

**Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”**

**Facultad de Ciencias Técnicas**

**Departamento de Química e Ingeniería Química**



**Trabajo de Diploma**

**Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.**

**Título: Propuesta de mejora para el control del proceso de conservación de granos en Silos Metálicos Refrigerados (SMR).**

**Autor:**

Dainerys Febles Abreu

**Tutores:**

Dr. C Jesús Luis Orosco

Dr. C Yoney López Herbis

**Matanzas, 2016**

## **Declaración de Autoridad**

Yo, Dainerys Febles Abreu, declaro que soy la única autora de este trabajo de diploma y lo pongo a disposición de la Empresa de Silos y de la Universidad de Matanzas, Sede "Camilo Cienfuegos", para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que se estime conveniente.

---

Firma



**Pensamiento**

*El mundo de hoy es un hervidero de criterios y el debate aumenta en la misma medida en que los problemas se acrecientan y la búsqueda de soluciones se torna más y más perentoria. La humanidad en los albores del siglo XXI, se enfrenta a grandes desafíos, y la única opción para vencerlos es el conocimiento fundamentado y avalado de los hechos, y el dialogo sensato. Solo con inteligencia y disposición a escuchar los distintos criterios se podrá construir y merecer el porvenir.*

*Fidel Castro Díaz Balart*

*A mi madre....*

*A mi abuelo...*

**Agradecimientos**

- *A mi madre por darme la vida y estar siempre presente.*
- *A mi abuelo por esperar este momento.*
- *A mi familia en general.*
- *A mis amistades por saber decir presente.*
- *A mis tutores por estar dispuestos a ayudarme a pesar de no contar con tiempo disponible.*
- *A todos aquellos que conviven conmigo y saben entender mis malcriadeces.*
- *A todos los que de una forma u otra hicieron este sueño realidad.*

*A todos,  
Muchas Gracias*

### **Resumen**

Ante la creciente necesidad del país de disminuir las importaciones de granos de maíz, se hace necesario incrementar la producción nacional y consecuentemente mejorar las instalaciones destinadas a su almacenamiento y conservación, teniendo en cuenta las particularidades de nuestros granos, los cuales tienen un mayor nivel de humedad que los importados. Debido a esto se hace imprescindible adicionar secadores en las instalaciones, lo que traerá como resultado una mejora en la calidad de los granos y permitirá que estos estén almacenados durante un mayor período de tiempo. El presente trabajo en función de mejorar la calidad de almacenamiento se implementa la metodología de haccp, para identificar los puntos críticos de control, con el objetivo de controlar las condiciones operacionales y ambientales dentro de la producción. Además, se determinan los parámetros de operación del secador propuesto con una longitud y un diámetro de 13 m y 1.5m respectivamente. La propuesta tiene un valor 109 627 CUC, con un tiempo de recuperación de la inversión de 1.5 meses y un costo por peso de 0.03.

**Abstract**

With the increasing need of the country to reduce imports of corn kernels, it is necessary to increase domestic production and consequently improve the facilities for storage and conservation, taking into account the particularities of our grains, which have a higher level of moisture imported. Because of this it is essential to add dryers on the premises, which will result in an improvement in the quality of grains and allow these to be stored for a longer period of time. The present work in terms of improving the quality of storage HACCP methodology is implemented, to identify critical control points, in order to control the operational and environmental conditions in production. In addition, the operating parameters of the proposed dryer with a length and a diameter of 13 m and 1.5m respectively are determined. The proposal has a fixed capital investment of 109 627 CUC, with a payback period of 1.5 months and a cost per revenue of 0.03.

## Índice

Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO 1. Marco teórico referencial de la investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Generalidades .....</b>	<b>4</b>
1.1.1. Importancia del almacenamiento de granos.....	4
1.1.2. Los silos metálicos .....	4
1.1.3. La Empresa de Silos de Matanzas, Cuba.....	5
1.1.4. Tecnología de almacenamiento en SMR .....	6
<b>1.2. Agentes que causan el deterioro de la calidad de los productos almacenados. Indicadores de calidad .....</b>	<b>7</b>
1.2.1. Indicadores de calidad.....	7
1.2.2. Agentes biológicos .....	7
1.2.3. Factores físicos.....	8
<b>1.3. Sistemas de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (HACCP)....</b>	<b>12</b>
1.3.1. Metodología para implantar el sistema HACCP .....	14
1.3.2. Aspectos generales de los principios del HACCP .....	15
<b>1.4. Secado del grano.....</b>	<b>19</b>
1.4.1. Secadores.....	20
1.4.2. Silos y almacenes.....	20
<b>1.5. Conclusiones parciales del capítulo .....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo 2. Materiales y métodos.....</b>	<b>24</b>
2.1. Caracterización del proceso de almacenamiento y conservación de granos .....	25
2.2. Determinación de los principales parámetros que se controlan .....	26
2.2.1. Temperatura.....	26
2.2.2. Contenido de humedad .....	27
2.2.3. Prevención y control de plagas .....	29
2.2.4. Muestreo y aseguramiento .....	29
2.3. Evaluación del proceso.....	35
2.3.1. Determinación de los puntos críticos .....	35

2.3.2. Valoración de cambios en el proceso .....	36
2 .4. Valoración Económica .....	39
<b>Capítulo 3. Análisis de resultados</b> .....	<b>41</b>
3.1. Análisis del comportamiento de las temperaturas en el silo caso de estudio .....	41
3.2 Análisis de la temperatura, la humedad y el plagamiento según los criterios de control.....	43
3.3. Implantación de HACCAP en la Empresa de silos.....	44
3.4 Resultados del diseño del secador rotatorio .....	54
3.5. Resultados del análisis económico.....	55
<b>Conclusiones</b> .....	<b>58</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>59</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>60</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>63</b>

### **Introducción**

A inicios del milenio la población mundial ha aumentado considerablemente, las necesidades alimentarias han sido mayores de acuerdo con el aumento demográfico y en cambio, la producción de los productos y subproductos para la alimentación no ha crecido de acuerdo con el crecimiento poblacional. Según la estimación de la FAO, en el futuro la demanda de los alimentos aumentará un 3 % por año, sin embargo, la producción alimentaria únicamente tendrá un aumento del 2,8 % por año, unido a la fabricación de biocombustibles (LANDIS, 2008). Por lo que el almacenamiento y conservación de los productos y subproductos (granos, cereales, frutas, hortalizas, conservas, productos industrializados, entre otras.) para la alimentación humana y animal requieren de mayor atención con el fin de solventar todas las necesidades.

La cadena del maíz ocupa un lugar prioritario en el desarrollo de casi todos los países del mundo debido a su capacidad de generación de empleo, inversión, desarrollo regional y a las innumerables oportunidades de crecimiento y progreso que ofrece (BERRY, ROBERTS y SCHLENKER, 2012). Este fenómeno se observa tanto en los países que lo producen en gran cantidad, como Brasil, los Estados Unidos o la Unión Europea; como en aquellos que deben importarlo para abastecer sus industrias como Japón o Corea.

El cultivo del maíz en el continente americano representa casi el 40 % del área ocupada en el mundo por este cultivo. En América del Norte, los Estados Unidos son el centro productor, con más del 45 % de la producción mundial y constituye el cultivo más importante, utilizando para la alimentación humana y como alimento básico de las dietas para animales (PALIWAL et al., 2001). Dentro de Latinoamérica, todos los países cultivan este cereal, entre ellos se destacan, Brasil, México y Argentina. En este contexto, se describen diversos factores, bióticos y abióticos, que son los causantes de pérdidas en la producción y almacenamiento de maíz a nivel mundial. Factor abiótico es, principalmente, la infertilidad del suelo y los

insectos poscosecha como factor biótico; en conjunto estos factores son responsables de pérdidas entre 70 a 95 % de la cosecha cuando las condiciones de cultivo y almacenamiento son deficientes. Las plagas causan pérdidas superiores al 10 % durante la producción y de 10 a 20 % en poscosecha.

En Cuba debido a la especialización en el cultivo de la caña de azúcar, arroz, viandas y cítricos la producción de otros granos y cereales como maíz y leguminosas (Feitó 2014) es escasa por lo que se importan grandes cantidades para garantizar el consumo humano y animal. Es por esto que la conservación de los mismos en óptimas condiciones reviste mayor importancia. Las condiciones tropicales imperantes en Cuba, favorecen grandemente la proliferación de las plagas dentro de los almacenes (ACOSTA, 2012; PALIWAL et al., 2001; YANG et al., 2012), debido a que estas requieren valores elevados de temperatura para su desarrollo, reproducción y mantenimiento en el ambiente.

La Empresa de Silos, en Cuba, es la encargada del almacenamiento y la conservación de cereales de importación para la reserva estatal del país, además de abastecer las industrias de producción de piensos para consumo animal y elaboración de harina para consumo humano.

Previendo en el futuro, un aumento de la producción nacional de cereales, con el objetivo de disminuir las importaciones, se pretende instalar secaderos, para garantizar la conservación por tiempo prolongado y no tener pérdidas por conceptos de infestación, infectación o por deterioro del grano debido a las altas temperaturas y humedades.

La aplicación del HACCP está concebido para garantizar la inocuidad de los alimentos y bebidas, por lo que centra su atención en la identificación, evolución y control de peligros físicos, químicos y microbiológicos, siendo el último objeto de mayor atención por su frecuente aparición en la población, lo que obliga establecer rigurosos controles al proceso de elaboración y consumo en función de los clientes. (NC: 143:2010). La introducción del HACCP en la actualidad se ha convertido en un requisito para la industria alimentaria. Se convierte en un sistema estándar de

seguridad mínimo de la industria alimentaria a nivel mundial. La Unión Europea, Japón, Canadá, están de alguna manera exigiendo a sus proveedores el sistema.

A partir de lo planteado anteriormente se puede definir el siguiente problema:

### **Problema:**

¿Cómo se puede reducir la importación de maíz y lograr la sustitución por maíz de producción nacional, que cumpla con los parámetros de humedad y temperatura requeridos?

### **Hipótesis:**

Si se analiza el comportamiento de los parámetros de calidad del maíz en los silos refrigerados se podrá proponer una tecnología para el secado que garantice los parámetros de calidad de almacenamiento.

### **Objetivo:**

Proponer una tecnología para el secado de maíz de producción nacional que garantice los parámetros de calidad de almacenamiento.

### **Objetivos específicos:**

1. Realizar una búsqueda bibliográfica para determinar los principales parámetros que afectan el almacenamiento de maíz en los silos metálicos refrigerados y para determinar el tipo de secador a utilizar.
2. Realizar la caracterización estadística de la temperatura.
3. Realizar un análisis de los puntos de control críticos a partir del método de Haccp.
4. Diseñar el secador de tambor rotatorio.
5. Analizar la factibilidad económica de la propuesta.

### **CAPÍTULO 1. Marco teórico referencial de la investigación**

En este capítulo aparecen abordados como son reflejados en la literatura nacional e internacional los distintos temas que servirán de soporte y guía en esta investigación.

#### **1.1. Generalidades**

El almacenamiento en silos metálicos refrigerados (SMR) (ver anexo 1) es una de las principales tecnologías utilizadas para la conservación de grandes cantidades de granos durante largos períodos.

##### **1.1.1. Importancia del almacenamiento de granos**

El crecimiento de la población y de la producción está dando lugar a un aumento de la demanda de silos metálicos y soluciones para el almacenamiento del grano.

En 1961 la población mundial era de tres mil millones de personas y la producción mundial de cereales fue de 876 millones de toneladas. Hoy día, somos más de siete mil millones de personas en la Tierra y la producción mundial de cereales es 2 282 millones de toneladas (FAO, 2015). A medida que la población mundial se acerca a los nueve mil millones de habitantes, no solo la producción de grano va en aumento, sino que también se hace mayor la necesidad de un almacenamiento que logre mantener los alimentos seguros.

##### **1.1.2. Los silos metálicos**

En su nivel más básico, la función primaria de los silos metálicos es proporcionar protección para aumentar la vida útil del grano almacenado y así aumentar la seguridad alimentaria, definida por Juan Carlos Hurtado, Ministro de Agricultura del Perú, como la implementación de mecanismos estatales que aseguren a la población un abastecimiento permanente de alimentos durante los 12 meses del año, inicialmente tomando como referencia la composición de la actual canasta familiar. (Bravo, 2008)

Dichos silos evitan pérdidas de contaminación por plaguicidas, hongos, contaminación por excretas, pelos y orines de roedores, insectos muertos, entre otros, son un elemento esencial en el funcionamiento global, la columna vertebral

por así decirlo del sistema de almacenamiento de grano, además de constituir la base sobre la que se instalan equipos para monitorizar la temperatura, la humedad, el volumen y la calidad del grano.

Los silos tienen la capacidad de albergar una gran variedad de productos para clientes de sectores tan diversos como el agrícola, el alimentario, el sector de los biocombustibles o el de las biomasas.

### **1.1.3. La Empresa de Silos de Matanzas, Cuba**

En el año 2016, surge la iniciativa de crear la Empresa de Silos de Matanzas (EMSIL), perteneciente en aquel momento al Ministerio del Azúcar (MINAZ) con la intención de dedicarla al almacenamiento de granos en Silos Metálicos Refrigerados (SMR). Posteriormente pasa a formar parte del Ministerio de la Agricultura (MINAG), adoptando el 71 % de los silos del país, con el objetivo de responder por la integridad y calidad de productos de la reserva material del estado, con la red de Silos Metálicos Refrigerados marca Kepler Weber, de tecnología brasileña.

Durante estos años se le otorga novedad y relevancia a esta organización convirtiéndola en un objetivo estratégico al poder contar con almacenaje de grano ante posibles catástrofes o períodos especiales (tiempo de guerra), además asegura capacidad de almacenaje para diferentes tipos de productos, importados en diferentes momentos del año, que permiten hacer compras de mayor cantidad con la mejor relación calidad-precio, asequible a las condiciones económicas de Cuba. Por otra parte, esta Empresa colabora con la disminución de las importaciones en el país, al almacenar granos de producción nacional, y garantizar materia prima para el consumo industrial en la producción de pienso que a su vez permite la producción de huevo y carne.

El servicio de conservación de granos resulta sumamente importante para el desarrollo del país, y es prestado en primer lugar al Instituto Nacional de la Reserva Estatal (INRE), como principal cliente, para mantener las cantidades de grano importado o de producción nacional, que aseguran la reserva estatal, y además a compradores internos del producto, para mantener inventarios operacionales de materia prima necesarios para el consumo industrial.

Señalar que las pequeñas cantidades de maíz que para la producción de la harina integral de maíz que elabora la propia Empresa, se almacenan en estos silos. Además, existen 24 plantas de molinado asociadas a las posiciones silos, de ellas, 11 se encuentran en operación en estos momentos y 13 se encuentran paralizadas debido a que la demanda de la harina aprobada por el Ministerio de Economía y Planificación (MEP) no justifica su explotación y se mantienen en conservación.

Hoy un moderno sistema de termometría se incluye entre las mejoras tecnológicas que incorpora la EMSIL para propiciar condiciones adecuadas de conservación, almacenaje y comercialización de sus productos, para medir la temperatura y humedad en 125 silos metálicos refrigerados distribuidos por el país. La entidad también invierte en el montaje de laboratorios, sistemas de protección contra incendios, balanzas digitales, aspiradoras y medios de trabajo.

### **1.1.4. Tecnología de almacenamiento en SMR**

El montaje de los Silos Metálicos Refrigerados Kepler Weber en Cuba, de tecnología brasileña, se concibe en tres etapas fundamentales, creando instalaciones preferiblemente a la intemperie, aunque existen silos bajo techo que incrementan los riesgos de la conservación de los productos. Las principales diferencias tecnológicas entre la primera y segunda etapas se describen seguidamente:

En los silos de la primera etapa se alimenta el elevador de grano a través de un sinfín. Por lo general todos tienen anexa una planta de molinado. Se transporta el grano por conductores de cadena (incrementando granos partidos y como consecuencia el polvo por la acción de la presión mecánica que recibe). Se descarga el grano dentro del silo con esparcidores que concentran las impurezas constituidas por material orgánico, tierra y mucho polvo de los propios granos, en el centro del silo, zonas que no enfrían como los granos en el resto del silo, por lo que es allí donde ocurren los incrementos de temperaturas, el crecimiento de microorganismos y el posible deterioro del producto almacenado dificultando la transferencia de calor, dilatando el tiempo de enfriamiento de los granos y disminuyendo los tiempos entre refrigeraciones. En su mayoría se encuentran bajo techo.

