende por este concepto al conjunto de equipos que actúan en función de mejorar las características de los granos para satisfacer su destino final (Salazar et al., 2014).

A la reunión de concurrencia realizada en el municipio de Abreus con los distintos especialistas vinculados al montaje de la planta de beneficio, estuvieron presentes dos importadoras: Cítricos Caribe y Maquimport con seis ofertas cada una.

Cítricos Caribe:

- Girasol Overseas.
- Cubasko Suministro.
- F.M. Coempar.
- Casa Blanca.
- Agrimex.
- Suplay Inc.

Maquimport:

- Mulmix / Techimp srl
- Comil Silos y Secaderos Ltda.
- Muyang.
- BS do Brasil.
- Grain Solutions / Satake.
- Zaccaria

Una vez evaluadas estas ofertas y teniendo en cuenta que la capacidad de la planta que se quiere poner en marcha es de 60 toneladas/día, capacidad requerida por la UEB Acopio de Abreus, se decidió optar por Girasol Overseas de la importadora Cítricos Caribe, pues la misma ofrece un paquete completo de equipamiento y además la construcción de llave en

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

mano, que consiste en importar todo el equipamiento, realizar su montaje y puesta en marcha, incluyendo la preparación del personal en un menor período de tiempo que el resto.

El presente proyecto abarca la importación de una planta completa de la corporación Girasol Overseas de Panamá, con el objetivo de beneficiar y envasar los granos de frijol, soya, maíz y sorgo para el consumo humano y animal. El ciclo productivo comprende desde la recepción hasta el envase del producto final e incluye en el beneficio: limpieza, secado, clasificación, pulido y envase en sacos de 0,25; 0,5; 1 y 50 kg y/o el expendio a granel del producto terminado.

Para lograr que la planta de beneficio tenga un adecuado funcionamiento es necesario que posea como mínimo las máquinas que se observan en la figura 6, a fin de ayudar al encargado del beneficio a aumentar su producción en un tiempo menor al que normalmente se estima y a obtener un producto de mejor calidad (López, 2005).

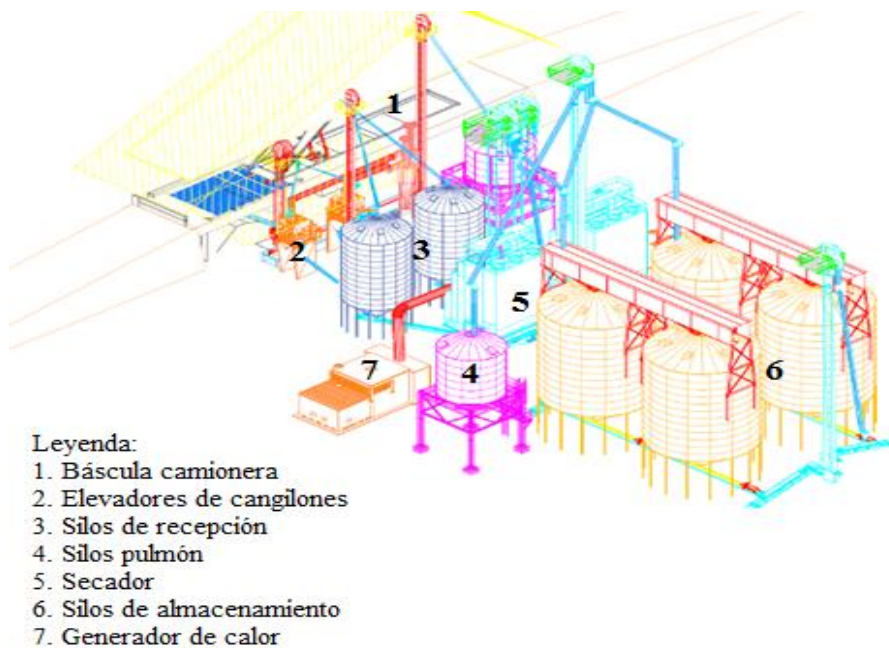


Figura 6. Equipos necesarios para el beneficio de granos. Fuente: (ENPA, 2017).

2.2 Descripción del proceso

Los granos ingresarán a la planta y paso seguido se pesarán sobre el transporte en una báscula para camiones de 80 toneladas de capacidad con dimensiones de 18 x 3 metros, provistas con 10 celdas de carga (ver figura 7). La báscula se montará sobre una plataforma compuesta de

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

una base de steel deck con cubierta de concreto como capa de compresión que posibilitará el pasaje de los vehículos de gran porte como si estuviesen transitando sobre un puente carretero. Las diez celdas de carga se intercomunican entre sí sin cajas de conexiones, mediante un sistema de comunicación digital direccionado. Los datos obtenidos en los pesajes se introducen en una computadora donde se almacenan y se producen los informes y tickets. La báscula está dispuesta fuera de la nave de descarga a fin de posibilitar el segundo pesaje una vez vaciado el vehículo de carga e independiente de este proceso.



Figura 7. Báscula camionera o de plataforma. Fuente: (Crisci, 2017).

Una vez pesados los granos en su transporte se dirigen a una plataforma hidráulica con capacidad para 40 toneladas (ver figura 8). El tamaño de su plataforma es de 12 x 3 metros con bisagras de amarre de los cilindros hidráulicos para servicio pesado en chapa de 1,27-2,54 cm, doble par de uñas de sujeción de ruedas con mando independiente y bomba hidráulica con presión máxima de 214,08 kg/cm² y caudal de 88 L/min acoplada a un motor eléctrico trifásico. El tablero de mando y control está integrado en una consola con sistema de parada de emergencia y se proveerá de una cabina para que el operador no quede expuesto al polvo. La función de esta plataforma hidráulica es elevar los vehículos para realizar la descarga de los granos en la tolva de recepción.



Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

Figura 8. Plataforma hidráulica. Fuente: (Crisci, 2017).

La tolva de recepción tiene la función de recepcionar los granos que son descargados de los vehículos a la entrada a la planta. Tiene un tamaño de 3 x 6 x 2,5 m, con una capacidad de recibir 30 m³ de granos con rejilla de Ho torcionado de construcción N° 20 simplemente amurados en la estructura de soporte, con espaciamiento de 10 mm entre tubos para retener impurezas superiores a esta medida como piedras y palos. Equipada con un elevador para descargar los granos a la prelimpiadora, rejilla autolimpiante para camiones de 14 m², imán tubular de acero inoxidable 304 y dosificador para extracción del producto y alimentación del elevador de cangilones que alimenta el vibro-separador. La boca de la tolva estará dispuesta a una distancia de 3 m y tendrá libre acceso por los laterales para permitir la limpieza. (ver figura 9).



Figura 9. Tolva de recepción. Fuente: (Crisci, 2017).

Los granos recepcionados por la tolva son almacenados en una nave que incluye: sistema de iluminación, puertas enrollables, canales de agua externos y material de fijación (ver figura 10).



Figura 10. Nave de recepción. Fuente: (Crisci, 2017).

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

Los granos almacenados son alimentados al vibro-separador para la prelimpieza del grano por un elevador de cangilones, este tiene una capacidad de 20 toneladas/hora, altura de 15 metros con motor eléctrico de 4 kW y motor reductor, provisto de un sistema de antirreversión y un imán magnético acoplado. Posee además ventanas de inspección y una ventana de descarga inferior (ver figura 11).



Figura 11. Elevador de cangilones. Fuente: (Crisci, 2017).

El separador vibrante 100/200 doble tamiz se usa para la prelimpieza del grano, mediante vibraciones que permiten reducir las impurezas antes del secado. Tiene una capacidad de 8 t/h, potencia eléctrica de 3 kW, entrada de impurezas máximo 10 % y salida de impurezas entre un 3 y un 4 % (ver figura 12).

La instalación incluye:

- Cámara de aspiración y separación de las impurezas.
- Tolvas de descarga.
- Instalación de aspiración compuesto de filtro con mangas o ciclón para la limpieza del aire y ventilador de 7,5 kW.



Figura 12. Separador vibrante. Fuente: (Crisci, 2017).

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

A este proceso le sigue la despedradora (ver figura 13), que ha sido diseñada para separar las fracciones ligeras y pesadas del grano y eliminar parcialmente el polvo y las impurezas. Es una eficiente máquina separadora de piedras y demás materiales de gran peso específico.

Al llegar al tamiz superior, la fracción ligera y la fracción pesada se separan por efecto de la vibración y del aire circulante, descargándose la primera y pasando al tamiz inferior, junto con las piedras, la segunda.

En este segundo tamiz se hace una nueva clasificación separando las piedras de la fracción pesada del producto.

La frecuencia y amplitud de las vibraciones, las perforaciones de los tamices y el aire en circulación que levanta el cereal, generan un preciso funcionamiento que asegura una correcta separación. El cuerpo de la máquina posee una estructura autoportante vinculada al piso por medio de resortes. El mando se realiza con dos motovibradores. Los tamices son de aluminio con esferas para su limpieza.



Figura 13. Despedradora. Fuente: (Crisci, 2017).

Seguidamente los granos pasan al separador densimétrico, cuya función es separar los granos por coeficientes de fricción o diferencias en la densidad (ver figura 14).

Características:

- Gran adaptabilidad y alta eficiencia en la separación.
- Fiabilidad al no necesitar ser ajustado frecuentemente durante la producción porque actúa de forma continua y estable.
- Reducido espacio de instalación al tener un diseño compacto y gran capacidad.

- Facilidad para operar.



Figura 14. Separador densimétrico. Fuente: (Crisci, 2017).

Una vez concluido el proceso de prelimpieza del grano pasan a dos silos con fondo cónico para recepción y almacenaje de legumbres y/o cereales por medio de un elevador de cangilones. Los silos tienen una capacidad de 80 t, tamaño de 3 x 3 x 12,52 m. (ver figura 15).

Incluyen:

- Cilindro de chapa ondulada con montantes externos de acero estructural galvanizado de 350 g/m², con puerta de acceso a la segunda virola.
- Techo de elementos trapezoidales de acero estructural galvanizado Sendzimir de 450 g/m², inclinación de 31°, con portezuela de inspección y tapa de acero, espesor mínimo de 1,2 mm.
- Tornillos de alta resistencia con protección y anticorrosión Dacromet.
Arandelas estancas de Policloruro de Vinilo (PVC).
- Elemento de sellado elastoplástico.
- Estructura de apoyo en portal compuesta por perfiles de acero galvanizado en caliente empernados de 400 g/m²
- Fondo cónico a 45° compuesto por sectores trapezoidales empernados de chapa de acero galvanizado en caliente.
- Sistema para ralentizar la caída del grano.
- Indicador de nivel máximo y mínimo.
- Motor con paleta para realizar operaciones de llenado y vaciado.
- Sistema de aireación por ventilación forzada.