En los silos de la segunda etapa se transporta el grano por conductores de banda. El grano se descarga del silo por un sistema de tres canales con amortiguadores

(evitando el incremento de granos partidos, pero dificultando la limpieza y desinfección). Poseen el sistema de descarga ensacada con un silo pulmón, báscula ensacadora y máquina cosedora de sacos. En su mayoría se encuentran a la intemperie.

### **1.2. Agentes que causan el deterioro de la calidad de los productos almacenados. Indicadores de calidad**

#### **1.2.1. Indicadores de calidad**

Los indicadores fundamentales de calidad para los granos son (Gari 2016):

1. Condiciones organolépticas (color, olor, homogeneidad).
2. Clasificación del producto (granos partidos, picados, dañados y materias extrañas).
3. Parámetros microbiológicos (toxinas, micología).
4. Parámetro fitosanitario (Humedad, peso hectolitro, entomológicos).

#### **1.2.2. Agentes biológicos**

Existen agentes que causan el deterioro de la calidad de los productos almacenados como: microorganismos (hongos, bacterias y levaduras), insectos y ácaros, roedores, pájaros y la actividad metabólica (*Martínez C, Feitó, Covas y Barrera 2015*).

*Hongos*: es el tipo más importante de microorganismos que causan o favorecen el deterioro (CNSV). Aunque pertenecen al reino vegetal, los hongos no tienen clorofila y son por tanto incapaces de fabricar su propio alimento mediante fotosíntesis. En consecuencia, viven como parásitos de otros organismos vivos, o como saprofitos organismos vivos inactivos o de cuerpos muertos. Los hongos parásitos pueden causar enfermedades en el organismo huésped, mientras que las saprofitas degeneran o destruyen el cuerpo del que se alimentan. Los hongos saprofitos son los que entrañan mayor importancia en relación con los cultivos duraderos almacenados.

*Bacterias*: no constituyen generalmente un problema por lo que respecta a los productos duraderos almacenados en seco. Pueden, sin embargo, invadir y

multiplicarse en partes ya deterioradas del producto de cultivo durante el almacenamiento.

*Insectos:* en los productos almacenados se encuentran muchas especies de insectos (ver anexo. 2), pero son sólo unas cuantas las que producen deterioros y pérdidas. Algunas pueden ser incluso beneficiosas porque atacan a otras plagas de insectos. Es importante poder identificar exactamente las principales especies de insectos para evaluar sus efectos en el producto almacenado y establecer las medidas de control necesarias.

*Roedores:* no suelen vivir en almacenes de granos porque necesitan agua para beber. Aunque pueden subsistir sin mucha agua, el clima en el almacén es demasiado seco para poder multiplicarse rápidamente, a menos que puedan abandonar el almacén para abastecerse de agua y volver luego fácilmente. Los roedores consumen granos y estropean los sacos y las estructuras del edificio, y contaminan con orina y excrementos cantidades mucho mayores que las que consumen. Pueden ser controlados mediante venenos e impidiendo su acceso a los productos almacenados.

*Pájaros:* como los roedores, los pájaros consumen parte del grano, pero también contaminan una mayor cantidad con sus excrementos. Las pérdidas debidas a los pájaros se evitan impidiendo su acceso a los productos.

*Actividad metabólica:* los productos de cultivos son materias vivas, por lo que las reacciones químicas normales producen calor y productos químicos secundarios. También los insectos, ácaros y microorganismos, si se hallan presentes en grandes cantidades, pueden provocar un considerable aumento de la temperatura del producto almacenado.

### **1.2.3. Factores físicos**

Cuando las condiciones ambientales son apropiadas, los granos se podrán almacenar por largos períodos sin que presenten problemas. Por el contrario, cuando las condiciones ambientales son adversas el deterioro puede ocurrir en pocos días descomponiendo el grano hasta su destrucción total. Los factores físicos

más importantes son la humedad, la temperatura, la condición del grano y la cantidad de oxígeno disponible.

La humedad: Es uno de los factores de mayor influencia en la conservación de granos y semillas durante el almacenamiento (Sagarpa, 2014). Su importancia radica en su relación con factores biológicos que causan daño y en los que afectan el valor nutricional y económico (calidad y peso). Las plagas que atacan el grano son menos atraídas al grano seco, por el contrario, el deterioro de grano húmedo es muy rápido y puede llegar a niveles de 100% de pérdidas.

Usualmente el grano tiene en el campo contenidos de humedad altos (20% o más), lo que impide su almacenamiento seguro. El grano con niveles de humedad seguros para su almacenamiento tendrá bajos o insignificantes problemas por ataque de microorganismo y bajos niveles de ataque por insectos.

En el caso de los cereales un contenido de humedad menor que 14% es aceptable para el almacenamiento de 1 año o más, en México el nivel de humedad de los granos para almacenar, debe ser menor que 9%. Este contenido en las leguminosas se reduce a un 12% o menos. Para reducir la humedad del grano se requieren métodos de secado, ya sean naturales o artificiales.

El grano es un producto higroscópico. La humedad del ambiente (humedad relativa) y la temperatura afectan su contenido de humedad. Para prevenir que el grano absorba humedad del medio ambiente, es recomendable secarlo bien y almacenarlo dentro de un recipiente cerrado que prevenga la libre entrada de la humedad; por ejemplo, el silo metálico ofrece una barrera física a la entrada de humedad y de esta forma se puede almacenar grano por un año o más, con humedades en equilibrio inferiores que las encontradas en el medio ambiente.

El parámetro de calidad de tiempo de cocción en frijol depende del contenido de humedad y la temperatura. No se pueden asegurar tiempos de cocción reducidos a estas humedades, debido a que fisiológicamente hay variación entre variedades. En la semilla de soya la germinación varía de acuerdo a la variedad almacenada, los rangos presentados no garantizan su germinación en un 100% después de un año de almacenamiento.

Entre más seco se encuentre el grano almacenado, menor será su índice de deterioro aun cuando otros factores físicos sean desfavorables. La mayoría de insectos de almacén no se reproducen a humedades inferiores de 10% debido a que no pueden sobrevivir. Existen dos excepciones, *Rhyzopertha dominica* y *Prostephanustruncatus* (DOMÍNGUEZ y MARRERO, 2010) que pueden dañar el grano a humedades de 9 y 10%. Se debe vigilar el grano almacenado por largos períodos para controlar el ingreso de estas especies.

Temperatura: El microclima que rodea al grano es afectado por la temperatura del ambiente que lo rodea. Esta temperatura cambia de acuerdo a los efectos de la radiación solar. En dependencia de los materiales de construcción del almacén, la variación será más o menos pronunciada. En climas calientes la temperatura de algunas bodegas puede alcanzar niveles muy altos siendo afectado el grano y la semilla almacenada. Si la temperatura en la noche es baja, la temperatura en el almacén tenderá a bajar; si la temperatura en el día es alta, la temperatura del almacén aumentará.

Cuando se secan granos al sol, las temperaturas pueden exceder los 40 °C, esto puede afectar la germinación de la semilla si esta no se voltea frecuentemente para lograr un secado uniforme.

En el secado del grano almacenado la importancia de la temperatura radica en su efecto sobre factores biológicos como los microorganismos e insectos. Mientras más alejada se encuentre la temperatura del óptimo de su desarrollo, más seguro será el almacenamiento.

Los hongos que atacan el grano almacenado se desarrollan rápidamente a temperaturas mayores de 25°C, con un rango óptimo entre 28 y 32 °C (Gari, 2016) si se encuentra humedad disponible. Según se desarrollen, la temperatura irá en aumento debido a su metabolismo y crecimiento, lo que causa la descomposición del grano. Los hongos mueren cuando la temperatura del grano está fuera del margen en que se efectúa su crecimiento. Su muerte es rápida si la temperatura sobrepasa su máximo de tolerancia y lenta, si está por debajo de la mínima. Es importante mantener el grano a temperaturas inferiores de las óptimas para evitar el desarrollo de los hongos y que este no se dañe. En almacenes como los silos

metálicos esto se obtiene al colocarlos en ambientes frescos y bajo techo, mientras menos tiempo permanezca el grano a temperaturas de óptimo desarrollo de hongos mayor y mejor será su almacenamiento.

La temperatura también tiene un efecto importante en el desarrollo de insectos. A bajas temperaturas, su desarrollo y reproducción es despacio o retardado, su mortalidad es relativamente alta y su actividad también baja. Si la temperatura sube, la tasa de desarrollo aumenta, la actividad de los insectos se incrementa, baja la mortalidad y como consecuencia sus números aumentan rápidamente.

Todas las especies de insectos tropicales importantes de almacén se desarrollan en un rango óptimo de temperatura entre 25 y 35 °C (FAO,2015). Temperaturas debajo de 20°C reducen su tasa de crecimiento a puntos tan bajos que a los niveles de daños son casi insignificantes. Temperaturas inferiores a 5 °C pueden erradicar las poblaciones de la mayoría de insectos, aunque sorprendentemente algunas especies son resistentes. Pocas especies pueden resistir temperaturas mayores de 45 °C la mayoría muere rápidamente en estas condiciones.

Condición del grano: los granos son organismos vivos, formados por una capa protectora (pericarpio), reserva de alimentos (endospermo) y el embrión (germen). En su estado entero, sano y limpio presentan resistencia a la descomposición ocasionada por microorganismos e insectos. Cuando su capa protectora está dañada o el grano está quebrado, se verán más susceptibles al ataque de estas plagas, aunque se almacene bajo condiciones ambientales favorables.

El grano sufre daño desde que se encuentra en el campo. El ataque de pájaros, roedores, insectos y microorganismos comienza a deteriorar su capa protectora haciéndolo más susceptible al ataque de plagas de almacén. Algunas prácticas de manejo tradicionales como el desgrane con máquina mal calibrada, cualquier presión mecánica propia de la transportación del grano, que reciba, también producirán deterioro, lo cual hace al grano más susceptible al ataque de plagas durante su almacenamiento. En general mientras más entero y sano se almacene un producto, mayor será su conservación.

La condición en que se almacenen los granos o semillas, determina en gran parte su conservación. A mejor condición inicial del grano, mayor será su conservación y

menor serán las pérdidas registradas. Grano limpio se conserva mejor que grano sucio.

Cantidad de oxígeno disponible: La respiración de los granos, los insectos y microorganismos asociados a ellos, involucra el uso de oxígeno. Mientras menor sea el contenido de oxígeno de un almacén, menor será la respiración del grano y la actividad de los insectos y microorganismos, lo que reduce sus efectos de daño. En métodos tradicionales de almacenamiento la presencia de oxígeno no es una limitante, salvo en almacenamiento e estructuras herméticas como en silos metálicos y barriles. En estos casos los niveles de oxígeno pueden reducirse al sellar completamente la estructura y permitir que la respiración del grano, insectos y microorganismos consuma todo el oxígeno disponible. Esto ha sido reconocido como una alternativa para evitar el deterioro, sin embargo, en el caso del grano almacenado para consumo humano su uso es limitado.

Las condiciones ambientales del almacén determinan si el grano puede ser almacenado con seguridad. Si el grano es expuesto a humedades o temperaturas altas comenzará el proceso de deterioro.

### **1.3. Sistemas de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (HACCP)**

El HACCP como más comúnmente se le llama en la literatura es una poderosa herramienta de gestión que entrega los cimientos para un programa de aseguramiento de calidad efectivo. La aplicación del HACCP tiene como objetivo controlar las condiciones operacionales y ambientales dentro de la producción para asegurar la producción de alimentos inocuos.

Su aplicación en cualquier proceso de alimentos, redundará en una notable disminución de los problemas causados al consumidor por las Enfermedades de Transmisión Alimentaria (ETA) o factores físicos o químicos que pudieran poner en peligro su salud y en la reducción de las pérdidas económicas para beneficio de las empresas. Estos beneficios solo se logran si la dirección de la empresa y el personal competente se comprometen a participar plenamente en el desarrollo del plan que se ha de seguir, convencidos de que la aplicación del HACCP es ya una exigencia del mercado mundial y que los productos deben brindarle una confianza sanitaria al

cliente, solo de esta forma se podrán insertar en un mundo tan competitivo como el de hoy.

Durante los últimos 20 años, muchos trabajos describen lo que cada autor consideraba que era un plan HACCP. Este sistema es definido como un procedimiento sistemático utilizado para controlar un proceso de producción de un alimento determinado, de tal forma que provea un control continuo paso a paso en las operaciones de elaboración de alimentos, sistematizándolo sobre bases técnicas aceptadas internacionalmente, bajo el término de «equivalencia» (*Agreement* de la Organización Internacional del Comercio). Aunque HACCP no es un concepto nuevo, el mercado internacional lo está incorporando rápidamente y muchos operadores lo consideran como una barrera no arancelaria al comercio. (Biglan, & Smolkowski, (2002).

Cuando la entidad tiene todas las condiciones necesarias para poder aplicar los principios, es decir, que ya construyó la base, es que se declaran listos para la aplicación de los principios. Los tres primeros principios son de naturaleza 100% de planeación y el resto son principios activos pues se reflejan en actividades de todo al personal involucrado en el sistema HACCP (FAO, 2002a).

Este sistema se basa en un sistema de ingeniería conocido como Análisis de Fallas, Modos y Efectos, donde en cada etapa del proceso, se observan los errores que pueden ocurrir, sus causas probables y sus efectos, para entonces establecer el mecanismo de control.

El HACCP está integrado por cuatro subsistemas: de pre-requisitos. Los pre-requisitos son programas de control asociados a los equipos, saneamiento, limpieza y mantenimiento para lograr la seguridad en las plantas procesadoras de alimentos (Pérez, Estrada & Ayala (2003)). El plan HACCP (es decir la aplicación de los siete principios) y los estándares y criterios de desempeño (demostración de efectividad). Esta metodología se encarga de que todos los procesos productivos se desarrollen con la calidad requerida, por tanto, el mismo identifica y evalúa peligros específicos y establece medidas preventivas que garantizan la inocuidad del producto (CROSBY. (1994). HACCP requiere que se identifiquen y evalúen todos los peligros que razonablemente se puede esperar que ocurra en la cadena alimentaria, lo que

incluye peligros que puedan estar asociados con el tipo de proceso e instalaciones utilizadas. De este modo proporciona los medios para determinar y documentar porque ciertos peligros identificados necesitan ser controlados por una organización en particular y porque otros no lo necesitan. (NC-ISO:22000, 2005).

Habitualmente, el control de los alimentos se realiza comprobando si la operación o el proceso al cual se someten, cumplía con los requisitos comerciales y las leyes vigentes. El personal encomendado de controlar la calidad y los inspectores que hacen verificar las normativas legales, han examinado tradicionalmente la operación o el proceso para asegurarse de que se adoptan buenas prácticas; y además han tomado muestras del producto final para su análisis en el laboratorio.

### **1.3.1. Metodología para implantar el sistema HACCP**

Para la aplicación del sistema HACCP tienen que existir una serie de prerrequisitos que consiste en el cumplimiento de condiciones estructurales y ambientales de acuerdo a lo establecido en la NC 143: 2007. Además, es necesario señalar que en todas las empresas donde se elaboren alimentos y persigan aplicar el HACCP necesitan tener conocimientos y el compromiso por parte de la dirección para lograr su eficaz aplicación.

En la elaboración de un plan HACCP, hay cinco etapas de la Secuencia Lógica que deben cumplirse antes de la aplicación de los principios del HACCP para productos y procesos específicos.

1. Armar un equipo HACCP.
2. Describir el producto.
3. Describir el uso propuesto y los probables consumidores del producto.
4. Elaborar el diagrama de flujo que describa el proceso.
5. Verificar el diagrama de flujo.

El sistema HACCP consta de siete principios que engloban la implantación y el mantenimiento de un plan HACCP aplicado a un proceso determinado. Estos principios han sido aceptados internacionalmente y publicados en detalle por la Comisión del Codex Alimentarius en 2007.

### Principios del HACCP

Los principios del HACCP son los siguientes:

1. Determinación de los Puntos de Control Críticos.
2. Establecer los límites críticos para cada Punto de Control Críticos (PCC).
3. Establecer la vigilancia o monitoreo de los PCC.
4. Establecer las acciones correctivas que deben tomarse.
5. Establecer procedimientos de comprobación o verificación.
6. Establecer un control de documentos y registros.

#### 1.3.2. Aspectos generales de los principios del HACCP

El principio 1: Análisis de peligro, es un elemento clave en el desarrollo del plan HACCP. Es esencial que ese proceso se conduzca de manera apropiada, pues la aplicación de los otros principios implica tareas que utilizan los resultados del análisis de los peligros. De ese modo, el análisis de peligros representa la base para la elaboración del plan HACCP. (NC 136: 2007). Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) y directrices para su aplicación.

En las Directrices para Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), el análisis de peligros se describe como "la colecta y evaluación de las informaciones sobre los peligros y las circunstancias que contribuyen a su presencia, para decidir cuáles son significativos para la inocuidad del alimento y que, por lo tanto, deben ser abordados en el plan HACCP.

El principio 2: Determinación de los puntos de control críticos, debe examinarse todo el proceso de fabricación del alimento para identificar los peligros potenciales que pueden ocurrir durante las etapas de producción o del uso de un determinado alimento; o de cómo esas etapas o uso interfieren con los peligros presentes. Es también necesario considerar las materias primas y los ingredientes, tanto como la clase y duración del almacenaje, los métodos de distribución y el uso esperado del producto final por el consumidor.

Los peligros se pueden encontrar de diferentes formas los cuales se clasifican en peligros de contaminación inaceptable físicos-químicos y microbiológicos. Los peligros identificados en una producción que afecte la salud del consumidor deben

incluirse en el aspecto de PCC, porque la identificación de los PCC requiere de un cuidadoso análisis, ya que los peligros pueden identificarse en muchas operaciones del proceso, sin embargo, debe darse prioridad a aquellas en las que si no existe un control, la salud del consumidor puede verse afectada, 18 teniendo esto presente su determinación se simplifica (FAO, 2002a).

Los peligros están categorizados en tres clases generales: microbiológicos, químicos, físicos. Los peligros microbiológicos influyen dos subclases que son las más comunes a presenciar a pesar de existir otras: bacterias dañinas, virus o parásitos. Es importante entender que, para los propósitos del HACCP, los peligros se refieren solamente a las condiciones o contaminantes en los alimentos que pueden causar enfermedades o lesiones a las personas.

Los peligros microbiológicos: son proveniente de materiales crudos o de las etapas en el proceso de alimentos que se usan para hacer el producto final. Los alimentos ya determinados pueden no lucir, oler o saber bien, pero solamente los alimentos por patógenos o contaminados por subproducto microbiológicos pueden causar que una persona se enferme (FAO, 2002b)

Los peligros químicos: estos pueden suceder en cualquier etapa de la producción y proceso de los alimentos, que son separados en tres categorías: químicos presentes en forma natural, químicos agregados intencionalmente, químicos agregados sin intención o accidentalmente.

Peligros físicos: incluye cualquier material ajeno potencialmente dañino que normalmente no se encuentra en los alimentos. Cuando un consumidor consume un producto que tenga un objeto o material ajeno, esto probablemente le cause asfixia, heridas u otro problema de salud; una de las quejas más reportadas son las físicas ya que la herida ocurre inmediatamente o un rato después de consumirlo y la causa del peligro se identifica fácilmente (ejemplo: material, vidrio, metal). (FAO, 2002b).

El principio 3: Establecer los límites críticos para cada Punto Crítico de Control (PCC), tiene como objetivo identificar los peligros reales relacionados con cada operación del proceso, el flujo del producto y el patrón de movimiento de los operarios.

Numere cada etapa del proceso en el diagrama de flujo, desde la recepción hasta la distribución; examine cada paso (etapa) en el diagrama de flujo de proceso y determine si existe algún peligro (biológico, químico o físico) o una forma de control aplicada en aquella operación (etapa); revise la operatividad (esquema) del establecimiento. Para ayudar a determinar si un peligro existe, deben responderse las siguientes preguntas para cada etapa del proceso:

1. ¿Los contaminantes podrían entrar en contacto con el producto durante esta operación del proceso? (considere higiene personal, contaminación de equipamiento, contaminación cruzada de materias primas, pérdida en válvulas o placas, rincones muertos [nichos], goteras).
2. ¿Algún microorganismo importante podría multiplicarse o sobrevivir durante esta operación (etapa) del proceso, al punto de constituir un peligro? (considere temperatura, tiempo).
3. ¿La etapa del proceso permite la reducción o la eliminación del agente?

El principio 4: Establecer la vigilancia o monitoreo de los PCC.

Monitorear es la medida programada para observación de un PCC, con el propósito de determinar si se están respetando los límites críticos. Los procedimientos de monitoreo deben detectar la pérdida de control de un PCC, a tiempo de evitar la producción de un alimento inseguro o de interrumpir el proceso. Debe especificarse, de modo completo, cómo, cuándo y por quién será ejecutado el monitoreo.

Los objetivos del monitoreo incluyen:

1. Medir el nivel de desempeño de la operación del sistema en el PCC (análisis de tendencias).
2. Determinar cuándo el nivel de desempeño de los sistemas lleva a la pérdida de control del PCC (por ejemplo, cuando hay desvío de un límite crítico).
3. Establecer registros que reflejen el nivel de desempeño de la operación y control del PCC para cumplir el plan HACCP.

El principio 5: Establecer las acciones correctivas que deben tomarse.

La pérdida de control es considerada un desvío del límite crítico de un PCC. Los procedimientos frente a un desvío son un conjunto documentado y predeterminado de acciones que deben implementarse en caso de pérdida de control. Todos los

desvíos deben ser considerados, tomándose medidas para controlar el producto fallado y corregir la causa de la no conformidad. El control del producto puede incluir el secuestro y la identificación adecuada, la evaluación del producto y, cuando sea el caso, la eliminación del producto afectado. Las acciones correctivas tomadas deben ser registradas y archivadas. La variedad de posibles desvíos de cada PCC significa que puede ser necesaria más de una acción correctora en cada PCC. Cuando ocurre un desvío, probablemente se registre durante el monitoreo de rutina. Los desvíos y procedimientos de acciones correctivas se describen de tal forma que los responsables por el monitoreo del PCC comprendan y sean capaces de ejecutar las acciones correctoras adecuadas, tanto con relación al producto elaborado durante el desvío, como para retomar el límite crítico.

El Principio 6: Establecer procedimientos de comprobación o verificación.

Uno de los principios más complejos del HACCP es la verificación, a pesar de su complejidad, sin embargo, el desarrollo apropiado y la implementación del principio de verificación es fundamental para la ejecución exitosa de plan HACCP. El propósito de la verificación es proveer un nivel de confianza de que: el plan está basado en principios científicos sólidos, el plan es apropiado para controlar los peligros asociados en el producto y en el proceso, se está siguiendo el plan. Una vez de haber establecido los procedimientos de comprobación para confirmar que el sistema funcione bien, se controlan todos los documentos y registros realizados durante todo el proceso.

El Principio 7: Establecer control de documentos y registros.

Los registros son pruebas, por escrito, que documentan un acto o hecho. Son esenciales para revisar la adecuación del plan HACCP y la adhesión del sistema HACCP al plan. Un registro muestra el histórico del proceso, el monitoreo, los desvíos y las acciones correctivas (incluso descarte de productos) aplicadas al PCC identificado.

Los registros pueden presentarse en varios formatos, como cuadros de procesamiento, registros escritos o electrónicos. No puede subestimarse la importancia de los registros para el sistema HACCP. Es imprescindible que el productor mantenga registros completos, actualizados, correctamente archivados y

precisos. También incluye la documentación que sirvió de apoyo a su preparación, así como los responsables tanto de su preparación como de sus modificaciones futuras. Los procedimientos pueden agruparse en un solo documento, comprendiendo los necesarios para: el monitoreo de los PCC, la toma de acciones correctivas, la verificación del funcionamiento del sistema, y los que la organización necesite para asegurar la sanidad en los alimentos.

Este sistema responde a que los alimentos sean inocuos siendo esta una de las ventajas que proporciona el mismo. Se deben conocer algunas definiciones que se utilizan en el sistema HACCP y que establece la NC- ISO 22000:2005.

La ISO-22000: 2005 declara Inocuidad de los alimentos: concepto que implica que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen. Peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos: Agente biológico, químico o físico presente en un alimento y sus ingredientes, desde la producción primaria hasta el consumo.

### **1.4. Secado del grano**

El secado del grano es imprescindible hasta alcanzar unos límites que permiten su conservación. Para el caso del maíz esto significa evaporar entre un tercio y un cuarto de la masa del grano seco antes de que alcance la instalación de almacenamiento.

Para la eliminación del exceso de humedad se utiliza lo que se conoce como secadero en el que el grano se somete a la acción de una corriente de aire caliente (FAO, 2015), de manera que aumenta su temperatura hasta la de vaporización del agua. Primero se evapora el agua libre, lo cual precisa relativamente poca energía; en el maíz se encuentra agua libre cuando se supera el 27 % de humedad. A continuación, el agua situada en los capilares, lo que no resulta más difícil, con un límite que es el que se conoce como umbral de estabilización que se alcanza cuando la humedad llega al 13 %. A partir de aquí el agua se encuentra unida químicamente a los componentes de los granos y se precisa una gran energía para su evaporación. Desde el punto de vista práctico, la humedad del grano para el buen almacenamiento se sitúa en el 14%. (Márquez, Pozzolo, 2012, a).

### 1.4.1 Secadores

El proceso de secado se acelera en los secadores utilizando a una corriente de aire caliente y con bajo contenido de humedad. La calidad del secado y la eficiencia energética del proceso guardan relación con las características técnicas del secador, y puede señalarse que, a medida que aumenta su tamaño, se reduce el consumo específico de energía, ya en ellos se utilizan mejor los circuitos de recuperación de calor.

### 1.4.2. Silos y almacenes

Las instalaciones de almacenamiento pueden concebirse sobre la base de silos, o celdas independientes, de formas cilíndricas, poligonales o cuadradas, o bien naves polivalentes para la separación de las diferentes partidas de grano. En el caso de celdas independientes, el empleo de las que tiene sección circular significa ocupar el 50 % más de suelo, que si se utilizan celdas cuadradas o rectangulares. Por el contrario, las celdas cilíndricas resisten mejor la presión del grano, por lo que se pueden fabricarse con materiales más livianos.

Pueden establecerse tres grupos de secaderos según (Márquez, Pozzolo, 2012, b): Secadores estáticos, permanece quieto en todo el proceso, aunque en los más perfeccionados se dispone de elementos que realizan su removido en el transcurso del secado. El aire caliente entra por la parte inferior de la capa de grano y sale por la superior arrastrando de manera progresiva su humedad. Esto trae como consecuencia diferencias de contenido de humedad entre las capas superior (más húmeda) e inferior (más seca) aun en el caso de trabajar sobre espesores reducidos (30 a 50 cm). El rendimiento térmico de los secaderos estáticos es bajo, del orden de 1500 a 2000 kcal/kg de agua evaporada.

Secadores estáticos con recirculación de grano, con un sistema de recirculación del grano, lo cual lleva a un secado por lotes sucesivos. Pueden ser:

- Móviles con recirculación por tornillo sin-fin, en los que el aire caliente que atraviesa el grano llega desde el generador a una cámara central de paredes perforadas, que rodea al tornillo sin-fin, en la que se distribuye por todo el volumen; el consumo específico de energía es de 900 a 1000 kcal/kg de agua evaporada y disponen de tolvas para 10 a 20 t de grano.

- De columna con recirculación mediante elevador de cangilones, en los que el grano desciende por una columna central, siendo atravesada la masa de grano por el aire caliente que procede de canales situados en la propia masa. El grano efectúa tantos recorridos como son necesarios para su secado, de lo cual se encarga un transportador de cangilones que lo eleva desde la parte inferior hasta la parte superior del secadero.

Con los secadores de recirculación de grano se produce un aumento del 2 al 3 % de los granos partidos como consecuencia de los numerosos recorridos que tiene que realizar el grano hasta su completo secado.

### Secaderos continuos: (ver anexo. 3)

- De cascada, en los que se utiliza una superficie inclinada, sobre la que circula el grano ayudado por un transportador de travesaños, formada por láminas colocadas en persiana que dejan pasar el aire caliente. El espesor de la capa de grano es de 15 a 20 cm. Existen dos tipos de secaderos en cascada: los que realizan el secado con una sola pasada del grano y los de "doble flujo", especialmente apropiados para el secado de maíz, en los que el grano realiza un recorrido de ida y otro de vuelta sobre dos superficies inclinadas superpuestas. Esto mejora el rendimiento del secadero, ya que el aire alcanza mayor saturación.
- De celda, con silos cilíndricos, como los que se precisan para el almacenamiento del grano, con el fondo perforado por el que se difunde el aire caliente procedente de un generador con temperatura entre 40 y 80 °C según la naturaleza del producto que se tiene que secar. El aire atraviesa la masa de grano que se encuentra en la celda, que no debe superar la altura de 2 metros, precisándose un caudal de 300 m<sup>3</sup>/h y m<sup>3</sup> de grano almacenado. Cada cierto tiempo (tiempo calculado de secado de la capa inferior) se pone en marcha un tornillo sin-fin de fondo que extrae de la celda una capa de grano de unos 30 cm, que se considera suficientemente seca, a la vez que actúa el sistema de llenado para compensar el volumen de grano extraído. Puede ser utilizado posteriormente como celda de almacenamiento de grano.

- Secadores continuos verticales: En ellos el grano desciende por gravedad desde una tolva, que sirve además como zona de precalentamiento del grano, a través unas conducciones formadas por chapas dobladas y dispuestas en persiana, que dejan pasar el aire caliente que realiza el secado y que obligan al grano a presentar todas sus caras para conseguir mayor uniformidad. El conjunto se automatiza controlando la velocidad de avance del grano en las conducciones. La parte inferior de las conducciones de grano se puede utilizar como zona de enfriamiento, o como zona de secado, si está previsto el enfriamiento lento diferido del mismo. Los elementos que componen el secadero son de fabricación modular, de manera que puede montarse en el lugar deseado adaptándose a las necesidades de la instalación. En algunos casos los canales por los que circula el grano son dobles, en cuyo caso el grano que circula más próximo a la entrada del aire caliente lo hace a mayor velocidad que en el otro lado del canal.

### **1.5. Conclusiones parciales del capítulo**

Analizando lo expuesto a lo largo del presente capítulo, se concluye que:

1. El almacenamiento en silos metálicos refrigerados (SMR) es una de las principales tecnologías utilizadas para la conservación de grandes cantidades de granos durante largos períodos.
2. Los silos metálicos proporcionan protección para aumentar la vida útil del grano almacenado y así aumentar la seguridad alimentaria.
3. Los indicadores fundamentales de calidad para los granos son: condiciones organolépticas, clasificación del producto, parámetros microbiológicos y parámetros fitosanitarios.
4. Las variables físicas fundamentales en la conservación de los granos son la temperatura y la humedad.
5. El control de los alimentos se basa en dos pilares: la inspección y el posterior análisis del alimento.
6. Para la aplicación del sistema HACCP deben cumplirse las condiciones estructurales y ambientales.

El secado del grano es imprescindible para alcanzar límites de humedad que permiten su conservación.