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

- La regulación de salida se realizará con válvulas eléctricas por mando automático y mecánica para el caso de rotura.

Estos silos deben estar recubiertos en el interior con pintura de protección de grado alimentario antihongos y antibacterias para prevenir bacterias como: *Pseudomonas syringae*, *Clavibacter michiganensis*, *Pseudomonas fuscovaginae*, *Xanthomonas campestris*, etc.



Figura 15. Silos con fondo cónico. Fuente: (Crisci, 2017).

Los granos son trasladados de los silos hacia el secador por un transportador de banda cóncavo, el cual tiene un largo de 11 m y un ancho de 600 mm (ver figura 16).



Figura 16. Transportador de banda cóncavo. Fuente: (Crisci, 2017).

El modelo del secador es TDG400 para secar diferentes tipos de legumbres y cereales. Tiene una capacidad de secado que varía entre 80 000 y 150 000 kg/24 h dependiendo del tipo de grano, de la humedad y de las condiciones del lugar de trabajo. El secador tiene intercambiador de calor con fuego indirecto y un tanque de diésel, capacidad de 1100 litros; así como un quemador de biomasa. Fue construido con un sistema de extracción y trasportación de ceniza para ser llevadas a un silo y ser despedidas a granel o en sacos (ver figura 17).

Características:

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

- Capacidad mínima del silo de 12,5 m³.
- Eficiencia del proceso de decantación mínimo de 98 %.
- Humedad máxima a la entrada de un 26 %.
- Humedad final del secado de 12,5 % a 13 %, considerándose para tal efecto un proceso de secado continuo.
- Temperatura controlable en función del grano que este secando.

Incluye:

- Filtro de diésel.
- Ventilador centrífugo con motor eléctrico de 75 kW.
- Motor eléctrico, para el quemador.
- Quemador de diésel, con potencia máxima de 1 634 000 kcal/h.
- Caldera de acero inoxidable AISI 304.
- Intercambiador de calor para evitar contaminación por la quema de biomasa contaminada.
- 2 contenedores de cenizas para el quemador de biomasa.
- Silo para almacenamiento de cenizas con capacidad mínima de 12,5 m³.



Figura 17. Secador. Fuente: (Crisci, 2017).

Posteriormente el grano sale del secador por un transportador de banda hasta dos silos de almacenamiento, que son iguales a los silos posteriores a la prelimpieza. Su función es almacenar los granos secos.

Los granos almacenados pasan a un pulidor para cereales y leguminosas de capacidad de 3 t/h (ver figura 18). Este ha sido desarrollado con el objetivo de limpieza y pulido de los

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

granos, agregando valor a los cereales y leguminosas por el elevado brillo, proporcionando algo que no se consigue obtener con equipos convencionales.



Figura 18. Pulidor de granos. Fuente: (Crisci, 2017).

Los granos pulidos son transportados a los silos de pulmón por un elevador basculante de cangilones.

Son dos silos pulmón de capacidad de 4 toneladas cada uno, su función es alimentar los sistemas de envasado en sacos y bolsas (ver figura 19).

Características:

- Barnizado especial para legumbres.
- Tapón con sistema de carga.
- Zaranda motorizada.
- Sensores de nivel mínimo y máximo.
- Estructura portante en acero galvanizado.

Estos silos deben estar recubiertos en el interior con pintura de protección de grado alimentario antihongos y antibacterias para prevenir bacterias como: *Pseudomonas syringae*, *Clavibacter michiganensis*, *Pseudomonas fuscovaginae*, *Xanthomonas campestris*, etc.



Figura 19. Silos pulmón. Fuente: (Crisci, 2017).

El sistema electro-neumático para pesado y envasado en sacos con peso neto 25/50 kg tiene una capacidad de puesta en sacos de hasta 50 sacos/hora aproximadamente (ver figura 20).

Características:

- Confeccionadora vertical con sistema electro-neumático con mando con Controlador Lógico Programable (PLC) para rellenar y cerrar los paquetes con sistema de película térmica.
- Dosificador rotativo volumétrico de cangilones, en acero inoxidable, que incluye:
 - Sistema de transporte con ruedas, de acero inoxidable y dimensiones de 2 000 x 300 mm.
 - Sistema de apoyo sobre ruedas, de acero inoxidable para recoger los paquetes confeccionados. Compuesto de estructura de recogida de acero inoxidable, con diámetro de 1 100 mm, accionado por un motor-reductor independiente.



Figura 20. Sistema electro-neumático para pesado y envasado en sacos. Fuente: (Crisci, 2017).

La envasadora para puesta en bolsas (ver figura 21) de capacidades entre 250, 500 y 1 000 g (capacidad máxima de 2,4 t/h) tiene las siguientes características:

- Fabricante: Envasadora Tropical Food Machinery.
- Modelo TDG-100.
- Para el empaque de bolsas de 250, 500 y 1 000 g.
- Bolsas de tipo almohada.
- Sellado horizontal.

- Sellado vertical por impulso controlado de PLC.
- Fechador Hot Stamping (producto, peso, fecha de envase, fecha de vencimiento, lote).
- Control electrónico SIEMENS o WEG.
- Motor eléctrico marca SIEMENS o WEG 220/440 V, trifásico, 60 Hz.
- Equipo neumático en línea.
- Máquina equipada con mecanismo independiente para la transportación del material de embalaje.
- Cinta transportadora de salida de los paquetes.



Figura 21. Envasadora para puesta en bolsas. Fuente: (Crisci, 2017).

Las bolsas de granos pasan a la enfardadora, que tiene como función el empaquetado en fardos de las bolsas con producto final (ver figura 22).

Características:

- Confecciones de 20 x 5 /paquetes de 250 g.
- Confecciones de 20 x 3 /paquetes de 500 g.
- Confecciones de 10 x 3 /paquetes de 1 000 g.
- Sellado liso controlado directamente por impulso controlado de PLC.
- Sistema de cierre de mordaza sin necesidad de lubricación.
- Sistema neumático.
- Motor eléctrico marca SIEMENS o WEG 220/440 V, trifásico, 60 Hz.
- Sistema de ajuste automático de levante fardo con corrección del alto del fardo.
- Cinta trasera para auxiliar el posicionamiento de las bolsas en el fardo.
- Cinta de salida de la enfardadora de largo 2 m.



Figura 22. Enfardadora. Fuente: (Crisci, 2017).

Una vez enfardadas las bolsas de granos son paletizadas en una paletizadora en pallets de 1,20 x 0,80 m (ver figura 23). La conforma un cabezal con pre-estirado bimotorizado. Este cabezal pre-estira el film entre dos rolos de acero, recubiertos de goma o de un plasma coating, con diferentes velocidades. Esta diferencia de velocidad se produce porque cada rolo es accionado individualmente por 1 motor-reductor controlado por un variador de velocidad. Es por ello que el pre-estirado, puede ir desde 0 hasta lo que permita el film, en general hasta un 350 %. Todos los pallets salen exactamente iguales.

Características:

- Capacidad de carga de 3 000 kg.
- Diámetro del plato de 1 500 mm.
- Motorización del plato mediante 1 motor reductor de 0,74 kW de 1 500 rpm.
- Altura de la columna de 2 400 mm.
- Velocidad de giro del plato es controlada por 1 variador electrónico de velocidad.



Figura 23. Paletizadora. Fuente: (Crisci, 2017).

Una vez paletizados los granos son almacenados en una nave que incluye: sistema de iluminación, puertas enrollables, canales de agua externos y material de fijación (ver figura 10) hasta su posterior comercialización, concluyendo así el proceso de beneficio.

2.3 Balance de masa y energía del proceso

Balance de masa en la prelimpiadora:



Figura 24. Diagrama de bloques de la etapa de prelimpieza. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

L_s : Peso de sólido seco

X : % de pureza

$$L_{s1} * X_1 = L_{s2} * X_2$$

$$L_{s2} = \frac{L_{s1} * X_1}{X_2} = \frac{3\,750\text{ kg/h} * 0,9}{0,965} = 3\,497,41\text{ kg/h}$$

Balance de masa y energía en el secador con respecto a la humedad en el secador:

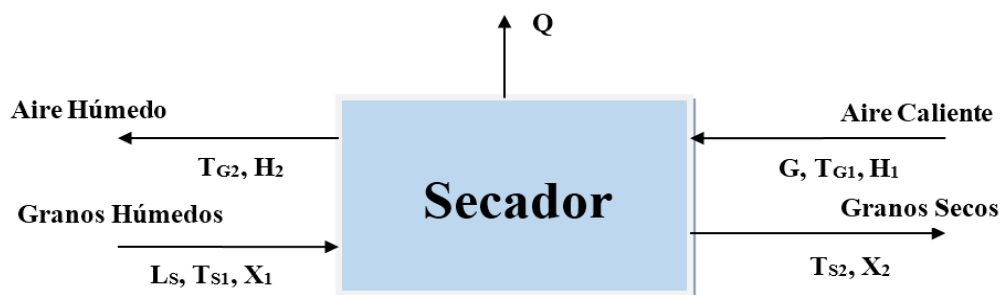


Figura 25. Diagrama de bloques de la etapa de secado. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

(1) Entradas

(2) Salidas

T_G : Temperatura del gas (aire)

H : Humedad

L_S : Peso de sólido seco

T_S : Temperatura del sólido

X : humedad total/peso de sólido seco

Q : pérdida de calor en el secado

Balance de materia con respecto a la humedad del proceso:

$$GH_1 + L_S X_1 = GH_2 + L_S X_2 \quad (1)$$

La entalpía del sólido húmedo está constituida por la entalpía del sólido seco más la del líquido como humedad libre.

$$H'_G = c_S(T_G - T_0) + H\lambda_0 \quad (2)$$

Donde H'_G es la entalpía del gas en kJ/kg aire seco, T_0 es la temperatura de referencia y es 0 °C, λ_0 es el calor latente del agua a 0 °C que es igual a 2 501 kJ/kg y c_S es el calor húmedo en kJ/kg aire seco*K.

$$c_S = 1,005 + 1,88H \quad (3)$$

$$H'_S = c_{pS}(T_S - T_0) + X_{c_{pA}}(T_S - T_0) \quad (4)$$

La entalpía del sólido húmedo H'_S en kJ/kg de sólido seco, donde c_{pS} es la capacidad calorífica del sólido seco en kJ/kg de sólido seco*K y c_{pA} es la capacidad calorífica de la humedad líquida en kJ/kg H₂O*K. Se desprecia el calor de humidificación.