## Capítulo 2. Materiales y métodos

En el presente capítulo se realiza una caracterización del proceso que constituye objeto de estudio, además de una evaluación y determinación de los principales parámetros que se controlan. Como se observa en la figura siguiente este capítulo se desglosa en:

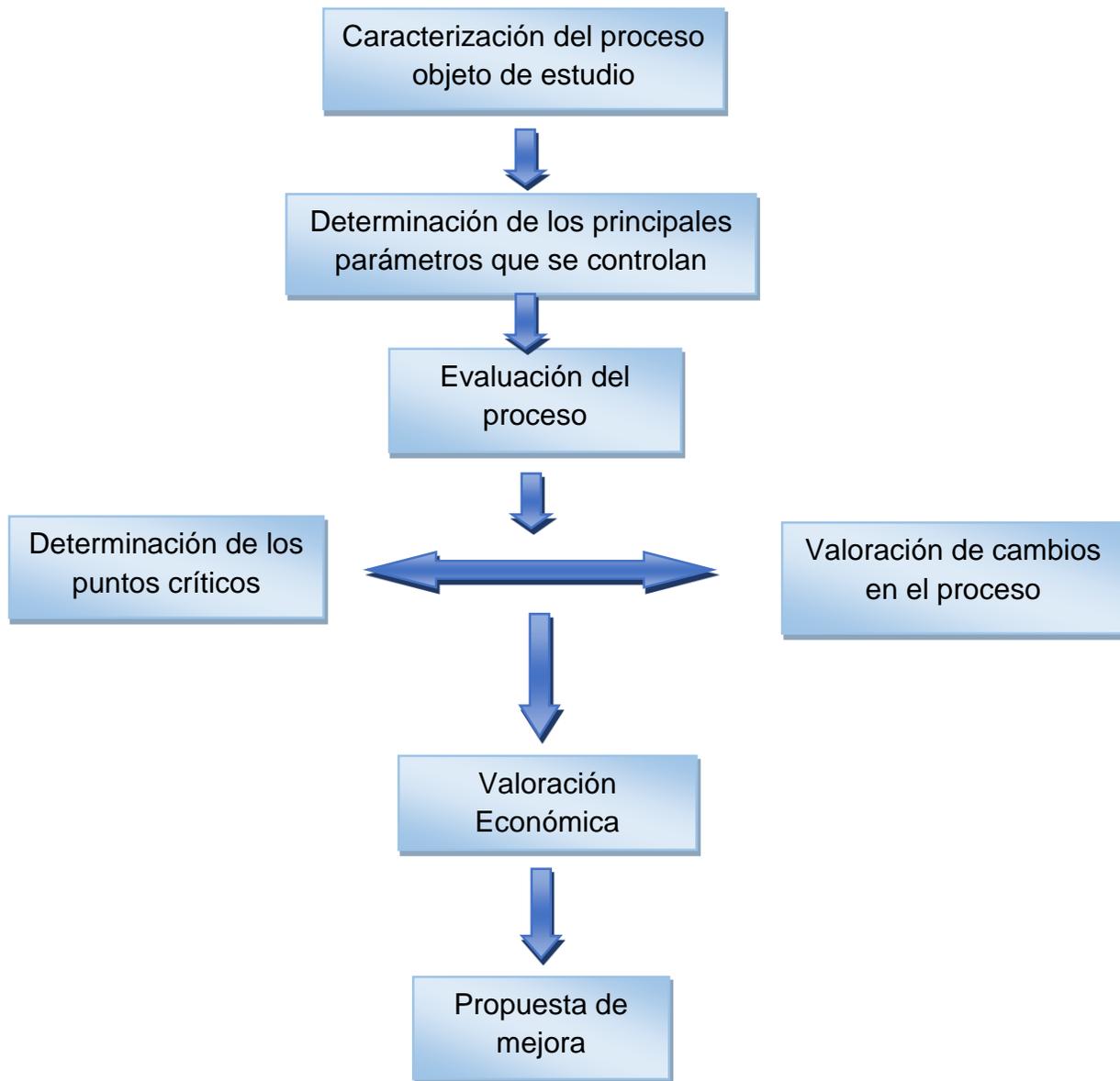


Figura 2.1 Metodología a seguir

### 2.1. Caracterización del proceso de almacenamiento y conservación de granos

El presente estudio se remite a la compilación de datos del flujo de producción de la posición de silos Cuba libre, sita en la provincia de Matanzas.

El proceso de producción comienza con la recepción del grano, que se efectúa en la tolva receptora después del pesaje. Estos productos llegan generalmente en transportes de carga terrestre, aunque pudiera recibirse por vía férrea.

El manejo del grano se logra en coordinación con el chofer de la rastra, creando tres momentos para el volteo. El tiempo de descarga de una rastra oscila entre 15 y 30 minutos aproximadamente en la tolva receptora.

Constan dichas tolvas de compuertas para regular el flujo de producto que se entrega al elevador de granos. Este equipo consiste en una serie de cangilones conectados a una cinta transportadora vertical que recogen los granos vaciándolos al transportador superior y, este a su vez, al tubo de alimentación del silo para su llenado.

El punto de alimentación del elevador de granos constituye el sitio donde se ubica la boquilla del equipo Nevugran, para el tratamiento preventivo con insecticidas autorizados en el país.

El movimiento del grano en condiciones de venta, recirculación o trasiego entre silos, se efectúa por la parte inferior del silo, donde existen de dos a tres válvulas de descarga que entregan el grano al transportador inferior y este a su vez, al elevador de granos. Es en la parte superior de este equipo donde se encuentra la válvula que conecta el flujo de granos al tubo de expedición a granel; o bien hacia el transportador superior donde se logra regresar el grano al silo origen (recirculación), llevar el grano a otro silo (trasiego) o desviar el grano al tubo de expedición ensacada para alimentar el silo pulmón. Este pequeño silo alimenta un molino del que se abastece manualmente una báscula ensacadora y de ahí, a la máquina cosedora.

En los momentos de venta y trasiego de los granos, no todo el producto sale por gravedad del silo, quedando aproximadamente 500 toneladas que se extraen por la acción combinada de la rosca barredora y el trabajo manual de los operarios.

La tecnología implementada en el país consta de instalación eléctrica, tablero de mando y sistemas de termometría para monitorear el grano. Almacenar granos por tiempo prolongado constituye una actividad altamente especializada. Si se analiza dicha tecnología comprobaremos que integra todas las operaciones básicas de ingeniería, convirtiéndola en un sistema tecnológico complejo. Cada operación es un problema al que hoy, en la EMSIL, se le ha dado respuesta y ha generado un modelo de comportamiento.

Vale señalar que la tecnología en cuestión no está concebida para almacenar granos por un período superior a los 6 meses, y la EMSIL ha logrado mantener granos por más de un año. Además, este equipamiento tampoco está diseñado para recibir el producto a un ritmo superior a las 60 ton / hora y hemos logrado velocidades de hasta 87 ton / hora.

### **2.2. Determinación de los principales parámetros que se controlan**

Los principales parámetros que se controlan son:

- Temperatura
- Contenido de humedad
- Prevención y control de plagas

#### **2.2.1. Temperatura**

La lectura de la termometría se efectúa todos los días a las 8:00 am y a las 3:00 pm. Los resultados de la medición de las 8:00 am son el patrón de referencia para las decisiones a tomar en el monitoreo de la temperatura. En aquellas posiciones de silos donde existan las condiciones creadas, la lectura de la termometría se realiza de forma automática, a través del uso de autómatas y una computadora para evaluar el comportamiento de este parámetro durante 24 horas.

En las Posiciones de silos que no tengan creadas las condiciones anteriores, el responsable es el Jefe de Laboratorio; quien informa a la Sala de Análisis de su UEB y de ahí se reporta a su homóloga en la Empresa de Silos (EMSIL).

En el interior del silo se encuentran instalados seis cables, con cinco sensores cada uno, para tomar la temperatura en diferentes alturas. La medición de las temperaturas de los sensores se realiza iniciando por la temperatura ambiente antes de conectar el termocolector a la caja de registro, y luego se conecta el termocolector cable a cable registrando la temperatura de cada uno de sus sensores de forma automática. Es posible incluso promediar estos valores con el mismo equipo si fuera necesario.

El termocolector debe tener un mínimo de carga de 70 % para ejecutar cada medición.

### 2.2.2. Contenido de humedad

El contenido de humedad, según NC-ISO 712(2002) es la pérdida en masa, expresada en por ciento, sufrida por el producto bajo condiciones especificadas.

#### Método utilizado de determinación de humedad

- Método de la estufa:

Se requiere llevar a cabo dos determinaciones de acuerdo con la porción de ensayo y el secado, bajo las condiciones de repetibilidad. Si la diferencia absoluta entre los dos resultados es mayor que el límite de repetibilidad, se repite la determinación hasta que el resultado cumpla este requisito.

$$r = 0.013 m - 0.06 \quad 2.1$$

donde:

r: es la repetibilidad

m: es la media de los dos resultados, expresado en gramos por 100 g

Los productos que no requieren ser molidos, se pesan rápidamente, alrededor de 5 g ± 1 g, con una precisión de 0,001 g de la muestra de laboratorio en la cápsula, previamente secada y pesada con su tapa.

Los productos que tienen que ser molidos, se pesan rápidamente sin pre-acondicionamiento y con pre-acondicionamiento, con una precisión de 0,001 g, en la cápsula, previamente secada y tarada, junto con su tapa, con una precisión de 0,001 g.

Durante la operación de secado, al finalizar el período, se extraen las porciones de ensayo secas, antes de colocar otras muestras, con productos que contengan 15% de humedad dentro del horno en el caso de avena y arroz (cáscara y arroz molido), pues de lo contrario puede ocurrir una rehidratación parcial de las porciones secadas.

Se coloca la cápsula abierta que contiene la porción de ensayo junto con la tapa en el horno, y se deja durante 120 min.  $\pm$  5 min. (90 min. para harinas), desde el momento en que la temperatura del horno, alcanza de nuevo los  $130\text{ C}^{\circ} \pm 3\text{ C}^{\circ}$ .

Se saca rápidamente la cápsula del horno, se cubre y coloca en la desecadora. Cuando se realizan varias pruebas simultáneamente, nunca se ponen las cápsulas directamente una sobre otra en la desecadora, sino una al lado de la otra.

Cuando la cápsula se ha enfriado a la temperatura del laboratorio (generalmente entre 30 y 45 min., después que se ha puesto en la desecadora se pesa con una precisión de 0,001 g.

El contenido de humedad,  $w$ , expresado como porcentaje en masa del producto recibido, está dado por las ecuaciones siguientes:

Sin pre-acondicionamiento:

$$w = [1 - m_1 / m_0] \times 100 \% \quad \text{Ec. 2.2}$$

donde:

$m_0$ : es la masa, en gramos, de la porción de ensayo

$m_1$ : es la masa, en gramos, de la porción de ensayo después del secado

Con pre-acondicionamiento:

$$w = [(m_0 - m_1) \times (m_3 / m_0) + m_2 - m_3] 100 / m_2 = 1 - (m_1 m_3) / m_0 m_2 \times 100\% \text{ Ec 2.3}$$

donde:

m<sub>2</sub>: es la masa, en gramos, de la muestra tomada antes del pre-acondicionamiento

m<sub>3</sub>: es la masa, en gramos, de la muestra pre-acondicionada

### 2.2.3 Prevención y control de plagas

Existen procedimientos establecidos por Sanidad Vegetal en cuanto al manejo integrado de plagas (MIP) (Gari 2016), además de los procedimientos aprobados por la Empresa para las Posiciones de silos, que también dan respuestas a esta alternativa de manejo de las plagas. Esto permite mantener los granos almacenados y las producciones finales bajo declaraciones de: libre de plagas.

### 2.2.4. Muestreo y aseguramiento

Frecuencia:

- En recepción y venta por cada lote (rastra o vagón) y, durante el almacenamiento, será semanal.

Medios de protección:

- Ropa sanitaria
- Mascarillas de doble filtro
- Espejuelos contra partículas volantes
- Guantes
- Gorros

Materiales:

- Recipiente con capacidad mínima de 525 g. Limpio y seco, listo para captar incrementos de muestra.
- Un recipiente colector con tapa para guardar la muestra representativa del lote. Este tiene una capacidad mínima hasta 8000 g.
- Existe un tercer recipiente colector para tomar una muestra parcial del 3er nivel siempre que se aprecien diferencias significativas respecto a lo ya procesado o

para la toma de muestras puntuales donde existan problemas de conglomerados de granos, presencia de insectos, alto por ciento de impurezas, humedad, etc.

- Homogeneizador cuarteador simultáneo *BoernerDivider*.
- Determinador de humedad.
- Balanza analítica.
- Balanza técnica.
- Termómetro.
- Estufa.
- *Chordómetro Hectolitro 0,51 sistem*, medidor peso específico.
- Tamizadora (tamices de 4,79 mm; 2, 38 mm; 1 mm).
- Molino de granos.
- Desecadora de cristal.
- Cápsula de humedad de cereales.
- Espátula.
- Cuchara plana.
- Pinzas para las cápsulas.
- Soga.
- Linterna.

Recepción:

Se establecen las coordinaciones entre el chofer, el químico que tomará la muestra y el operario de la tolva, para lograr tres momentos de volteo, simulando los tres niveles de la rastra y en cada nivel sobre la tolva se tomarán 5 incrementos de grano o cereal (en las cuatro esquinas y en el centro de la tolva, estos multiplicados por 3 niveles permitirán obtener 15 cantidades idénticas del volumen de la rastra).

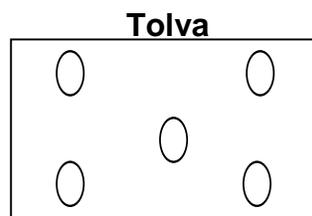


Figura 2.2 Tolva receptora

La unidad de masa (Mum) de los incrementos de muestra es entre 500 y 525 gramos.

La masa total de la muestra representativa de un lote (MR) lo que es lo mismo, muestra bruta o muestra global, será mayor o igual a 7875g dado que:

$$MR = \text{Mum} * \text{Cantidad de Submuestras} \quad \text{Ec. 2.4}$$

A esa muestra el laboratorio de la Posición de silos (LAPOSI) le realiza las siguientes determinaciones por lote:

- Humedad del grano con el determinador rápido.
- Análisis entomológico (observar presencia de insectos).
- Pre-identificación de insectos.
- Intensidad de infestación.
- Temperatura (no debe pasar la del ambiente).
- Análisis organoléptico (color, olor y homogeneidad).
- Porcentaje de grano quebrado o partido.
- Porcentaje de materia extraña.
- Porcentaje de granos dañados.
- Porcentaje de granos picados.
- Peso específico.
- Porcentaje de polvo.

Almacenamiento:

Se muestrea semanalmente para realizar análisis en LAPOSI como:

- Humedad.
- Análisis entomológico.
- Temperatura.
- Peso hectolitro.
- Pre-identificación de insectos.
- Intensidad de infestación.

Este muestreo puede ser de diversas maneras:

- Muestreo progresivo en recirculación.
- Muestreo progresivo en el trasiego.
- Muestreo por la parte superior del silo.
- Muestreo por la parte inferior o descarga del silo.

En recirculación o en trasiego, es obligatorio conformar una muestra representativa del grano, tomando incrementos de muestra cada 100 toneladas manipuladas del mismo, garantizando cada 10 incrementos una muestra de laboratorio para realizar los análisis descritos anteriormente utilizando la toma muestra (TM) mecánico para conductores de banda.

El muestreo por la parte superior del silo se realiza desde la compuerta o empleando un artefacto para caminar sobre la masa del grano cuando existan sospechas de infestaciones y siempre que las condiciones de seguridad para el personal lo permitan. En cualquiera de los casos se emplea preferiblemente la cala o recipientes con mango de 3 m de largo como mínimo.

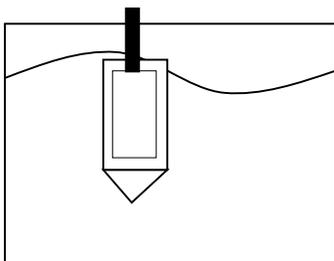


Figura 2.3 TM Cala concéntrica.