El balance de calor para el secador es:

$$GH'_{G1} + L_S H'_{S1} = GH'_{G2} + L_S H'_{S2} + Q \quad (5)$$

Donde Q es la pérdida de calor en el secado en kJ/h.

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

A través de los balances se obtienen las dos variables necesarias para que el grano que sale del secador tenga la humedad requerida: el flujo másico de aire (G) y la humedad del aire a la salida (H_2).

Datos del secador:

$$T_{G1} = 93,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{G2} = 37,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{S1} = 26,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{S2} = 62,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_0 = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_0 = 2\,501 \text{ kJ/kg}$$

$$c_{pS} = 1,465 \text{ kJ/kg de sólido seco} \cdot \text{K}$$

$$c_{pA} = 4,187 \text{ kJ/kg H}_2\text{O} \cdot \text{K}$$

$$Q = 0 \text{ kJ/h (se considera despreciable la pérdida de calor en el secado)}$$

$$H_1 = 0,01 \text{ kg H}_2\text{O/kg de aire seco}$$

$$L_S = 3\,497,41 \text{ kg/h}$$

$$X_1 = 0,26 \text{ kg de humedad total/kg de sólido seco}$$

$$X_2 = 0,13 \text{ kg de humedad total/kg de sólido seco}$$

Para agilizar y poder hacer cálculos considerando variaciones en algunos parámetros, se introdujeron los datos reales del proceso en una hoja de Microsoft Excel.

Tabla 1. Resumen de los balances de masa y energía en el secador

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

Variables	Entrada (1)	Salida (2)
T_G : Temperatura del gas ($^{\circ}\text{C}$)	93,3	37,8
H : Humedad (kg H_2O /kg de aire seco)	0,01	x
L_S : Peso de sólido seco (kg/h)	3497,41	
T_S : Temperatura del sólido ($^{\circ}\text{C}$)	26,7	62,8
X : humedad total/Peso de sólido seco	0,26	0,13
Q : pérdida de calor en el secado (kJ/h)	0	
H_G entalpía del gas (kJ/kg)	120,53	112,13
H_S entalpía del sólido húmedo (kJ/kg de sólido seco)	68,18	126,18
c_S es el calor húmedo (kJ/kg aire seco $^{\circ}\text{K}$)	1,02	1,06
T_0 es la temperatura de referencia ($^{\circ}\text{C}$)	0	
λ_0 es el calor latente del agua a T_0 (kJ/kg)	2501	
c_{pS} capacidad calorífica del sólido seco (kJ/kg de sólido seco $^{\circ}\text{K}$)	1,465	
c_{pA} capacidad calorífica de la humedad líquida (kJ/kg $\text{H}_2\text{O}^{\circ}\text{K}$)	4,187	
G flujo másico de aire (kg aire seco/h)	24151,03	
H_2 humedad de salida (kg H_2O/kg de aire seco)	0,03	

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de los cálculos realizados según el balance se obtiene un flujo másico de aire (G) de 24 151,03 kg aire seco/h y una humedad de salida (H_2) de 0,03 kg H_2O /kg de aire seco.

A continuación, se presenta la solicitud de oferta para los posibles importadores del equipamiento:

2.4 Solicitud de oferta

1. Báscula de camiones

- Capacidad máxima: hasta 80 t.
- Dimensiones de la báscula: 18 x 3 m.
- 8 células de carga, incluyendo la computadora de recepción de datos e impresora incorporada para imprimir cada tique o factura.

2. Tolva de recepción

- Para la construcción de la tolva el fabricante deberá tener en cuenta el sistema basculante para el volteo de los camiones o carretas que acarrean el grano húmedo para una capacidad mínima de 10 t.
- Incluir techo de la tolva de recepción con toda su estructura metálica.

3. Plataforma hidráulica

- Capacidad máxima: hasta 40 t.
- Dimensiones: 12 x 3 m.
- Ángulo de inclinación máximo: 45 $^{\circ}$.

- Con doble limitador para diferente tipo de camión o carreta según el largo del transporte.

4. Prelimpieza

- Entrada impurezas máximo de un 10 %.
- Garantizar una salida de impureza entre un 3 o 4 %.
- Estará conectada a ventilador extractor y ciclón para extracción de polvo y partículas menores, granos vanos u otros.
- Se ubicarán ciclones de polvo con filtro de polvo y recolector de impureza, los que deben tributar a un silo de desperdicios.
- La estructura soporte de los equipos de limpieza será metálica y con pasillos para su operación, mantenimiento y fácil limpieza por parte de los operadores.

5. Silo de recibo

- Fondo cónico.
- Capacidad para 60 t.
- El galvanizado de los anillos, chapas que componen el silo será de 450 g/m² por cara, al igual que el cono, la otra parte del silo: techo será construido con espesor mínimo de 1,2 mm y 300 g/m².
- La estructura soporte de los silos será metálica con una galvanización de 400 g/m².
- Indicador de nivel máximo y mínimo, motor con paleta para realizar operaciones de llenado y vaciado.
- Sistema de aireación por ventilación forzada.
- La regulación de salida se realizará con válvulas eléctricas por mando automático y mecánica para el caso de rotura.

6. Secadero

- Capacidad de 60 t/día.
- Humedad máxima a la entrada de un 26 %.
- Humedad final del secado de 12,5 a 13 %, considerándose para tal efecto un proceso de secado continuo.
- El peso específico del grano seco es de:

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

- ✓ Frijol común 0,75 t/m³.
 - ✓ Frijol caupí 0,75 t/m³.
 - ✓ Maíz 0,75 t/m³.
 - ✓ Sorgo 0,75 t/m³.
 - Incorporado para la generación de los gases calientes durante el proceso para secar los granos dos posibilidades:
 - ✓ Con la utilización de horno de biomasa.
 - ✓ Con la utilización de quemador de diésel.
 - Se diseñará un sistema de extracción de ceniza para ser llevada a un silo y ser despedida a granel o en sacos. El silo debe tener una capacidad mínima de 12,5 m³.
 - La eficiencia del proceso de decantado de la ceniza para evitar contaminación ambiental debe ser del 98 % como mínimo.
7. Silo de almacenamiento
- Fondo cónico.
 - Capacidad para 500 t, con una densidad de 0,75 m³ para los granos.
 - El galvanizado de los anillos, chapas que componen el silo será de 450 g/m² por cara, al igual que el cono, la otra parte del silo: techo será construido con espesor mínimo de 1,2 mm y 300 g/m².
 - La estructura soporte de los silos será metálica con una galvanización de 400 g/m².
 - Indicador de nivel máximo y mínimo, motor con paleta para realizar operaciones de llenado y vaciado.
 - Sistema de aireación por ventilación forzada.
 - La regulación de salida se realizará con válvulas eléctricas por mando automático y mecánica para el caso de rotura.
 - Sistema de termometría.
8. Silo de expedición
- Fondo cónico.
 - Capacidad para 40 t.

- El galvanizado de los anillos, chapas que componen el silo será de 450 g/m² por cara, al igual que el cono, la otra parte del silo: techo será construido con espesor mínimo de 1,2 mm y 300 g/m².
- La estructura soporte de los silos será metálica con una galvanización de 400 g/m².
- Indicador de nivel máximo y mínimo, motor con paleta para realizar operaciones de llenado y vaciado.
- Con descarga a camión.

9. Ensacadora

- En sacos de 50 kg.
- Máquina de coser con hilo auto-cortado.
- Transportadores de banda con rieles de guiar del saco.

10. Envasadora

- Formatos en paquetes de 250, 500 y 1 000 g.
- Formato de bolsas en paquetes tipo almohada.
- Sellado horizontal y sellado vertical por impulso controlado del PLC.
- Fechador HOT STAMPING.
- Accionamientos eléctricos SIEMENS o WEG.
- Motores eléctricos marca SIEMENS o WEG 220/440 volt, trifásica, 60 hz +/- 10% fluctuación del voltaje.
- Equipos neumáticos.
- Pasaje del material de embalaje montado sobre mecanismo independiente de la estructura de la máquina.
- Cinta transportadora de salida de los paquetes.

11. Enfardadora

- Formatos en paquetes para: 250, 500 y 1 000 g.
- Sellado liso por impulso controlado directamente del PLC.
- Sistema de abre / cierre de mordaza sin necesidad de lubricación.
- Sistema neumático.
- Motores eléctricos marca SIEMENS o WEG 220/440 volt, trifásica, 60 hz. +/- 10% fluctuación del voltaje.

Capítulo II: Propuesta de una Planta de Beneficio de Granos

- Sistema de ajuste automático del levante Fardo con corrección del alto del Fardo.
- Cinta rápida trasera para auxiliar en el posicionamiento de las bolsas en el fardo.
- Cinta de salida de la enfardadora de 2 m.

Conclusiones parciales del Capítulo II

1. Se determinó que la tecnología más adecuada para el beneficio de la producción y comercialización de granos es la que se corresponde a Girasol Overseas.
2. Se realizó la descripción de la tecnología propuesta por Girasol Overseas para introducir en la UEB Acopio del municipio de Abreus.
3. En el balance de masa y energía del secador de granos se obtuvo un flujo másico de aire (G) de 24 151,03 kg aire seco/h y una humedad de salida (H_2) de 0,03 kg H_2O /kg de aire seco, que se corresponde con los parámetros de diseño para la planta.

Capítulo III

CAPÍTULO III. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económico-financiera de un proyecto, hecha de acuerdo con criterios que comparan flujos de beneficios y costos, permite determinar si conviene realizar un proyecto, o sea, si es o no rentable y si siendo conveniente, es oportuno ejecutarlo en ese momento o cabe postergar su inicio, además de brindar elementos para decidir el tamaño de planta más adecuado.

Los criterios de evaluación que se aplican con más frecuencia por los analistas de proyectos consisten en comparar precisamente los flujos de ingresos con los flujos de costos y los mismos se clasifican en dos categorías generales que son las técnicas para el análisis de la rentabilidad de la inversión (con y sin financiamiento) y las técnicas para el análisis financiero. A la primera categoría pertenecen los métodos actualizados como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) y a la segunda los análisis de liquidez.

El cálculo manual de los análisis financieros y de rentabilidad es muy trabajoso, con el riesgo a su vez de la posible introducción de errores de cálculo. Para evitar ello y aprovechando las ventajas que brindan las técnicas computacionales se han establecido programas de computación que de forma sencilla, precisa y rápida permiten obtener estos indicadores.

El VAN se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto a partir de la determinación por año de las entradas y salidas de divisas en efectivo, desde que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de operación o funcionamiento de la inversión.

Algunos autores recomiendan calcular la relación entre el Valor Actual Neto (VAN) y el costo de la inversión actualizado que representa la tasa de rendimiento actualizado del proyecto y se identifica con las siglas RVAN.

Entre las diversas variantes posibles, conviene escoger la que ofrezca la Tasa de Rendimiento actualizado de la Inversión RVAN más alta, o sea, una relación mayor entre los ingresos netos actualizados y la inversión requerida para obtenerlos.

Otro de los indicadores utilizados es la TIR, que representa la rentabilidad general del proyecto y es la tasa de actualización o de descuento a la cual el valor actual del flujo de

ingresos en efectivo es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivo. En otros términos, se dice que la TIR corresponde a la tasa de interés que torna cero el VAN de un proyecto, anulándose la rentabilidad del mismo.

El período de recuperación no considera la etapa referida a la construcción, por lo que se deduce el tiempo que media entre el inicio de la construcción y el momento de la puesta en explotación. Tampoco considera para su cálculo la corriente de costo y beneficio durante la vida productiva del proyecto después que se ha reembolsado el costo de inversión original.

La ventaja de este criterio radica en su simplicidad, pero su aplicación no sirve para comparar proyectos, dado que no considera el valor del dinero en el tiempo, sino que compara directamente valores obtenidos en distintos momentos.

Otra desventaja es que no analiza lo que sucederá después de recuperada la inversión, es decir, durante toda su vida útil, es por ello que se utiliza sólo como complemento del análisis de rentabilidad de inversión y de indicadores básicos como el VAN y la TIR.

Otro indicador es la razón beneficio-costos que compara el valor actual de las entradas de efectivo futuras con el valor actual del desembolso original y de otros gastos en que se incurran en el período de operación, o sea, la relación por cociente entre los beneficios y costos actualizados a un cierto momento, de manera que en este método las salidas de efectivo se separan de las entradas, no como en el VAN y el TIR donde los gastos futuros se engloban con los ingresos del mismo período y solo se incorpora al análisis el resultado neto, por lo tanto, este criterio solo es apropiado utilizarlo para decidir si un proyecto se debe ejecutar o no, a partir de que la regla de decisión es que si la razón beneficio-costos es igual o mayor que la unidad su ejecución es conveniente, ya que el valor presente neto del proyecto es positivo.

Se puede concluir que generalmente en criterios de evaluación y específicamente para los objetivos de este trabajo, conviene calcular para el proyecto el VAN y la TIR, y el resto solo como información adicional cuando se requiera (Quintana, 2016).

3.1 Cálculo de los Indicadores económicos

Una vez propuestos los equipos fundamentales de la planta, se efectuó el análisis económico, sobre la base de calcular el costo de inversión, el costo de producción y los indicadores de rentabilidad.

El estimado de estos indicadores se obtuvo aplicando la metodología referida por (Peters, 2003), para lo cual se trabajó sobre el programa Microsoft Excel.

3.2 Costo total del equipamiento

Para el estimado del costo total de inversión, se determinó el costo total del equipamiento, utilizado, el cual tiene gran incidencia en este, específicamente en los elementos que contiene la inversión fija, de esta manera se tiene que:

$$\text{Costo Inversión Total} = \text{Inversión fija} + \text{Inversión de trabajo} \quad (6)$$

$$\text{Inversión fija} = \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos} \quad (7)$$

Para la determinación del costo total de inversión de equipos se realizó un listado de los mismos, así como sus precios correspondientes en el año 2014, datos obtenidos del proyecto descrito en (ENPA, 2014). En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos.

Para obtener el valor del costo total actual de equipamiento se necesita calcular el costo actual en el 2016 de cada equipo de la planta, para ello se utiliza la ecuación referenciada en (Dysert, 2003; Peters & D, 2003; Whitesides, 2007):

$$\text{Costo actual (2016)} = \frac{\text{Índice de costo actual (2016)} * \text{Costo original (2014)}}{\text{Índice de costo original (2014)}} \quad (8)$$

Donde:

Índice de costo año 2014 = 567,1 (Bullock, 2016)

Índice de costo año 2016 = 556,8 (Bullock, 2016)

Tasa de cambio = 25 CUP

Tabla 2. Costo de inversión de equipos en CUP

Nombre de equipos	No Equipos	Costo Unitario (CUP)	Costo actualizado (CUP)	Costo total (CUP)
Báscula camionera	1	800 000	773 199,10	773 199,10
Plataforma hidráulica	1	754 820	729 532,68	729 532,68
Tolva de recepción	1	6 250	6 040,62	6 040,62
Elevador de cangilones	3	258 365	249 709,48	749 128,44
Separador vibrante	1	458 962	443 586,26	443 586,26
Despedradora	1	315 000	304 447,14	304 447,14
Separador densimétrico	1	600 000	579 899,32	579 899,32
Silos con fondo cónico	4	125 473	121 269,51	485 078,05
Transportador de banda cóncavo	2	96 254	93 029,38	186 058,76
Secador de granos	1	3 654 789	3 532 349,44	3 532 349,44
Pulidor de granos	1	193 564	187 079,39	187 079,39
Silos pulmón	2	202 892	196 094,89	392 189,78
Sistema electro-neumático para pesado y envasado en sacos	1	358 402	346 395,13	346 395,13
Envasadora para puesta en bolsas	1	625 478	604 523,78	604 523,78
Enfardadora	1	21 911,75	21 177,68	21 177,68
Paletizadora	1	12 500	12 081,24	12 081,24
Costo total actual de equipamiento (CTE)				9 352 766,81

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Costo total de la inversión

El capital de inversión se estimó mediante el método de la hoja de trabajo de (Peters & D, 2003). Se emplearon las fracciones aplicables a un proceso químico-tecnológico de plantas de procesamiento de sólidos tanto para los costos directos como los indirectos. Tales fracciones fueron variadas dependiendo de diferentes factores como el tipo de proceso, la ubicación de los equipos, etc. En la tabla 3 se ofrecen los resultados obtenidos para el caso de los costos directos mientras que en la tabla 4 los resultados para los costos indirectos.

Luego la tabla 5 muestra el resultado del cálculo de los términos Capital de Inversión Fija, Capital de trabajo y el Total de Inversión de Capital.

Tabla 3: Estimación de los costos directos en CUP.

Elementos a considerar	Fracción literatura	Fracción tomada	Costos directos (CUP)
Equipo comprado, E'			9 352 766,81
Entrega, fracción de E'	0,10	0,10	935 276,68
Subtotal: equipo entregado	-	-	10 288 043,50
Instalación de equipos comprados	0,45	0,45	4 629 619,57
Instrumentación y controles	0,18	0,18	1 851 847,83
Tuberías	0,16	0,16	1 646 086,96
Sistemas eléctricos	0,10	0,10	1 028 804,35
Edificios	0,25	0,25	2 572 010,87
Mejoras en el patio	0,15	0,15	1 543 206,52
Instalaciones de servicio	0,40	0,40	4 115 217,40
Total de los costos directos	1,69	1,69	27 674 837,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Estimación de los costos indirectos en CUP

Aspectos a considerar	Fracción literatura	Fracción tomada	Costos indirectos (CUP)
Ingeniería y supervisión	0,33	0,33	3 395 054,35
Gastos de construcción	0,39	0,39	4 012 336,96
Gastos legales	0,04	0,04	411 521,74
Honorario del contratista	0,17	0,17	1 748 967,39
Contingencia	0,35	0,35	3 600 815,22
Total de los costos indirectos	1,28	1,28	13 168 695,67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Determinación de la Inversión Total del Capital (TCI) en CUP

Capital de Inversión Fija (FCI)			40 843 532,68
Capital de trabajo (WC)			7 201 630,45
Inversión Total de Capital (TCI)	Según la literatura	Propuesto	48 045 163,12
	0,70	0,70	

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Estimación del costo de la materia prima, el precio de venta de los productos y el costo de operación de la mano de obra

Para su realización se introdujeron en la hoja de trabajo de (Peters & D, 2003) los costos de las materias primas que son frijoles negros, frijoles colorados, maíz, sorgo y soya (25 % de humedad y sucios) y el precio de venta de los productos que se obtienen en la planta de beneficio, los cuales son frijoles negros, frijoles colorados, maíz, sorgo y soya (12,5 a 13 % de humedad y limpios). En las tablas 6, 7 y 8 se presentan dichos resultados que luego serán empleados para el cálculo del Costo Total de Producción (CTP).

Tabla 6: Costo anual de la materia prima.

Materias primas			
Nombre de la materia prima	Precio (\$/t)	Cantidad anual (t/y)	Costo anual de las materias primas (\$/y)
Frijoles negros	18 565,10	3 000,00	56 159 427,50
Frijoles colorados	19 258,05	3 000,00	58 255 601,25
Maíz	6 600,00	3 000,00	19 965 000,00
Sorgo	6 600,00	3 000,00	19 965 000,00
Soya	18 565,10	3 000,00	56 159 427,50
Costo total anual de las materias primas (\$/y)			210 504 456,25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Valor de ingreso anual de los productos.

Productos			
Nombre del producto	Precio (\$/t)	Cantidad anual (t/y)	Costo anual de los productos (\$/y)
Frijoles negros	22 000,00	3 000,00	66 000 000,00
Frijoles colorados	23 100,00	3 000,00	69 300 000,00
Maíz	8 800,00	3 000,00	26 400 000,00
Sorgo	8 800,00	3 000,00	26 400 000,00
Soya	22 000,00	3 000,00	66 000 000,00
Precio de venta total de los productos (\$/y)			254 100 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Costos anual de operación de la mano de obra

Mano de obra			
Número de operadores por turno	Turnos por día	\$/h	Costo anual de operación de la mano de obra
25	2	5	500 000,00

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Estimación del costo de las utilidades

Las principales utilidades anuales que se necesitan para el proceso de obtención de granos beneficiados son: consumo de electricidad, petróleo y agua. En la tabla 9 se ofrecen los resultados.

Tabla 9: Costo de las utilidades en \$/y.