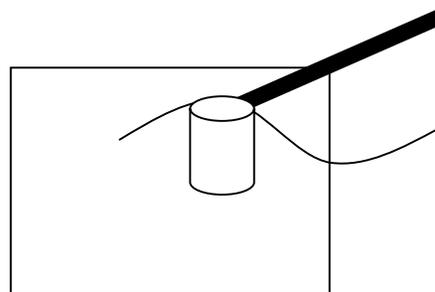


Figura 2.4 TM Recipiente con mango largo.

Cuando se dispone de la cala se muestrea en tres zonas de profundidad logrando 5 puntos distribuidos equitativamente hasta donde el largo de la cala lo permita, logrando 15 incrementos de muestra. Como la zona superior del silo es la de mayor probabilidad de plaga por ser la de mayor temperatura y de mayor circulación de aire, se recomiendan las siguientes zonas de profundidad para evaluar

representativamente la parte superior del silo, aproximadamente 300 toneladas con una muestra bruta de 7500 g:

- A 20 cm de profundidad (5 puntos propiamente de la superficie)
- A 50 cm de profundidad (5 puntos)
- A un metro de profundidad (5 puntos)

Mensualmente se muestrea para enviar las muestras al laboratorio provincial de Sanidad Vegetal para determinaciones analíticas de:

- Humedad.
- Análisis entomológico.
- Temperatura.
- Peso hectolitro.
- Pre-identificación de insectos.
- Intensidad de infestación.

Período de venta:

El muestreo se realiza de forma progresiva utilizando una toma muestra mecánico preferiblemente, o manual. En caso de que no se cuente con la toma muestra mecánico se realiza manual, captando muestras en la descarga del conductor inferior al elevador de cangilones y, en la venta ensacada, se realiza manual captando muestras de grano ensacado, directamente en la máquina ensacadora.



Figura 2.5 TM Mecánico.

Para la partida se calcula el número de captaciones a tomar aplicando la fórmula siguiente:

$$C = \left(\frac{Mt}{2}\right)^{0.5} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Donde:

Mt: es la masa total del lote en kg

C: es las captaciones

En esta etapa se realizan análisis de:

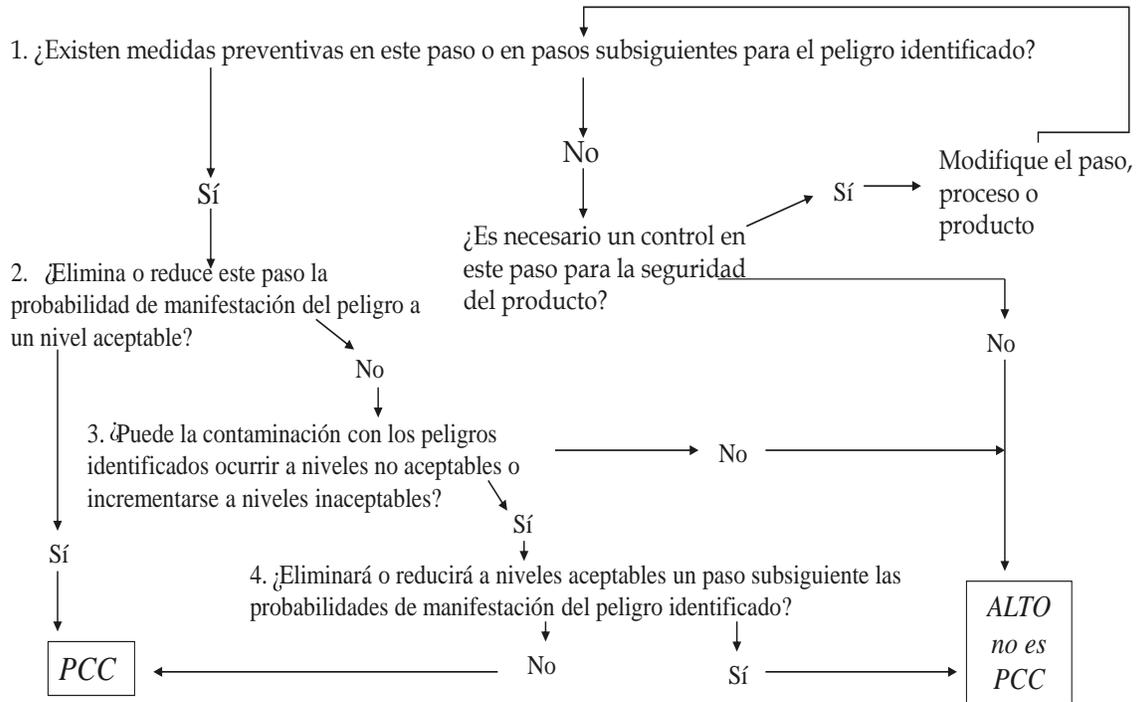
- Humedad.
- Análisis entomológico.
- Pre identificación de insectos.
- Intensidad de infestación.
- Homogeneidad y análisis organolépticos.

En caso de existir cambios organolépticos o sospecha de infestación oculta se realizan análisis en laboratorios especializados y en silos.

### 2.3. Evaluación del proceso

#### 2.3.1. Determinación de los puntos críticos

Para la determinación de los puntos críticos se debe seguir el árbol de decisiones siguientes:



PCC: Punto Crítico de Control

El proceso de almacenamiento y conservación de granos consta de tres etapas fundamentales:

- Recepción del producto
- Almacenamiento y conservación del producto
- Comercialización y despacho del producto

### 2.3.2. Valoración de cambios en el proceso

Para valorar los cambios en el proceso se tiene en cuenta un aumento de la producción nacional de granos para los años futuros, además de disminuir la frecuencia de refrigeración de los granos de importación al reducir la humedad y el porcentaje en polvo de los mismos. Aquí se propone en la entrada de los silos un secador.

Debido al alto flujo de producción que se almacena, se considera el diseño de un secador continuo.

Los aspectos teóricos fundamentales para el secado continuo son las dimensiones del secadero, largo, ancho y altura respectivamente, para ello:

1. Determinar la humedad del gas a la salida ( $Y_2$ ) asumiendo la  $t_{g1}$

Se tendrá en cuenta las condiciones de entrada y salida del grano y del gas'.

Se hace uso del balance de masa en el proceso de secado.

$$L_s (X_1 - X_2) = G_s (Y_1 - Y_2)$$

Ec. 2.6

Donde:

- $L_s$ : Masa de sólido seco, kg sólido seco.
- $X_1$  y  $X_2$ : Contenido de humedad del sólido al entrar y salir del secador respectivamente, kg humedad/ kg sólido seco.
- $G_s$ : Flujo de gas seco, kg gas seco/ h.
- $Y_1$  y  $Y_2$ : Humedad del gas a la salida y la entrada del secador respectivamente, kg humedad/ kg gas seco.
- $T_g$ : Temperatura de salida del gas

Los valores del contenido de humedad del sólido se establecieron por estudios realizados a las muestras durante un periodo determinado utilizando el método de la estufa.

Se despeja Y1 en Ec 2.6.

### 2. Realizar El balance de entalpía

$$L_s (H_{L1} - H_{L2}) + \dot{Q} = G_s (H_{g1} - H_{g2}) \quad \text{Ec. 2.7}$$

Se calculan las entalpías por la Ec.2.8.

$$H_L = (C_L + X C_A) (t_e - t_0) + \Delta H_0 \quad \text{Ec. 2.8}$$

Donde:

$\Delta H_0 = 0$  Calor integral de humedad

Para el gas:

$$H_g = C_s t_g + Y \lambda_0 \quad \text{Ec. 2.9}$$

### 3. Determinación de $G_s$

Sustituir los valores  $H_g$  y  $H_L$  en la ecuación del balance de entalpía.

### 4. Se plantea la ecuación de diseño

$$Z = H_{\text{tog}} * N_{\text{tog}}$$

El secador se divide en tres zonas, por lo que hay que calcular el  $N_{\text{tog}}$  para cada una de ellas.

$$N_{\text{tog}} = N_{\text{tog I}} + N_{\text{tog II}} + N_{\text{tog III}} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Donde:

$H_{\text{tog}}$ : Número de unidades de transferencia.

$N_{\text{tog}}$ : Altura de una unidad de transferencia.

Es un secado a altas temperaturas ya que se trabaja a  $180^\circ\text{C} > 100^\circ\text{C}$ .

### 5. Cálculo del diámetro del secador

$$A = \frac{G_s}{G's} \quad \text{Ec. 2.10}$$

$$D = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 2.11}$$

### 6. Estandarizar el diámetro y se calcula G's

$$G_s = \frac{G's}{A} \quad \text{Ec. 2.12}$$

### 7. Se calcula H<sub>tog</sub>

$$H_{\text{tog}} = \frac{G's}{U_a} \quad \text{Ec. 2.13}$$

Donde:

U<sub>a</sub>: Coeficiente de T.C

D: Diámetro del secador

G': kg/hm<sup>2</sup>

### 8. Se calcula el tiempo de retención

$$\emptyset = \frac{z*\emptyset d*\rho}{L's} \quad \text{Ec. 2.14}$$

### 9. Cálculo de la Velocidad de rotación

$$n = \frac{V}{3.14*d} \quad \text{Ec. 2.15}$$

10. Cálculo de la pendiente

$$m = \frac{0.0037 * L's}{\rho * n^{0.9} * d * \emptyset d}$$

Donde:

$\emptyset$ : Tiempo de retención

$\emptyset d$ : Retención del sólido

$n$ : Velocidad de rotación

$\rho$ : Densidad del sólido

$V$ : Velocidad periférica

$L's$ : Velocidad superficial del sólido

$d$ : Diámetro de la partícula

**2 .4. Valoración Económica**

Se analizará la alternativa propuesta desde el punto de vista económico ya que solamente no basta con que sean factibles técnicamente, sino que también, lo deben ser económicamente, en mayor o menor medida. Para ello utilizo las ecuaciones siguientes:

$$PRI = \frac{I}{G+A} \tag{Ec. 2.16}$$

$$VAN = \Sigma MFA \tag{Ec. 2.17}$$

$$A = VP - CP \tag{Ec. 2.18}$$

$$VP = Pup * N \tag{Ec. 2.18}$$

$$CP = Cpu * N \tag{Ec. 2.19}$$

**Donde:**

- % Ret: Se expresa en % / año.
- A: Depreciación o amortización, \$ / año.

- G: Ganancia, \$ / año.
- I: Valor de la inversión, \$.
- td: Tiempo de vida útil, año.
- PRI: Se expresa en años.
- VP: Se expresa en \$.
- Pup: Precio unitario del producto, \$ / t.
- CP: Se expresa en \$.
- Cup: Costo unitario del producto, \$ / t.
- N: Volumen de la producción, t.

El retorno de la inversión es el ritmo anual con que retorna la inversión a través de la ganancia.

La depreciación es aquella parte del valor de la producción que se destina a reponer el valor perdido por el equipo.

El plazo de recuperación de la inversión es el tiempo que tarda el inversionista en recobrar el capital invertido.

La metodología para estimación de los costos se refleja en el anexo. 4

El volumen de la producción (N) es la cantidad la cantidad de granos que se almacena en el silo (2000 t)

Valores del precio unitario del producto

Producto maíz	Moneda	
Importación	CUC	290
Producción Nacional	CUC	60

### Capítulo 3. Análisis de resultados

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos durante la investigación mediante los estudios realizados a través de:

- Cartas de control.
- Aplicación del HACCP en el almacenamiento y conservación de granos de producción nacional.
- Elaboración de propuesta de diseño de secador para la EMSIL.
- Análisis de Factibilidad económica.

#### 3.1. Análisis del comportamiento de las temperaturas en el silo caso de estudio

Para llegar a obtener los resultados presentados se tomó como muestra 20 días del mes de enero, cuyos promedios se muestran en la tabla 3.1:

**Tabla 3.1** Promedio de temperaturas de 20 días del mes de enero

Cables	Sensores				
	S1	S2	S3	S4	S5
C-1	16,6	16,8	16,8	17,4	21,1
C-2	15,4	15,5	16,6	17,1	21,2
C-3	16,8	16,1	16,7	16,7	21,7
C-4	16,0	15,9	16,4	16,4	21,4
C-5	15,4	16,0	16,1	16,6	20,7
C-6	20,8	22,6	24,9	25,7	22,2

Dentro del diagnóstico se realiza un análisis estadístico a la variable temperatura registrada por cada sensor (S) para apreciar si se encuentran en control, utilizando el software STATGRAPHICS (Statpoint technologies, 2019).

**Tabla 3.2** Resultados de la aplicación de las cartas de control.

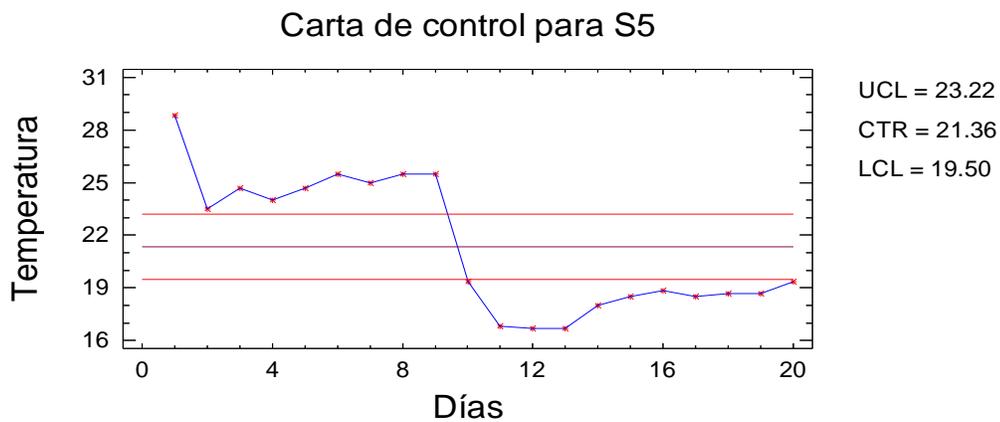
En la tabla 3.1 se el proceso se control en toda la sensores presentes	Temperatura (para cada sensor)	Control del proceso	puede apreciar que encuentra fuera de distribución de los en el silo para un
	S1	Fuera de Control	
	S2	Fuera de Control	
	S3	Fuera de Control	
	S4	Fuera de Control	

nivel de confianza 

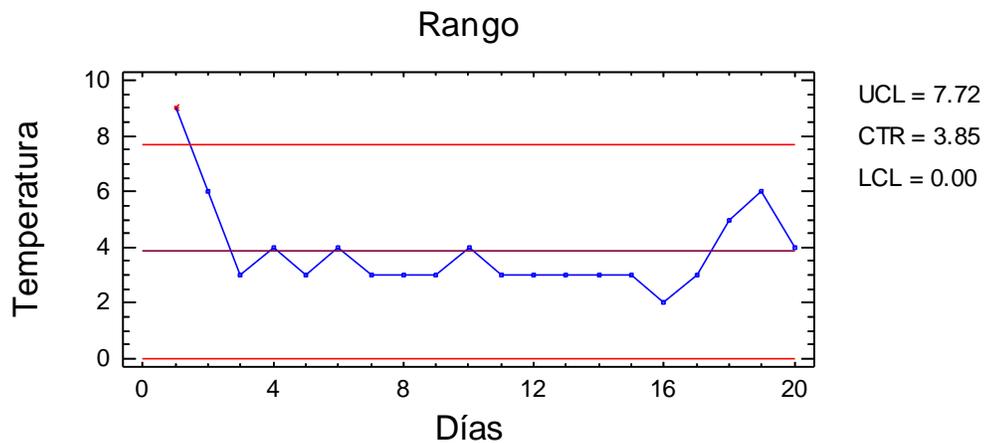
S5	Fuera de Control
----	------------------

 de un 99%, con una desviación estandar que oscila entre 1,52 y 3,69.

Este resultado puede estar determinado por imprecisiones en el funcionamiento de los instrumentos de medición, por la incidencia del hombre al realizar las operaciones de rigor como parte del proceso, por incumplimientos de las normas establecidas, entre otros factores. Las figuras 3.1 y 3.2 muestran las cartas de control de temperaturas y rango aplicada para S5.



**Figura 3.1** Carta de control para la temperatura S5



**Figura 3.2** Carta de control para el rango S5

Como se observa en las figura 3.1 y 3.2 el sensor S5 es el más afectado por la temperatura ambiente, por encontrarse ubicado cerca de la superficie del silo, que

es donde más inciden los rayos solares. El resto de las cartas de control para los demás sensores se muestran en el anexo. 5

### **3.2 Análisis de la temperatura, la humedad y el plagamiento según los criterios de control**

Como puede apreciarse en la tabla 3.3, los requisitos de humedad del grano y temperatura se comportan dentro de los parámetros establecidos. Con relación al plagamiento, se encuentra libre de plagas.

**Tabla 3.3** Resultados analíticos fundamentales en el almacenamiento del grano

<b>Posición de Silo</b>	<b>Silo</b>	<b>Prod.</b>	<b>Exist (t)</b>	<b>Días Almac</b>	<b>% Hum.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Plaga</b>
Salvador Rosales	1	Maíz	2 024,7	109	13,6	18,3	-

La velocidad de desarrollo fúngico del grano es muy lenta dado el criterio que se puede apreciar en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4** Velocidad de desarrollo fúngico según la humedad y temperatura de los granos

<b>% Humedad</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Desarrollo</b>
<12	<15	Inexistente
12-13	16-18	Muy lento
14-15	20-25	Moderado
>15	25-35	Muy rápido

Fuente: Compendio de procedimientos (2015)

Según el criterio para el control de la temperatura solo se mantiene el monitoreo diario, además de las pruebas habituales de humedad y presencia de plagas como se muestra en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5** Criterios para el control de temperatura

<b>Criterios</b>	<b>Sensores</b>	<b>Promedio</b>	<b>Puntos interiores</b>	<b>Estado del grano</b>	<b>Acciones</b>
1	12 - 17°C	15 - 17°C		Sin riesgo	Continuar monitoreo diario
2	12 - 17°C	≤17°C	15 - 17°C	Temperatura en control	Continuar monitoreo diario
3		≤17°C	1 ó + (22-25 °C)	Temperatura en alerta.	Continuar monitoreo diario
4			≤ de 12 y ≤ de 22°C	Sobre Secado	Recircular sin climatizar.
5	≤ 22°C	≥ 20°C		Bajo sospecha de Húmedo	Continuar monitoreo diario
6		≤ 17°C	3 ó +(≥25°C) ≤ 12 o no	Sufriendo calentamiento	Recircular con enfriamiento.
7		>20°C	≠≥ de 5°C con ambiente, 3ó más ≥ 25°C	Caliente	Climatizar
8		>20°C	≠≥ de 5°C con ambiente, ≥ 25°C, recirculó.	Grano con sospecha de contaminación.	Climatizar con recirculación. (No plagamiento medio o intenso).
9	Se aplicó o evaluó los criterios desde T6 hasta T8, la termometría es confiable, la máquina enfriadora no tiene desperfectos técnicos, no llovió y no se recupera temperatura permisible.			Grano Húmedo	-Inspección sanitaria por Sanidad Vegetal y Salud Pública (según destino del grano) Si contaminación con presencia o ligera, entonces, según tiempo de almacenamiento, se determina si aplicar tratamiento químico o solicitar liberación, si no contaminado, entonces: -Trasiego con enfriamiento.
10	Cuando se hayan aplicado o evaluado las variantes precedentes y el alimento mantiene temperaturas de alto riesgo.			Grano bajo solicitud de liberación	Solicitar por escrito la extracción del producto.

### 3.3. Implantación de HACCAP en la Empresa de silos

Este cronograma se realizó teniendo en cuenta la NC 136: 2007 sobre Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control y la secuencia lógica que allí aparece:

1. Formación de un equipo HACCP
2. Descripción del producto
3. Determinación del uso al que ha de destinarse
4. Elaboración de un diagrama de flujo
5. Verificación “in situ” del diagrama de flujo
6. Enumeración de todos los peligros posibles
7. Ejecución de un análisis de peligro
8. Determinación de las medidas de control
9. Determinación de los PCC
10. Establecimiento de límites críticos para cada PCC
11. Establecimiento de un sistema de vigilancia para cada PCC
12. Establecimiento de medidas correctivas para posibles desviaciones
13. Establecimiento de procedimientos de verificación
14. Establecimiento de un sistema de documentación y registro
15. Revisión del Plan HACCP

También se tuvieron en cuenta los 7 principios básicos de que consta el HACCP.

### **Secuencia o pasos para la aplicación del sistema haccp a nivel central:**

#### **1. Formación del equipo haccp a nivel de empresa:**

- Jefe del Equipo: Miguel Jiménez Delgado.....Dtor. Gral. EMSIL.
- Jorge Alonso & Vilma Aportela Valdés.....Padrinos de P/S  
Costa Rica
- Roberto Ramón & Barbarita..... Padrinos de P/S  
Grito de Yara
- Osvaldo & Antonio.....Padrinos de P/S  
Noel Fdez.
- Expósito & Sutaina.....Padrinos de P/S  
Venezuela

- Tony & Anay.....Padrinos de P/S Balboa
- Mayita & Gómez.....Padrinos de P/S España
- Alberto Mc Cala & María Teresa.....Padrinos de P/S Azugrup

**2. Descripción del Producto:**

Granos de maíz (*Zea mays*) totalmente maduros, limpios, sanos y secos. Su olor es agradable. No posee aditivos alimentarios, con características de humedad y granulometrías controladas. Las especificaciones de calidad del maíz se muestran en la tabla 3.6. Los límites contaminantes microbiológicos se muestran en la tabla 3.7.

**Tabla 3.6** Especificaciones de calidad Maíz

PARÁMETROS	ESPECIFICACIONES	MÉTODOS DE ENSAYOS
Humedad % máximo	14.5 (con aplicación de antifungico)	GAFTA: 2 GRAL
Peso por hectolitro kg/hl mínimo	72	Método interno
*Granos dañados % máximo (incluye dañados por calor 0.2 %)	5	SENASA
Granos partidos y/o quebrados % máximo	3	SENASA
Materias Extrañas % máximo	1.5	SENASA
<b>Toxicología</b>		ELISA o HPLC
Aflatoxinas totales ppb máximo	20 Consumo animal	
Ocratoxinappb máximo	20 Consumo animal	
Vomitoxina ppm máximo	1 Consumo animal	
Zearalenona ppm máximo	1 Consumo animal	
Fumonisina ppm máximo	5 Consumo animal	
<b>Contaminantes Metálicos</b>		Absorción Atómica
Cadmio mg/kg max.	0.1	
Plomo mg/kg max	0.2	
Residuales máximos de fosfamina	0.1 mg/kg	

Contaminantes microbiológicos consumo animal					
		n	c	m	M
Mesófilos totales (m.o. 30 <sup>o</sup> C)	Ufc/g máximo	5	3	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>
Coliformes	Ufc/g máximo	5	3	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
Hongos filamentosos y levaduras	Ufc/g máximo	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>
Salmonella		Neg / 25 gramos			

**Tabla 3.7 Contaminantes microbiológicos**

El maíz debe ser inocuo y apropiado para el consumo humano y debe además cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberá estar exento de metales pesados, en cantidades que representen un riesgo para la salud humana.
- Estar exento de microorganismos y parásitos en cantidades que representen un peligro para la salud.
- Transportarse y almacenarse salvaguardando las cualidades higiénicas, nutritivas y tecnológicas del producto.
- Estar exento de sustancias objetables, vidrios, sustancias desconocidas, etc.
- Libre de semillas tóxicas o nocivas tales como: *Crotolaria*, *Neguilla*, *Ricinos Communis L.*, *Extramonio* y otras semillas comúnmente conocidas como nocivas para la salud humana.

- Método de muestreo: Norma ISO 24333:2011, Muestreo de Cereales y productos de Cereales

- Deberá declararse si el producto es transgénico o no. En caso de que sea transgénico declarar dichos eventos.

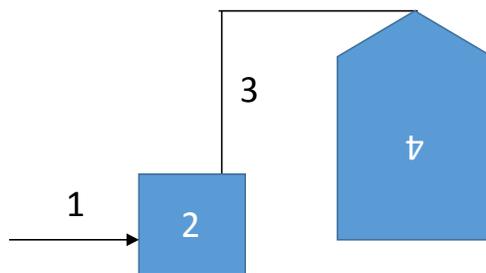
- Se aplicará antifúngico cuando la humedad es superior al 12 %. Esto es válido para cualquier origen.

Deberá declararse el antifúngico empleado y la dosis.

### 3. Determinación del uso al que ha de destinarse:

Elaboración de alimento humano o animal.

**4. Elaboración del Diagrama de Flujo:**



- 1: Recepción de la materia prima.
- 2: Tolva receptora.
- 3: Elevador de cangilones.
- 4: Silo de almacenamiento.

**5. Verificación in situ del Diagrama de Flujo:**

Se verificó el diagrama de flujo en la posición de silo.

**6. Enumeración de todos los Peligros posibles. Ejecución de un análisis de los Peligros. Determinación de las medidas de control:**

En la tabla 3.8 se enumeran los peligros posibles del almacenamiento del grano de maíz.

**Tabla 3.8** Posibles peligros.

Biológicos	Químicos	Físicos
Hongos	Agregados intencionalmente	Vidrios: Botellas, Utensilios de Laboratorio, Bombillos. Etc.
Bacterias	Provenientes del Proceso de Limpieza y/ o desinfección del Sistema	Plásticos: Sellos de Seguridad y Garantía, Etc.
Parásitos	Como parte del Proceso de mantenimiento	Maderas:
Virus	Contaminación durante el almacenamiento	Piedras: Residuos de Construcciones
Personal (que labora en el proceso) enfermo o lesionado	Tratamientos inapropiados durante el proceso de producción	Metales: Puntillas, alambres, Etc.

Medidas de Control:

- Buenas prácticas de higiene personal por parte de los manipuladores de alimentos.
- Desecho apropiado de heces humanas.
- Eliminación de aguas utilizadas para fertilizar las cosechas, que no han sido tratadas apropiadamente.
- Tratamiento apropiado de aguas servidas.

### **7. Determinación de los Puntos Críticos de Control**

- Recepción de la materia prima maíz amarillo.
- Almacenamiento.
- Limpia del grano.

### **8. Establecimiento de los Límites Críticos para cada Punto Crítico de Control**

No se debe recibir la materia prima, sin su trazología, especificando diferentes datos fundamentales como los productos químicos utilizados y las dosis.

Otro punto es la Humedad (14,5 % máximo), presencia de hongos y la especificación de si es apto para el consumo humano.

En el proceso de limpia un límite crítico especificado es la acumulación excesiva de materias extrañas.

### **9. Establecimiento de un nivel de vigilancia para cada Punto Crítico de Control**

Monitorear es la medida programada para observación de un PCC, con el propósito de determinar si se están respetando los límites críticos. Los procedimientos de monitoreo deben detectar la pérdida de control de un PCC, a tiempo de evitar la producción de un alimento inseguro o de interrumpir el proceso. Debe especificarse, de modo completo, cómo, cuándo y por quién será ejecutado el monitoreo. Se deben monitorear todos los puntos críticos señalados, se debe mantener una estrecha vigilancia sobre la materia prima en su comportamiento inicial y a lo largo de todo el proceso chequear la variable humedad. Todos los puntos críticos deben ser monitoreados

### **10. Establecimiento de medidas correctivas para posibles desviaciones:**

La principal razón para implementar el HACCP es garantizar el control de los peligros significativos, deben tomarse las medidas correctoras para evitar el desvío de un PCC o que un producto peligroso sea consumido. La acción correctora debe ser tomada inmediatamente, ante cualquier desvío, para garantizar la inocuidad del alimento y evitar nuevo caso de desvío. Cada vez que entre la materia prima debe, chequearse la trazología si existiera algún elemento de calidad fuera de las especificaciones establecidas se rechaza la materia prima de inmediato y no se puede comenzar a producir el alimento. Las medidas correctivas a lo largo de todo el proceso de producción también deben ser verificadas mediante registros para poder determinar un posible desvío.

### **11. Establecimiento de Procedimientos de verificación:**

La verificación es fundamental para la ejecución exitosa del Plan HACCP que provee un nivel de confianza. Se debe establecer un procedimiento que se verificará cada vez que uno de los elementos que se establecieron como punto crítico tenga alguna deficiencia, se deben analizar los registros del proceso y los documentos establecidos por la metodología del HACCP, analizar desvíos si existieran, garantizar que todos los límites críticos señalados se encuentran bajo control, realizar los análisis de laboratorios establecidos en los procedimientos de trabajo, evaluar la trazabilidad del grano para verificar la confiabilidad de la materia prima y de nuestros proveedores.

### **12. Establecimiento de un Sistema de Documentación y Registro:**

El sistema debe establecer los registros precisos y eficaces, debe contener cuatro registros por parte del sistema HACCP

- Documentación de apoyo para el desarrollo del plan HACCP
- Registros generados por la aplicación del plan HACCP
- Documentación de métodos y procedimientos usados
- Registros de programas de entrenamiento de los funcionarios

### **Documentos de Apoyo**

Los documentos de apoyo en el plan HACCP incluyen informaciones y datos usados para establecer el plan, como el análisis de peligros y los registros que documentan la base científica utilizada para determinar el PCC y los límites críticos. Los documentos de apoyo deben contener además una lista con los miembros del equipo HACCP y sus responsabilidades

Registros generados por la aplicación del plan HACCP.

Los registros más frecuentes que se generan con la aplicación del sistema son los siguientes.

Registros de monitoreo de los límites críticos.

- Registro de control de la temperatura al grano
- Registro de control de la humedad al grano
- Registro de control de análisis microbiológicos al grano
- Registro de control de análisis microbiológicos a la harina
- Registro de control de los análisis de materias extrañas
- Registro de control de residuales
- Registros de acciones correctivas.
- Registro de control de producto no conforme
- Registro de control de productos en el almacén

Registro de verificación

- Registro de control de análisis realizados en los Laboratorios del CNICA y Sanidad Vegetal

Registro de capacitación y entrenamiento a los operarios

- Plan de capacitación y evidencia

Se establecen registros de procedimientos que el mismo incluye, el manual de sistema de inocuidad, el manual de procedimientos operacionales y los registros de normas y documentos de apoyo que legalmente se encuentran establecidos por la organización y el nivel superior, además de la legislación y normas obligatorias relacionadas con la producción de alimentos.

- Manual de sistema de inocuidad

El manual de inocuidad se crea por el equipo HACCP, el mismo incluye todo lo relacionado con las características del producto y del proceso, además incluye los documentos utilizados en la aplicación de la metodología HACCP.

### **Manual de procedimientos operacionales.**

- Procedimiento para inspección de la materia prima.
- Procedimiento para el análisis microbiológico.
- Procedimiento de limpieza y desinfección de los silos.
- Procedimiento para la higiene personal.
- Procedimiento de mantenimiento preventivo.
- Procedimiento para el manejo integrado de plagas.
- Procedimientos de venta del producto.
- Procedimiento para el almacenamiento del producto.
- Procedimiento para la venta de subproductos derivados de la limpieza del cereal.
- Procedimientos para la venta de la barredura derivados de la limpieza del silo.
- Procedimiento para el control de los productos no conformes.
- Procedimientos para los tratamientos de las no conformidades.
- Procedimiento para el expediente de trazabilidad del producto.
- Procedimiento de vigilancia de los PCC.
- Procedimiento para las medidas preventivas y correctivas de los PCC.
- Procedimiento para el control de los registros y otros documentos.
- Procedimiento para auditorías internas.

Estos procedimientos incluyen los requisitos que de forma general deben estar presentes en un proceso de producción y para dar cumplimiento a los principios del HACCP. En la tabla 3.9 se resume el control de los límites críticos del proceso.