Utilidad	Costo unitario por defecto	Unidad de medida	Utilidad anual requerida	Unidad de medida	Costo anual de la utilidad en \$/y
Electricidad	0,092	\$/kWh	800 000	kWh/y	73 440,00
Petróleo	25,00	\$/GJ	250 000	\$/GJ	6 250 000,00
Agua general	0,10	\$/ m ³	900	m ³ /y	90,00
Costo total de las utilidades					6 323 530,00

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Estimación del Costo Total de Producción anual al 100 % de capacidad

El Costo Total de Producción (CTP) se determinó a partir de la información que se ofrece anteriormente para la evaluación económica. En la tabla 10 se recogen todos los datos que permitieron su determinación.

Tabla 10: Costo Total de Producción al 100 % de capacidad.

Factores	Factor que puede ser cambiado	Bases	Costo de bases \$/y	Costo \$/y
Materias primas				210 504 456,25
Mano de obra				500 000,00

Capítulo III: Evaluación económica

Operación de supervisión	0,1	De operación de trabajo	500 000,00	50 000,00
Utilidades				6 323 530,00
Mantenimiento y reparación	0,02	De FCI	40 843 532,68	816 870,65
Suministros operativos	0,1	De mantenimiento y reparación	816 870,65	81 687,07
Costo variable =				218 276 543,97
Impuestos de propiedad	0,01	De FCI	40 843 532,68	408 435,33
Financiamiento	0	De FCI	40 843 532,68	0,00
Seguro	0,004	De FCI	40 843 532,68	163 374,13
Depreciación	Se calcula separadamente			
Cargos fijos =				571 809,46
Sobrecarga de planta general	0,25	De trabajo, supervisión y mantenimiento.	1 366 870,65	341 717,66
Gasto general de obra =				341 717,66
Costo de manufactura =				219 190 071,09
Administración	0,01	De trabajo, supervisión y mantenimiento.	1 366 870,65	13 668,71
Distribución y venta	0,02	De c_o	228 337 228,95	4 566 744,58
Investigación y desarrollo	0,02	De c_o	228 337 228,95	4 566 744,58
Gasto general =				9 147 157,86
Costo Total de Producción sin depreciación = c_o =				228 337 228,95

Fuente: Elaboración propia.

La depreciación se tomó lineal del 10 % del Capital de Inversión Fija (FCI)

3.7 Indicadores dinámicos de rentabilidad

Una valoración de la factibilidad de la inversión se realizó sobre la base del cálculo de los indicadores dinámicos: VAN, TIR, PRD y RVAN, tomando una tasa de interés del 12 %. La estimación se realizó en un período de 10 años.

$$\text{Valor Actual Neto} = \sum_{k=1}^n \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+i)^k} - \text{Inversión total} \quad (9)$$

A partir de esta expresión, además de obtener el VAN, se determina la TIR (Tasa de Rendimiento Interna), y el PRD (Período de recuperación al descuento).

$$\text{RVAN (Índice de rentabilidad)} = \frac{\text{VAN}}{\text{Costo Total de Inversión}} \quad (10)$$

Los resultados obtenidos se determinaron por un programa realizado con la ayuda del Microsoft Excel, donde se evaluaron los indicadores económicos mediante la metodología planteada por (Peters & D, 2003), los cuales están en correspondencia con este tipo de planta en cuanto a su factibilidad teniendo en cuenta la venta del producto principal.

En la Tabla 11 se muestran los resultados de la evaluación de los indicadores para el estudio de la factibilidad.

Tabla 11. Resultados de los Indicadores de la factibilidad de la Inversión

Indicador	Valor
Valor Actual Neto (VAN)	70 100 340,70 CUP
Tasa Interna de Retorno (TIR)	41,49 %
Período de Recuperación al Descontado (PRD)	2,91 años
Índice de Rentabilidad (RVAN)	1,46

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26 se muestra el comportamiento del Plazo de Recuperación al Descontado (PRD) en un período de tiempo de 10 años.

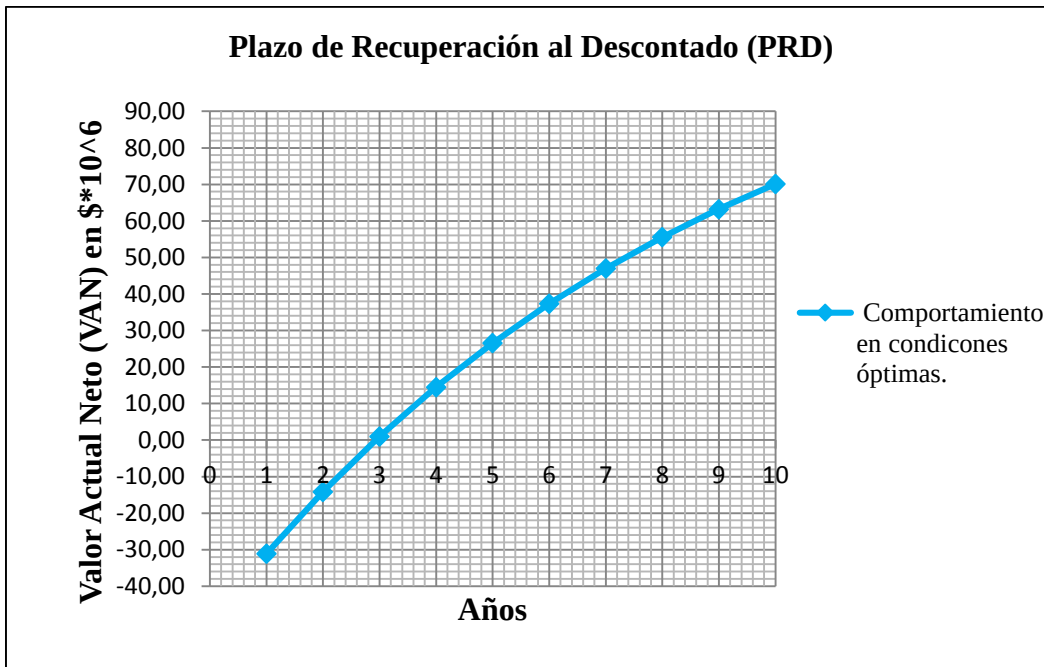


Figura 26. Determinación del Plazo de Recuperación al Descontado (PRD) en condiciones óptimas. Fuente: Elaboración propia.

Se puede concluir de la figura anterior que:

- El $VAN > 0$, por lo que el proyecto sujeto a estudio es factible, pues es capaz de generar suficiente ingreso indirecto (por concepto de ahorro) que permite pagar la inversión y los costos de operación.
- La $TIR = 41,49 \%$, valor mayor que la tasa de descuento, pero además es superior al criterio de aceptación para este indicador de rentabilidad establecido en $TIR \geq 16 \%$, lo que propicia la aceptación del proyecto.
- El período de recuperación de la inversión es de 2,91 años para un período de vida útil de 10 años, siendo económicamente viable el proyecto.

3.8 Análisis de riesgo

Toda inversión tiene un riesgo implícito, dado que las variables financieras que se manejan están ligadas a innumerables factores económicos, que en determinado momento pueden afectarlo reduciendo la rentabilidad del proyecto.

Para pronosticar el riesgo de un proyecto e integrarlo al análisis de evaluación, existen diversos métodos, tales como:

- Método estadístico.
- Método de tasa de descuento ajustada al riesgo.
- Métodos de equivalentes de certidumbre.
- Método de análisis de sensibilidad.

En este caso se realiza un análisis de sensibilidad, el cual permite evaluar diferentes escenarios al planeado, dado que todo lo planificado representa variables estimadas, que en determinado momento no pueden ser del todo iguales a la realidad, pudiendo presentarse variaciones a lo largo de la vida útil del proyecto. Este método utiliza el enfoque analítico-administrativo que tiene como propósito obtener el riesgo, una vez que se lleva a la práctica todo proyecto (Ramírez, 2002).

Para ello se consideró una primera variante en el que se disminuyó los precios de venta de los productos y se aumentó el costo de las materias primas en un 3 %. Las otras dos variantes

fueron similares, pero en un 5 y 7 %. Luego se analizaron los resultados obtenidos de los indicadores de rentabilidad.

Resultados de la variante 1:

A pesar de que los precios de venta se redujeron y los costos de la materia prima se incrementaron en un 3 %, el proyecto permanece rentable, arrojando un VAN de \$6 246 862,35; dado que es mayor que cero y no pierde su viabilidad, esto lo confirma la TIR con 15,05 %.

En la figura 27 se muestra el comportamiento del PRI en un período de tiempo de 10 años, en ella se puede apreciar que la inversión para esta variante se logra recuperar en un período de 8 años.

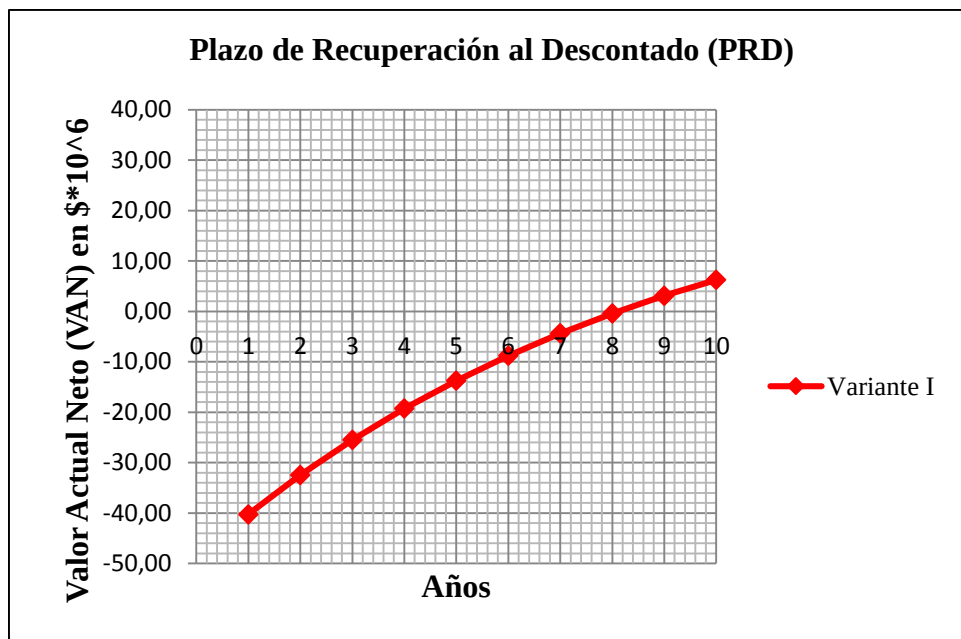


Figura 27. Determinación del Plazo de Recuperación al Descontado (PRD) en la variante I.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la variante 2:

Si los precios de venta se reducen y los costos de la materia prima se incrementan en un 5 % el VAN es de \$ -36 322 123,22. Por tanto si ocurrieran tales situaciones, no es favorable la realización de la inversión para la propuesta, como se puede apreciar en la figura 28.

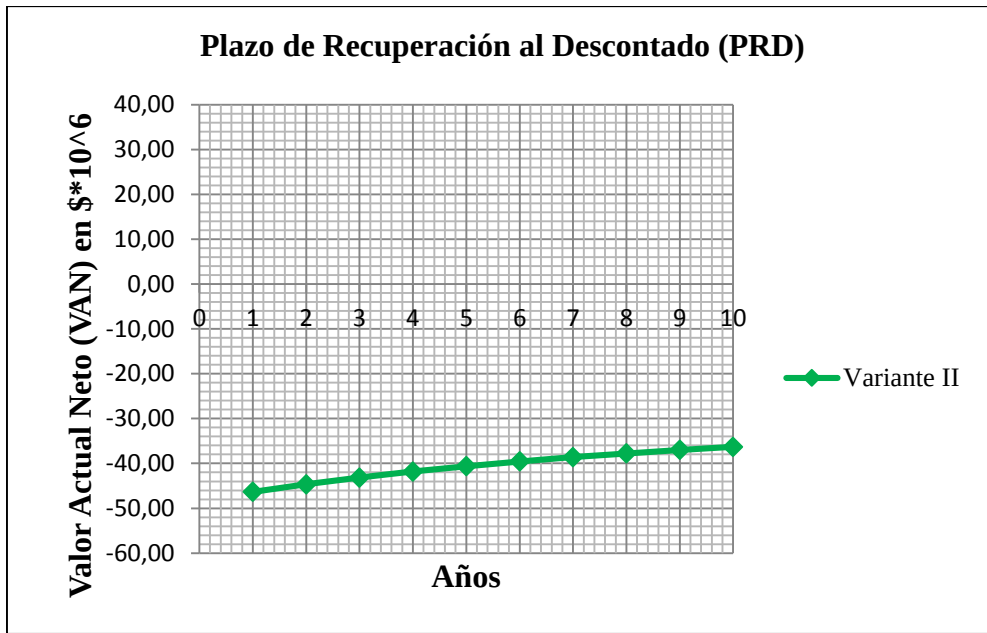


Figura 28. Determinación del Plazo de Recuperación al Descuento (PRD) en la variante II.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la variante 3:

Si los precios de venta se reducen y los costos de la materia prima se incrementan en un 7 % el VAN es de \$ -78 891 108,79. Por tanto si ocurrieran tales situaciones, no es favorable la realización de la inversión para la propuesta, como se puede apreciar en la figura 29.

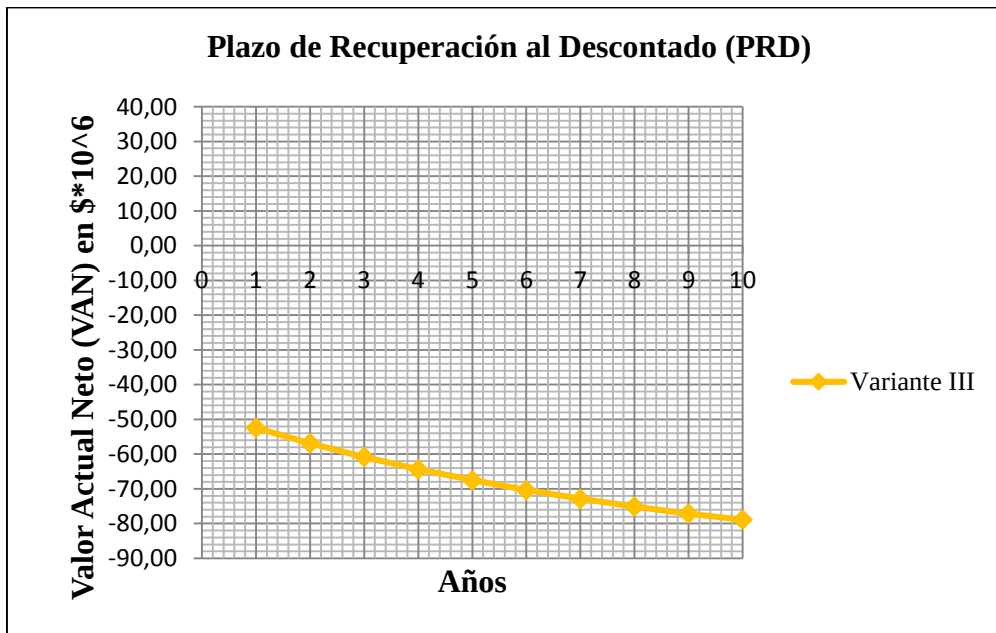


Figura 29. Determinación del Plazo de Recuperación al Descuento en la variante III. Fuente:

Elaboración propia.

Luego de haber realizado el análisis de sensibilidad, en la figura 30 se resume el comportamiento en condiciones óptimas y de las tres variantes estudiadas.

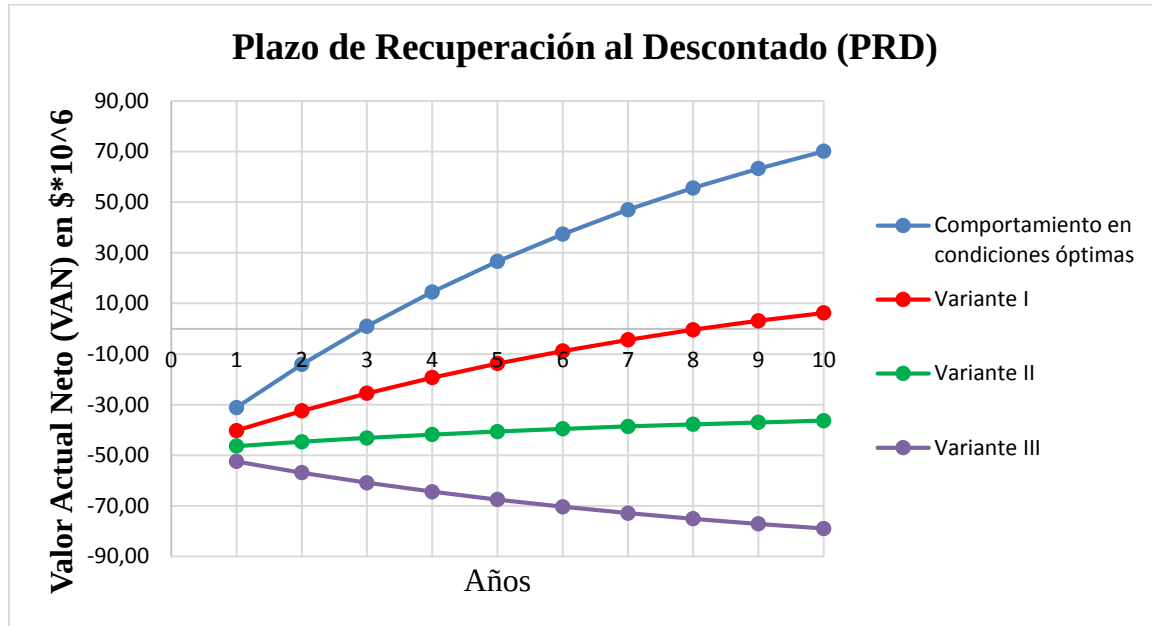


Figura 30. Resumen del comportamiento en condiciones óptimas y variantes de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

3.9 Consideraciones sobre el impacto ambiental y social de la propuesta

Durante el desarrollo del proceso se producen impactos al medio ambiente y a la sociedad de los cuales se deben tener conocimientos para poder mitigarlos:

- ❖ Generación de residuos sólidos.
- ❖ Generación de efluentes.
- ❖ Emisión de gases.
- ❖ Emisiones de partículas a la atmósfera.
- ❖ Generación de ruidos.
- ❖ Riesgos de accidentes personales.
- ❖ Riesgos de incendios.

3.9.1 Acciones para mitigar los impactos

Generación de residuos sólidos:

- ❖ Realizar una limpieza diaria de la planta para evitar aglomeración innecesaria de residuos.

- ❖ Acopiar en sitios adecuados los residuos a reutilizar y/o a reciclar, estos deben estar dispuestos en contenedores diferenciados con tapa. A su vez deben estar diferenciados en residuos orgánicos e inorgánicos.
- ❖ En ninguna circunstancia se debe utilizar la quema como método de eliminación de cualquier tipo de residuos.

Generación de efluentes:

- ❖ Disponer correctamente de los restos y productos líquidos (defensivos agrícolas, pinturas y lubricantes) en envases impermeables y en un lugar seguro con piso impermeable con el fin de evitar derrames y contaminación del agua y del suelo.
- ❖ En caso de derrame de aceites se recomienda cubrir con arena para su absorción, para luego recolectar y disponer como residuo sólido industrial.
- ❖ Administrar el uso del agua evitando derrames innecesarios. Realizar la limpieza diaria con métodos secos (escoba, pala, etc.) y no con agua y controlar además periódicamente los conductos de agua para evitar pérdidas.

Emisión de gases:

- ❖ Se recomienda la reforestación con especies nativas y creación de áreas verdes a forma de compensar la generación de gases de efecto invernadero por la quema de diésel en la caldera, principalmente el dióxido de carbono, ya que las especies vegetales absorben el CO₂ y lo convierten en oxígeno.
- ❖ Controlar la temperatura de las calderas para garantizar la quema completa del diésel, a fin de evitar la emanación de gases tóxicos que se producen en la combustión incompleta a temperaturas bajas (menor a 500°C).
- ❖ Efectuar las limpiezas programadas en los filtros de diésel para mantener la eficiencia de los mismos.

Emisiones de partículas a la atmósfera:

- ❖ Aunque la planta se encuentra alejada de poblaciones se recomienda la disposición de una barrera verde contra el polvo que consiste en la reforestación al interior de la planta. Esta pantalla verde ayudará a la retención del polvo además del ruido para que no se expanda hacia áreas vecinas.

- ❖ El personal necesariamente debe utilizar tapabocas durante las operaciones que generan mucho polvo, la misma deberá ser de carácter obligatorio y todas las maquinarias de transporte o que remuevan los granos y que pudieran causar polvos deberán estar encamisadas.
- ❖ Implementar un sistema recolector del material pulverulento dentro de la planta con el fin de purificar el ambiente (ciclones de absorción de polvos y basuras, con bolsas de recuperación) y el polvo orgánico recolectado puede ser destinado como abono para las áreas verde.