**Tabla 3.7** Control de los límites críticos

(1) PCC	(2) Peligros Significativos	(3) Límites Críticos	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) Acción Correctiva	(9) Registros	(10) Verificación
			Que	Como	Frecuencia	Quién			
Recepción del Maíz Amarillo	<u>Peligro Biológicos</u> Presencia de hongos filamentosos	Límites de hongos $\leq 1 \times 10^4$ ufc/g	Hongos filamentosos presentes.	Trazabilidad del grano y análisis de laboratorio en CNICA	Cada vez que se recibe una partida de maíz	Especialista Entomología y técnico calidad	Rechazar el producto	Expediente de trazabilidad del grano	Análisis en el laboratorio de CNICA
	<u>Peligros Físicos:</u> Presencia de materias extrañas, semillas contaminantes, materiales pesados.  Temperatura y humedad fuera de los parámetros.	Materias extrañas $\leq 1,5\%$ máximo  Humedad $\leq 14,5\%$ Temp. $\leq 22^{\circ}C$	Materias extrañas.  Humedad y temperatura	Por cuarteo y reducción, utilizando o tamizados sucesivos.  Monitoreo temperatura y humedad					Muestreo y análisis en la posición de silo
	<u>Peligros químicos</u> Presencia de residuales de plaguicidas	fosfamina $0,1$ ppm	Residuales presentes en el cereal	Análisis de laboratorio					Laboratorio Sanidad Vegetal
Almacenamiento del grano en silo	Peligro Físico Humedad fuera de los parámetros permisibles	Humedad $\leq 14,5\%$	Humedad	Monitoreo de la humedad	Durante el almacenamiento	Técnico de calidad	Conectar la máquina enfriadora		

Limpieza del grano	Peligro Físico Presencia de gran cantidad de materias extrañas.	No se permite acumulación del cereal en el primer cernido	Que la cantidad del producto no sobrepase la capacidad de cernido en los distintos niveles	Manual	Durante el proceso de limpieza	Operario de la máquina de limpieza	Parar la máquina de limpieza y auxiliarse de una escoba	Registro control del proceso	Chequeo del especialista de calidad
--------------------	--	---	--	--------	--------------------------------	------------------------------------	---	------------------------------	-------------------------------------

### 3.4 Resultados del diseño del secador rotatorio

En la tabla 3.8 se muestran los principales parámetros de operación fijados para el diseño del secador.

**Tabla 3.8** Parámetros de entrada al secador:

Parámetros	Valores
<b>Para el gas</b>	
Temperatura de entrada (°C)	150
Temperatura de salida (°C)	110
Humedad absoluta entrada	0,05
<b>Para el grano</b>	
Humedad absoluta entrada	0,21
Humedad absoluta salida	0,15
Temperatura de entrada (°C)	30
Flujo de granos (kg/h)	11 000

A partir de estos parámetros y según la metodología desarrollada en el capítulo 2, se obtienen los parámetros de operación y diseño que se muestran en la tabla 3.9.

**Tabla 3.9** Resultados del diseño del secador.

Parámetros	Valores
d (m)	1,5
z (m)	13
$\Phi$ (min)	3,13
n (rpm)	4,46
m	1,14
G's	38 997,76
Y1	0,11

Según el criterio de Treybal (1999) se cumple con el criterio de diseño económico ( $z/d$ ) que debe estar entre 4 y 10. Además se cumple que la pendiente del secador debe ser menor que 8 y el diámetro menor que 3 m.

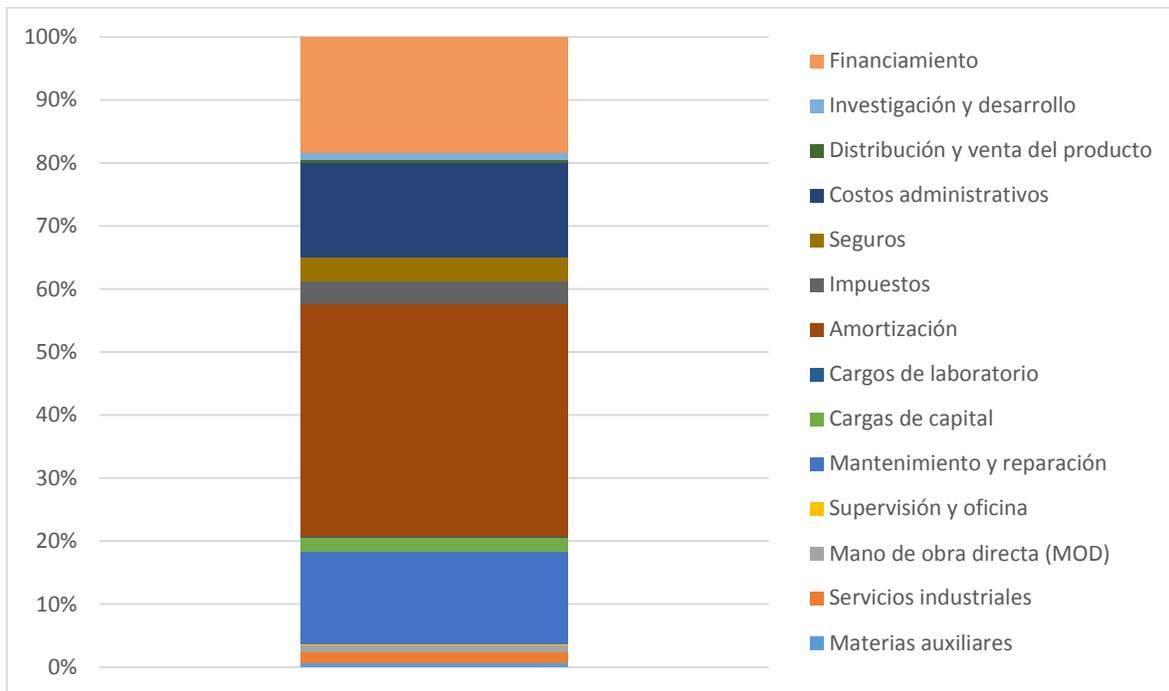
### 3.5. Resultados del análisis económico

Para determinar el capital fijo invertido (FCI) se estimó el costo de adquisición ( $C_{ADQ}$ ) del secador, utilizando la metodología propuesta por Turton (2009).

Una vez estimado el capital fijo invertido, se determinó el costo de operación y, de acuerdo con lo propuesto por Himmelblau (1991), se fijó 10 años de vida útil para el equipo seleccionado. En la tabla 3.10 se muestran el costo de adquisición del equipo, el costo total del módulo ( $C_{TM}$ ), el costo que incluye el desmonte y construcción ( $C_{GR}$ ), el capital de trabajo (circulante) y el capital fijo invertido, actualizado para 2015.

**Tabla 3.10.** Costos (CUC) relacionados a cada una de las alternativas de proceso

Costo	
$C_{ADQ}$	62 306
$C_{TM}$	73 521,08
$C_{GR}$	95 328,18
Circulante	14 299,23
FCI	109 627,4



**Figura 3.3.** Estructura de costos, expresados como porcentaje del costo de operación

La estructura de costos, expresados como porcentaje del costo de operación, se muestra en la Figura 3.3. Como se puede apreciar, la amortización representa el 46% del costo, el mantenimiento y reparación representa el 19 %, el financiamiento el 23 % y los costos administrativos el 19 % representando los principales elementos de costos.

Por otra parte, el menor costo por peso producido es la supervisión y oficina (0.3%)

**Tabla 3.11.** Costo de producción (COM) y el costo por peso producido (cpp) para las alternativas de proceso propuestas

Indicador	
Cop (CUC)	23 580
cpp	0,03

El costo por peso (0,03) significa que para ganar un peso se debe invertir 3 centavos.

El flujo de caja se muestra en el **Anexo 6**.

**Tabla 3.12.** Indicadores de factibilidad

<b>Indicadores</b>	<b>Alternativa Base</b>
VAN (CUC)	5 398 480
TIR (%)	818%
PRI (años)	0,12

Como se aprecia en la tabla 3.12 el VAN es superior a los cinco millones de pesos. Aquí, el mayor interés que se puede pagar es de 818%, lo que indica que la inversión es extremadamente confiable, unido a que la inversión se recupera en 1,5 meses aproximadamente.

### Conclusiones

1. La aplicación de la metodología del HACCP en el proceso de almacenamiento y conservación de granos siguiendo el proceso desde la materia prima hasta la venta del producto posibilitará establecer medidas preventivas e identificar los peligros asociados a la inocuidad del alimento.
2. A pesar de que las temperaturas estén fuera de control, no se corre riesgos de afectaciones por plagamiento, ni deterioro de los granos por encontrarse dentro del rango permisible.
3. El secador diseñado es de 13m de longitud con un diámetro de 1,5m. Se cumple con el criterio de diseño económico ( $z/d$ ) que debe estar entre 4 y 10. Además se cumple que la pendiente del secador debe ser menor que 8 y el diámetro menor que 3 m.
4. La inversión realizada tiene un VAN superior a los cinco millones de pesos. Aquí, el mayor interés que se puede pagar es de 818%, lo que indica que la inversión es extremadamente confiable, unido a que la inversión se recupera en 1,5 meses aproximadamente.

## **Recomendaciones**

- Instalar un secador para aumentar el almacenamiento de maíz de producción nacional por tiempo prolongado.

### Bibliografía

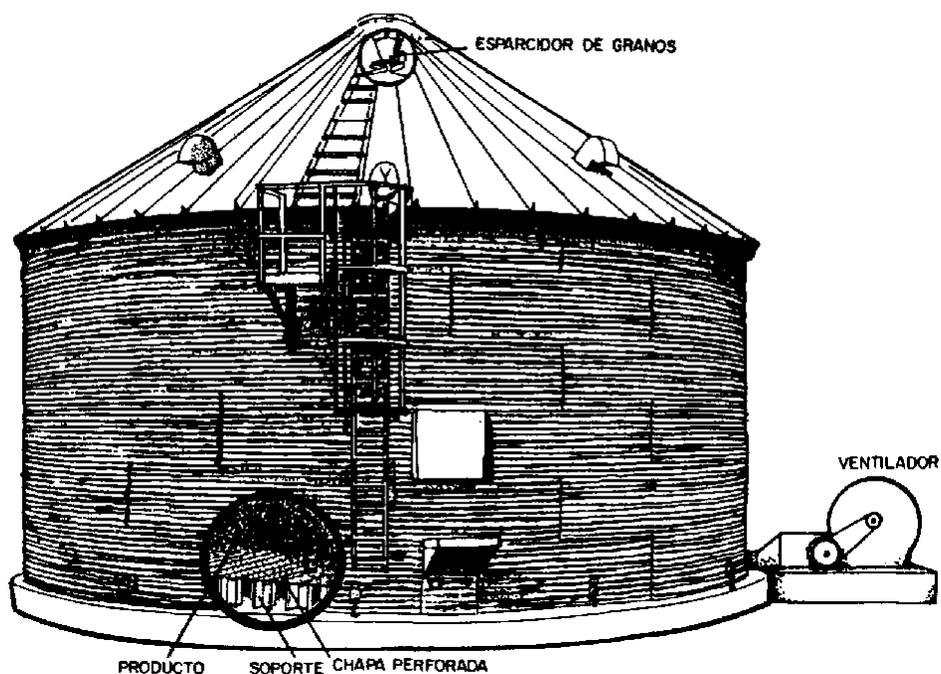
1. LANDIS, D.A.; GARDINER, M.M.; VAN DER WERF, W.; SWINTON, S.M. Increasing corn for biofuel production reduces biocontrol services in agricultural landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v.105, n.51, p.20552-20557, 2008.
2. BERRY, S.T.; ROBERTS, M.J.; SCHLENKER, W. Corn production shocks in 2012 and beyond: implications for food price volatility. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2012.
3. PALIWAL, R.L.; GRANADOS, G.; LAFITTE, H.R.; VIOLIC, A.D.; MARATHÉE, J.-P. *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Roma: FAO, 2001.
4. PALIWAL, R.L.; GRANADOS, G.; LAFITTE, H.R.; VIOLIC, A.D.; MARATHÉE, J.-P. *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Roma: FAO, 2001.
5. Feitó, M. *Planificación del proceso enfriamiento en el almacenamiento de maíz en silos metálicos refrigerados 2014*
6. ACOSTA, R. Selección participativa de germoplasma cubano de maíz (*Zea mays*, L.) en el sistema local de Batabanó, la Habana. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, v. 28, n. 2, p. 63-70, 2012.
7. YANG, S.L.; SHEN, J.; LI, Z.M.; TAN, B.X.; ZHAO, K. Temperature and humidity measurement system for grain storage based on Nrf 905. *Advanced Materials Research*, v.383, p.5012-5016, 2012.
8. FAO, 2015 *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*.
9. Bravo M, 2008 *Silos metálicos y alimentos seguros*. Quito, Ecuador
10. Gari A, 2016, *Compendio de Procedimientos de Conservación de Granos*.
11. *Martínez Curbelo G, Feitó Cespón M, Covas Varela D, Barrera García A, Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, Vol 33, No 2 (2015)*,
12. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV) 2006. *Curso sobre manejo integrado de plagas en almacenes, silos, instalaciones de la industria molinera y transportación de alimentos*. La Habana: Impresiones Minag,

13. Sagarpa, 2014 Almacenamiento y conservación de granos y semillas
14. DOMÍNGUEZ UMPIÉRREZ, J.E.; MARRERO ARTABE, L. 2010. Catálogo de la entomofauna asociada a almacenes de alimentos en la Provincia de Matanzas. *Fitosanidad*, v.14, n.2, p. 75-82,
15. Biglan, A. & Smolkowski, K. (2002, Enero 15). The role of the community psychologist in the 21st century. *Prevention & Treatment*, 5, Artículo 2.
16. FAO. (2002a) Sistema de calidad e inocuidad de los alimentos. Manual de capacitación.
17. Pérez Acosta, M., Estrada Tabares, I., & Ayala Ávila, I. (2003). Aplicación del Sistema de Análisis de Peligro y de Puntos Críticos de Control. Normalización, pp. 8-13.
18. CROSBY. P.B. (1994). Completeness. Calidad total para el siglo XXI. Traducción de Guadalupe Mesa Sataines. Editorial McGraw Hill interamericana de México S.A. Ciudad México.
19. NC-ISO 22000: 2005 Sistema de Gestión de la Inocuidad de los alimentos, requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria.
20. NC- 143: 2007. Código de Práctica. Principios Generales de Higiene de los Alimentos.
21. Norma del CODEX para el maíz. CODEX STAN 30<sup>o</sup> período de sesiones Roma (Italia), 2-7 de julio de 2007.
22. NC- 136: 2007. Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) y Directrices para su Aplicación.
23. FAO. (2002b) Sistema de calidad e inocuidad de los alimentos. Manual de capacitación.
24. Marqués L y Pozzolo O. 2012, a. El almacenamiento y la conservación de los granos
25. Marqués L y Pozzolo O. 2012, b. El almacenamiento y la conservación de los granos. Marqués L y Pozzolo O. 2012. El almacenamiento y la conservación de los granos.

- 26.FAO. (2015) Sistema de calidad e inocuidad de los alimentos. Manual de capacitación.
- 27.NC-ISO 712: 2002. Cereales y Productos de Cereales. Determinación del Contenido de Humedad. Método de referencia Rutinaria.
- 28.STATPOINT TECHNOLOGIES. Statgraphics Centurion, Xvi. 2009. Disponible en: <[www.statgraphics.com](http://www.statgraphics.com)>
- 29.Treybal (1999) Operaciones de transferencia de masa.
- 30.Himmelblau (1991) Principios básicos y cálculos Ingenieros.

Anexos

Anexo. 1 Silo metálicos refrigerado



Anexo. 2 Principales insectos plagas en productos almacenados.