Generación de ruidos:

- ❖ Se recomienda la medición del nivel de ruido a fin de garantizar que no se encuentre por encima del nivel máximo permitido.
- ❖ Se recomienda el uso regular de protectores auditivos para los trabajadores expuestos a los ruidos permanentes de las maquinarias.
- ❖ Capacitar al personal para que tenga un comportamiento racional dentro del establecimiento y no realizar labores o actos ruidosos.

Riesgos de accidentes personales:

- ❖ En el lugar de trabajo se deben desarrollar Programas de Seguridad y Salud Laboral a fin de identificar, evaluar y controlar los peligros potenciales que pudieran surgir en las operaciones del almacenamiento de granos.
- ❖ Se deben además tomar las medidas con respecto a la señalización de los lugares con peligro.
- ❖ El personal del silo deberá contar con los medios de protección adecuados para las tareas que realiza: cascos, botas, tapabocas, etc. Además, deben estar capacitados.

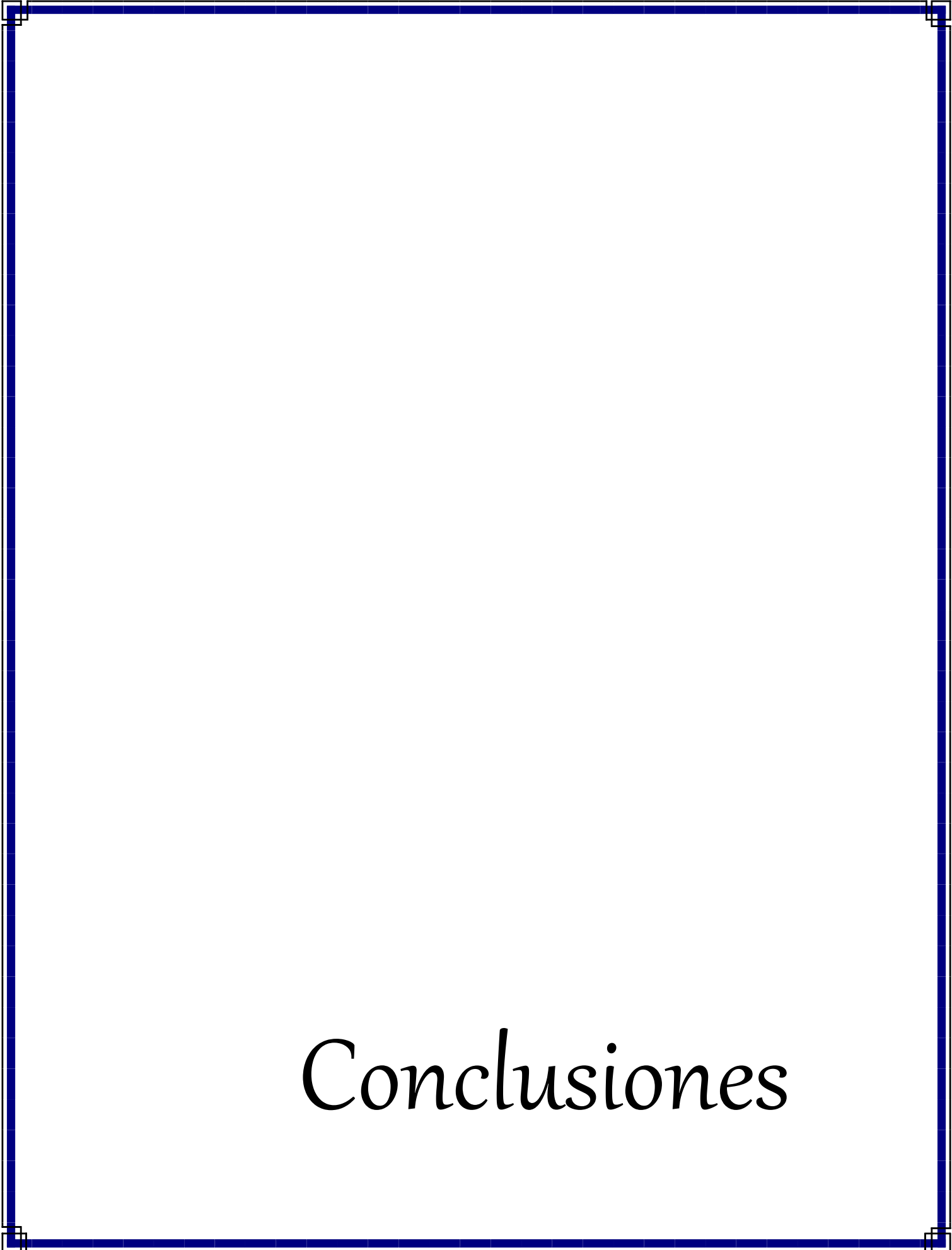
Riesgos de incendios:

- ❖ Se recomienda la implementación del siguiente Programa de Prevención y Combate de Incendios:
 - Colocación de más extintores.
 - Alarma de incendios.
 - Interruptor automático de energía.

- Contar con botiquín de primeros auxilios para casos de accidentes.
- El depósito deberá estar bien señalizado, indicando las zonas de peligro.

Conclusiones parciales del Capítulo III

1. La pre-factibilidad económica en condiciones óptimas arrojó que la inversión es favorable, puesto que el VAN es de 70 100 340,70 CUP, la TIR es de 41,49 %, puede ser recuperada en 2,91 años luego de puesta en marcha y el RVAN es de 1,46.
2. El análisis de sensibilidad demostró que la inversión desde el punto de vista financiero es rentable hasta un 3 % de variación de los costos de materias primas y los precios del producto.
3. La planta propuesta provoca afectaciones ambientales y sociales, con la aplicación de los métodos propuestos para mitigarlos, se reducen al mínimo.



Conclusiones

CONCLUSIONES

1. Se demuestra en este estudio las diferencias que existen entre algunos países, incluyendo Cuba, con respecto a los métodos utilizados para el beneficio de granos.
2. La tecnología más adecuada para el beneficio de la producción y comercialización de granos es la que se corresponde a Girasol Overseas, la elegida a introducir en la UEB Acopio del municipio de Abreus.
3. La evaluación económica en condiciones óptimas arrojó que la inversión es favorable, puesto que el VAN es de 70 100 340,70 CUP, la TIR es de 41,49 %, puede ser recuperada en 2,91 años luego de puesta en marcha y el RVAN es de 1,46.
4. La tecnología propuesta provoca afectaciones ambientales y sociales que, con la aplicación de los métodos propuestos, se reducen al mínimo.



Recomendaciones

RECOMENDACIONES

1. Hacer una visita por parte de la entidad inversionista a las plantas ya instaladas en Cuba y obtener toda la información técnica de las mismas.
2. Utilizar este estudio en aras de agilizar el montaje y puesta en marcha de algunas de las 36 plantas que se pondrán en funcionamiento en Cuba.
3. Establecer un sistema de calidad para lograr el mejoramiento continuo de los niveles de calidad en el proceso, una vez puesta en marcha la planta de beneficio de granos.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, R. y Peske, S. T. (1992). *Manual para el beneficio de semillas*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Retrieved from <http://ciat.library.ciat.cgiar.org/articulosciat/digital/SB118.3A33Manualparaelbeneficiodesemillas.pdf>
- Aldana, L. F. d. L. (2010). *Manual Producción Comercial y de Semilla de Frijol (Phaseolus Vulgaris L.)*. Guatemala: Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola (ICTA) Retrieved from <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/produccionSemillaFrijol.pdf>
- Araya, R., et al. (2010). *Semillas de buena calidad*. San José, Costa Rica: Proyecto FAO.
- Assennato, D. y Lucia, M. D. (2011). *La ingeniería en el desarrollo, manejo y tratamiento de granos poscosecha*. Depósito de documentos de la FAO: Departamento de Agricultura Retrieved from [http://ftpmirror.your.org/pub/misc/cd3wd/1005/ag_grain_handling_es_unfao_lp_1_08290 .pdf](http://ftpmirror.your.org/pub/misc/cd3wd/1005/ag_grain_handling_es_unfao_lp_1_08290.pdf)
- Autores, V. (2011). Alistados secaderos de arroz en Vertientes, Camagüey. *Juventud Rebelde*. Cuba. Retrieved from <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2011-07-06/alistados-secaderos-de-arroz-en-vertientes-camaguey/>
- Badiali, O. J. J. (2015). Acondicionamiento de semillas. Retrieved from <http://agro.unc.edu.ar/~cerylol/documentos/postcosecha/ACONDICIONAMIENTO%20DE%20SEMILLAS.pdf>
- Bullock, J. (2016). Economic Indicators. *Chemical Engineering*. Retrieved from www.chemengonline.com/pci
- Bustamante, C. (2016). Montan moderna planta de beneficio de granos en Granma. <https://cmkxradiobayamo.wordpress.com/2016/01/09/montan-moderna-planta-de-beneficio-de-granos-en-granma/>
- Cabrera, C. A. y Castillo, C. H. R. (2008). *Guía técnica para el manejo de variedades de frijol*. La Libertad, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENTA Retrieved from <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>

- Camellón, J. L. (2015). Instalan secaderos de granos en bases campesinas de Sancti Spíritus. *Escambray, Cuba*. Retrieved from <http://www.escambray.cu/2015/se-revitaliza-la-industria-de-granos-espirituana/>
- Ciro, A. (1993a). *Manual de manejo postcosecha de granos a nivel rural*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO
Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S01.htm>
- Ciro, A. (1993b). *Secado de granos y secadoras. Calidad de granos tendencias*. Depósito de documentos de la FAO, Argentina: Departamento de la Agricultura
- Crisci, L. (2017). *Planta para secado, almacenaje y empaque de legumbres y cereales para capacidad de 60 toneladas*: Documentación técnica de Girasol Overseas.
- Dávila, S.& Peske, S. & Aguirre, R. (1988). *Beneficio de Semillas*: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Retrieved from http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/digital/SB118.D3Beneficio%20de%20semillas.pdf
- Dysert, L. R. (2003). Sharpen Your Cost Estimating Skills. *Chemical Engineering journal*.
- Echevarría, M. C. (2014). *Postcosecha del grano de frijol: prácticas alternativas para su manejo*. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Granos Retrieved from <http://www.undp.org/content/dam/cuba/docs/Desarrollo%20humano/Palma-Agrocadenas/Poscosecha%20de%20granos-Folleto.pdf>
- Ennen, R. (2011). Earlier harvest and drying of soybean seed within intact pods maintains seed quality.
<http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=etd&seiredir=1&referer=http%3A%2F%2F>
- ENPA. (2014). Equipment supply proposal
- ENPA. (2017). Alcance y ejecución de los servicios técnicos de ingeniería al programa de granos.
- FAO, O. d. l. N. U. p. l. A. y. l. A. (2012). *Manual de manejo poscosecha del grano*. Roma, Italia Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S00.htm#Contents>
- Faria, R., Vieira, C. y Ramos, J. d. O. (1993). *Producao de sementes de feijao*. Vicosa, Rio de Janeiro, Brasil: Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais (EPAMIG).

- López, L. A. T. (2005). *Propuesta de automatización de beneficios secos de café utilizando PLC*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0274_CS.pdf
- Martínez, J. M. P. (2015). *Diseño de sistema automático para el secado y desgrane del frijol*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5139/6640284M385.pdf?sequence=1>
- MMAMR, M. d. M. A. y. M. R. y. M. (2010). *Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero: Limpieza de granos*. Retrieved from http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Limp-granos_tcm7-342509.pdf
- Molina, J. M. (2017). *Expanden inversión arroceras en Cienfuegos*. Retrieved from <http://www.granma.cu/cuba/2017-01-08/expanden-inversion-arrocera-en-cienfuegos-08-01-2017-22-01-31>
- Peters, M. S. y D, T. K. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (Quinta edición ed.).
- Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero. (2010). Ministerio de medio ambiente. Retrieved from http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Limp-granos_tcm7-342509.pdf
- Prelimpieza y limpieza de arroz Paddy. (2006). Retrieved from <https://www.conarroz.com/pdf/Limpiezadegranos.pdf>
- Programa Integral de los Polos Productivos de Granos. (2016).
- Pupo, R. (2014). *Nuevas inversiones elevarán producción de frijoles en Cuba*. *Cubadebate*.
- Quintana, C. B. (2016). *Propuesta de una destilería de etanol en la UEB Central Azucarero "Elpidio Gómez"*. (Trabajo de Diploma) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Ramírez, E. N. (2002). *Proyecto de inversión para la industrialización y comercialización del grano de amaranto en diversos productos en Huajuapán de León, Oaxaca*. (Trabajo de Diploma) Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.

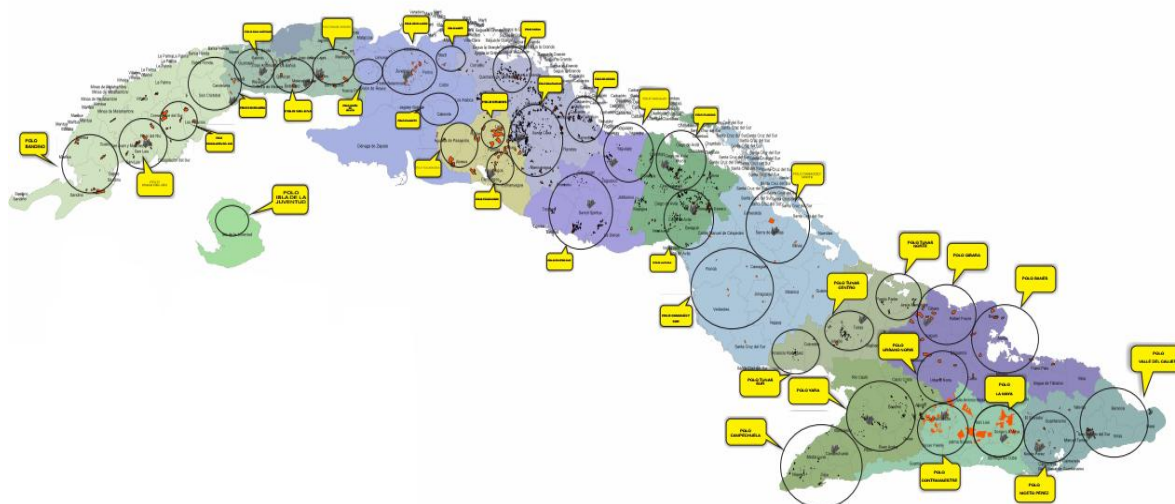
- Restrepo, J. H. A., Martínez, T. R. y Carmona, M. J. (2001). *Tecnología para la producción y manejo de semilla de frijol para pequeños productores*. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
- Restrepo, J. H. A, Martínez, T. R. y Carmona, M. J. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble*: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Retrieved from <http://www.fao.org/co/manualfrijol.pdf>
- Rivas, R. S. (2016). Terminan los viajes del arroz. *Granma*. Cuba. Retrieved from <http://www.granma.cu/cuba/2016-07-27/terminan-los-viajes-del-arroz-27-07-2016-20-07-39>
- Rivera, M. E. C. (2007). *Diseño de una Secadora de Arroz con Intercambiador de Calor para una Piladora*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Salazar, A. G., et al. (2014). Establecimiento de plantas beneficiadoras de frijol negro en Zacatecas: un estudio sobre ubicación óptima de instalaciones. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/674/67432507005.pdf>
- Silva, C. R. E. y Solano, M. A. Q. (2011). Tecnología de Cereales y Leguminosas. *State Compensation Insurance Fund*. Retrieved from http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232017/Archivos_syllabus/Procesos_de_cereales.pdf
- UNAD, U. A. a. D. (2013). Operaciones de acondicionamiento de granos. Retrieved from http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211615/Modulo_exe/211615_Mexe/leccion_4_operaciones_de_acondicionamiento_de_granos.html
- Villa, J. F. (2016). Montan moderna planta de beneficio de semillas en Bayamo, Granma. *La Demajagua*. Cuba. Retrieved from <http://lademajagua.cu/montan-moderna-planta-beneficio-semillas-bayamo-granma/>
- Villalobos, R. A. (2013). *Protocolo para el manejo poscosecha de la semilla de frijol*. San José, Costa Rica: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3410s.pdf>

Whitesides, R. W. (2007). Process Equipment Cost Estimating by Ratio and Proportion.
Retrieved from www.PDHcenter.com

Anexos

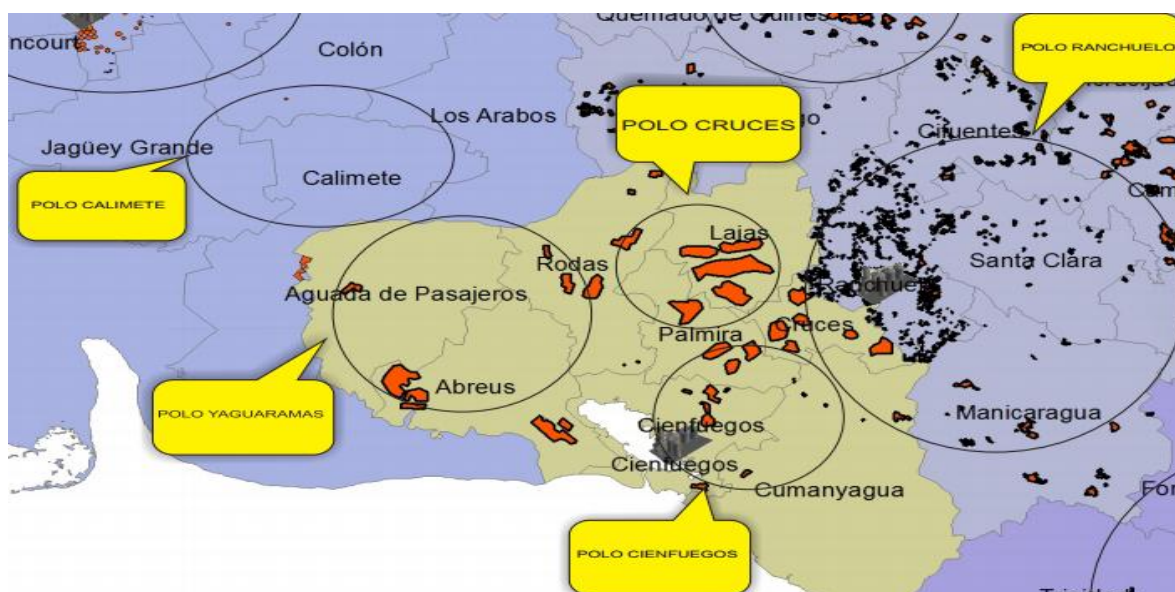
ANEXOS

Anexo A. Mapa de los polos productivos aprobados por el Ministro de la Agricultura para la importación y puesta en marcha de plantas de beneficios de granos en toda la región de Cuba.



Fuente: Empresa de Proyectos de Ingeniería (ENPA) de Cienfuegos.

Anexo B. Mapa de los polos productivos aprobados por el Ministro de la Agricultura para la importación y puesta en marcha de plantas de beneficios de granos en la provincia de Cienfuegos.



Fuente: Empresa de Proyectos de Ingeniería (ENPA) de Cienfuegos.

Anexo C. Tabla resumen de ubicación y capacidades de las plantas de beneficio de granos que se quieren poner en marcha en Cuba.

Provincia	Polo productivo	Municipios que lo integran	Empresas que lo integran	Producción 2020 entrega industrial (t)				
				Área ha	Frijol	Frijol caupí	Maíz	Sorgo
Pinar del Río	3	11	18	10 500	10 000	0	4 000	9 500
Artemisa	2	10	10	3 157	3 253,2	0	12 628	0
Mayabeque	2	9	10	3 076	5 600	0	5 000	0
Matanzas	4	11	13	13 700	13 700	0	37 500	0
Villa Clara	3	12	12	8 236,7	6 810,8	326,9	17 284	540,05
Cienfuegos	3	8	11	6 556,5	13 486	0	18 389	0
S. Spíritus	2	8	12	8 046	8 588	0	13 540	0
C. de Ávila	2	9	11	8 300	7 400	0	22 900	4000
Camagüey	2	13	16	4 293	3 000	0	9 233,4	0
Las Tunas	3	8	8	5 471,7	8 178,5	1 424,4	11 124	1 281
Holguín	3	12	15	12 331,2	7 236,7	1 608,4	12 554,7	1 000
Granma	2	13	13	4 692,41	5 520,8	300	12 184,2	0
S. de Cuba	2	6	12	21 700	6 100	200	43 200	200
Guantánamo	2	7	8	4 065,9	2 889,2	384,3	8 837,5	26
MEIJ	1	1	1	1 400	1 400	0	0	0
Total	36	138	170	115 526,4	103 163	4 244	228 374,8	16 547,05

Fuente: Elaboración propia.