Orden Familia Nombre científico Nombre común	Ciclo de vida	Cantidad de huevos que ponen las hembras	Días para la eclosión de los huevos	Tiempo que vive el adulto	Características Generales	Identificación
Orden: Coleóptera Familia: Curculionidae Nombres: Científico: <i>Sitophilus granarius</i> (L.) Común: Gorgojos de los cereales	*Temp de: 13 °C De 4 a 6 semanas.	De 150 a 300 dentro	De 5 a 14 días	De 4 a 5		- No pueden volar, elitros soldados con surcos. -Pronoto con agujeros elípticos y en número reducido. -Adulto de 3 a 4 mm. Color café oscuro

<p><b>Orden:</b>Coleóptera <b>Familia:</b> Curculionidae <b>Nombres:</b> <b>Científico:</b><i>Sitophilu soryzae (L)</i> <i>Granarius ( L.)</i></p> <p>Común: <b>Gorgojo del Arroz</b></p>	<p>*Temp de: 21 °C aproximadamente un mes.</p>	<p>del grano</p>	<p>A los 12 días</p>	<p>meses .</p>	<p>-Cabeza prolongada en forma de pico. - Antenas capitadas -Larvas sin patas.</p>	<p>-Élitros con cuatro manchas amarillas. -Pronoto con gran cantidad de agujeros redondeados, los cuales no cubren la parte central del pronoto - Adulto de 3 a 5 mm - Pueden volar aunque sus vuelos son cortos</p>
<p><b>Orden:</b>Coleóptera <b>Familia:</b> Curculionidae <b>Nombres:</b> <b>Científico:</b><i>Sitophilu szeamaisMotschulsky</i></p> <p>Común: <b>Gorgojo del maíz</b></p>	<p>de 4 a 6 semanas.</p>	<p>De 300 a 500 dentro del grano</p>	<p>A los 10 días</p>	<p>Hasta 1 año.</p>		<p>-Adultos color café oscuro. mayor que gorgojo del arroz. -Pronoto con cantidad de agujeros redondeados, distribuidos uniformemente. -Élitros muestran cuatro manchas amarillas y vuelan activamente. -Se diferencia del <i>Sitophilusoryzae L</i> en el aparato reproductor del macho.</p>
<p><b>Orden:</b>Coleóptera <b>Familia:</b> Bruchidae <b>Nombres:</b> <b>Científico:</b><i>Acanthoscelideso btectus</i></p> <p>Común: <b>Gorgojo Pardo del Frijol</b></p>	<p>De 4 a 6 semanas</p>	<p>de 80 a 100 adheridos en la rajadura del grano.</p>		<p>18 Días</p>	<p>Adultos de cuerpo en forma oval cubierto de escamas o pelos, resiste bajas temperaturas. -Pronoto en forma triangular. -Las larvas perforan el grano.</p>	<p>-Adultos color gris, gris pardo, café o café rojizo, vuela activamente, de 3 a 4.5 mm -Los fémures de las patas posteriores tienen un diente largo seguido de uno pequeño. - Cuerpo de forma ovoide cubierto de pelos. - Élitros cortos y dejan descubiertos los tres últimos segmentos de la parte posterior del abdomen. - Larva semejante a gusanos blancos de 4 mm</p>
<p><b>Orden:</b>Coleóptera <b>Familia:</b> Bruchidae <b>Nombres:</b> <b>Científico:</b><i>ZabrotessubfasciatusBoheman</i></p> <p>Común: <b>Gorgojo Pinto del Frijol</b></p>	<p>.En 8 semanas.</p>	<p>De 50 a 60 en 2 a 30 horas después de la cópula en grupo de 4 por rajadura del grano</p>		<p>De 2 a 4 Semanas</p>	<p>La hembra adulta inicia inmediatamente la ovoposición. El insecto adulto normalmente no se alimenta de granos, aunque puede consumir agua y néctar.</p>	<p>-Macho de color negro con manchas blancas, hembra de color pardo -Hembras más grandes que los machos, su longitud es de 2 a 3 mm. -Élitros de las hembras poseen una mancha blanca o una pubescencia uniforme de color grisáceo o café pálido, combinando con un fondo grisáceo oscuro.</p>

<p><b>Orden:</b> Coleóptera  <b>Familia:</b> Bostrichidae  <u>Nombres:</u>  Científico: <b><i>Prostephanustrun cathusHorn</i></b>   Común: <b>Barrenador Mayor de los Granos, Escarabajo del Maíz</b></p>	<p>Se completa en 27 días</p>	<p>De 400 a 430</p>			<p>-Adultos de cuerpo cilíndrico y alargado, con ornamentaciones y a veces cubierto de pelos.  -Cabeza pequeña, escondida por el protórax.</p>	<p>-Adultos de color café oscuro a castaño, de 4 a 5 mm, vuelan activamente.  -Élitros en la parte posterior terminan en un declive abrupto y plano, con elevaciones largas y estrechas.  -Antenas son capitadas con los tres últimos segmentos ensanchados. Los adultos vuelan activamente.</p>
<p><b>Orden:</b> Coleóptera  <b>Familia:</b> Bostrichidae  <u>Nombres:</u>  Científico: <b><i>Rhyzopertha dominica Fabricius</i></b>   Común: <b>Barrenillo de los granos. Taladrillo de los granos. Barrenador menor de los granos. Capuchino de los granos</b></p>	<p>En 30 días</p>	<p>100 a 400 huevecillos en hendiduras o superficies rugosas de las semillas.</p>	<p>4 meses</p>	<p>.</p>	<p>-Produce feromonas, asociadas a la formación de cáncer, se descarta el producto que ataca para consumo humano.  -Larva y adulto barrenan y consumen el grano entero, inclusive arroz con cáscara.</p>	<p>-Adultos de color café oscuro a negrozco, cuerpo cilíndrico y su longitud es de 2 a 3 mm, fuertes voladores.  -Cabeza es grande y doblada hacia abajo  -Mandíbulas son fuertes y capaces de cortar madera  -Pronoto en forma de capucha y el margen anterior contiene filas de dientes o tubérculos.  -Élitros en su parte posterior presentan un declive ligeramente convexo con pelos arqueados</p>
<p><b>Orden:</b> Lepidóptera  <b>Familia:</b> Gelechiidae  <u>Nombres:</u>  Científico: <b><i>Sitotroga cerealella Oliver</i></b>   Común: <b>Palomilla de los Cereales Palomilla Dorada</b></p>	<p>De 25 a 28 días.</p>	<p>sobre la superficie de los granos de 40 a 100 s  El hábito de ovoposición en grupos o posturas de 20 a 50</p>	<p>5 a 10 días</p>	<p>Un año</p>	<p>-Larvas que barrenan y penetran el grano. En ataques severos, las palomillas no forman hebras o hilos en los conglomerados de granos junto a <i>Sitophilus</i>, son algunos de los pocos insectos que penetran el grano con</p>	<p>-Adultos color amarillo rojizo o café ocráceo pálido, vuela activamente, cuerpo de 6 a 9 mm.  -Alas de 14 a 18 mm, con escamas. Las anteriores son más angostas que las posteriores, éstas últimas con pelos largos en los márgenes.  -Cabeza con palpos largos y curvos. Las alas extendidas miden</p>

		huevecillos			bajo contenido de humedad	
<p><b>Orden:</b> Coleóptera  <b>Familia:</b> Tenebrioniidae  <u>Nombres:</u>    <b>Científico:</b>  <b><i>Tribolium confusum</i></b>    <b>Común:</b> <b>Gorgojo falso de la harina.</b>  <b>Gorgojo confuso de las harinas.</b></p>	De 6 a 8 semana	De 400 a 500	8 a 12 días	12 a 18 meses	Se alimentan de harina y granos quebrados o partidos Prefiere las harinas de trigo y de maíz.	-Cabeza pequeña, angosta y prognata antes (con las mandíbulas hacia adelante), usualmente con 11 segmentos y fórmula tarsea 5 - 5 - 4, -Adulto de longitud del cuerpo de 2.6 a 4.5 mm, color de café a rojizo brillante. ----Antenas claviformes, las cuales dan la apariencia de un bate, y no es capaz de volar. -Larvas delgadas y cilíndricas.
<p><b>Orden:</b> Coleóptera  <b>Familia:</b> Tenebrioniidae  <u>Nombres:</u>  <b>Científico:</b> <b><i>Tribolium castaneum</i> Herbst J. Du. Val</b>  <b>Gorgojo</b>  <b>Común:</b> Castaño de la harina.  Gorgojo rojo de la harina.</p>	De 6 a 8 semana	De 400 a 500	8 a 12 días	12 a 18 meses	Los <i>Tribolium castaneum</i> : daña granos almacenados en general	-Antenas capitadas en forma de mazo, con los tres últimos segmentos agrandados y es capaz de volar.
<p><b>Orden:</b> Coleoptera  <b>Familia:</b> Cucujidae    <u>Nombres:</u>  <b>Científico:</b>  <b><i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.</b>    <b>Común:</b> Gorgojo dentada de los granos  Gorgojo Dientes de Sierra</p>	De 25 a 30 días	200 a 300 huevecillo en grupos de 4 a 5,	los 4 a 6 días	de 3 a 6 semanas,	-Insectos pequeños de cuerpo largo, extremadamente planos. -Cabeza es ancha y aplanada como el pro	-Son insectos de color café oscuro o negro. Tiene una longitud de 2.5 a 3.5 mm. -En el tórax tiene 6 dientes a cada lado y son capaces de volar.

<p><b>Orden:</b> Coleoptera  <b>Familia:</b> Cucujidae  <b>Nombres:</b>  <b>Científico:</b> <i>Cryptolestes ferrugineus</i> Sc  <b>honnherr</b>  <b>Común:</b> Carcoma  Achatada de los granos.  Gorgojo plano de los granos</p>	<p>de 25 a 30 días</p>	<p>de 150 a 300 huevecillos sobre los granos almacenados</p>		<p>de 6 a 9 meses</p>		<p>-El insecto se alimenta de productos almacenados con alto grado de impurezas, humedad y con daños severos por insectos primarios o en cereales de período de descomposición. --Se asocia con daños severos de Sitophilus sp. en cereales.</p>
<p><b>Orden:</b> Lepidoptera  <b>Familia:</b> Phycitidae  <b>Nombres:</b>  <i>Ephesiakuehniella</i> Sélér  Palomilla de los cereales  <i>E. cautella</i> Walter  Palomilla de los cereales  <i>E. eleutella</i> Hubner  Palomilla de los cereales</p>	<p>De 8 a 9 semanas.</p>	<p>200 huevecillos</p>	<p>a los 3 días</p>	<p>2 a 6 meses</p>	<p>Forma hebras o telas de seda en granos almacenados lo que provoca aglomerados o pelotas en los almacenes</p>	<p>-Son palomillas de coloración gris con tonalidades grisáceas. El adulto mide de 11 a 16 mm. Las alas anteriores se caracterizan por líneas negras en forma de zigzag. En el caso de <i>Ephesiakuehniella</i> con una W invertida en la parte dorsal de las alas anteriores.</p>

Anexo.3 Secador continuo

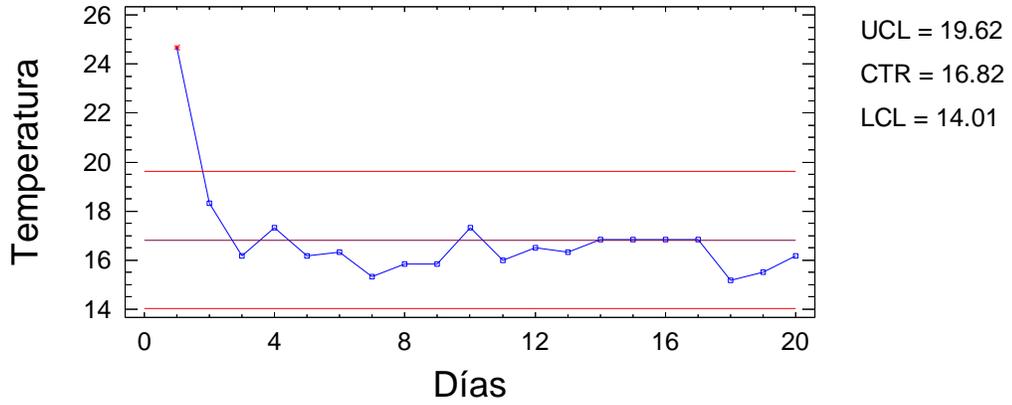


Anexo. 4 Metodología para estimación de los costos.

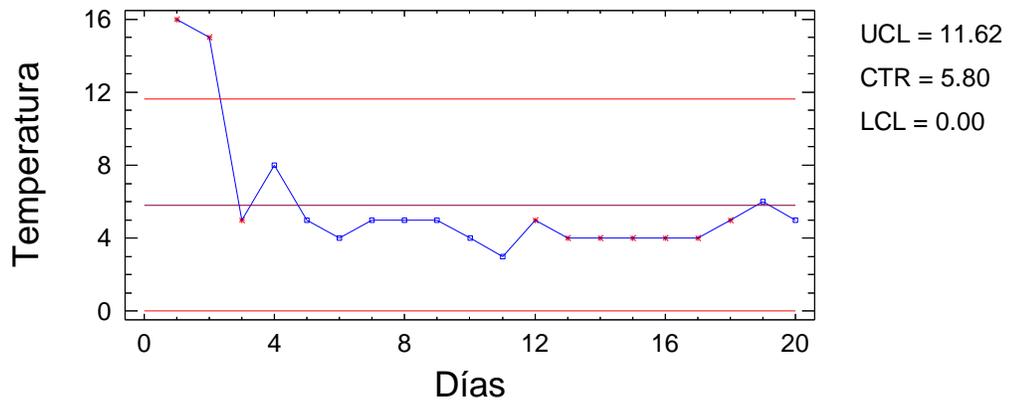
<b>A. Costos directos de producción</b>	
Materias primas y reactivos	Precio unitario multiplicado por el consumo anual
Materias auxiliares	5% del costo de mantenimiento
Servicios industriales	Precio unitario multiplicado por el consumo anual (según diagrama de proceso) *
Mano de obra directa (MOD)	Factor de operarios por equipo *
Supervisión y oficina	20% del costo de mano de obra
Mantenimiento y reparación	4% de la inversión de capital fijo *
Cargas de capital	15% del costo de mantenimiento
Cargos de laboratorio	20% del costo de mano de obra
<b>Cargos fijos</b>	
Amortización	10% inversión de capital fijo
Impuestos	1% inversión de capital fijo
Seguros	1% inversión de capital fijo
<b>B. GASTOS GENERALES</b>	
Costos administrativos	15%MOD + costos supervisión + costo mantenimiento
Distribución y venta del producto	2% costos directos de producción
Investigación y desarrollo	5% costos directos de producción
Financiamiento	5% Itc
<b>COSTOS TOTALES DE OPERACION (CP)</b>	<b>A + B</b>

Anexo. 5 Cartas de control para cada sensor.

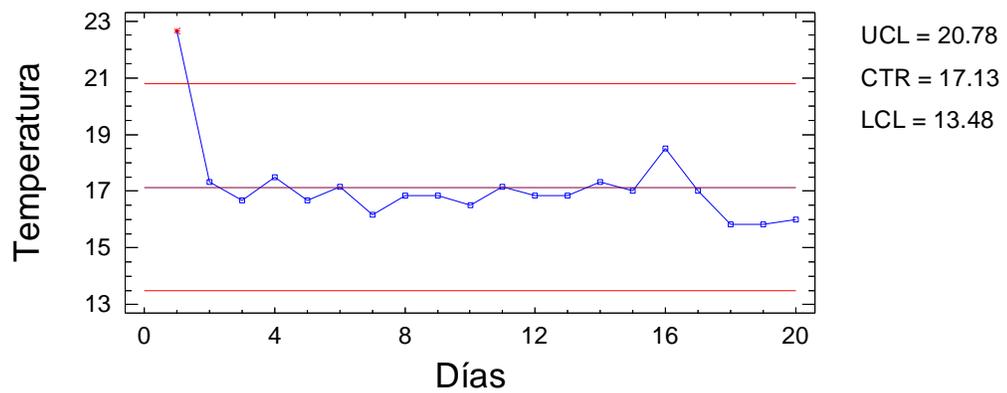
Carta de control para S1

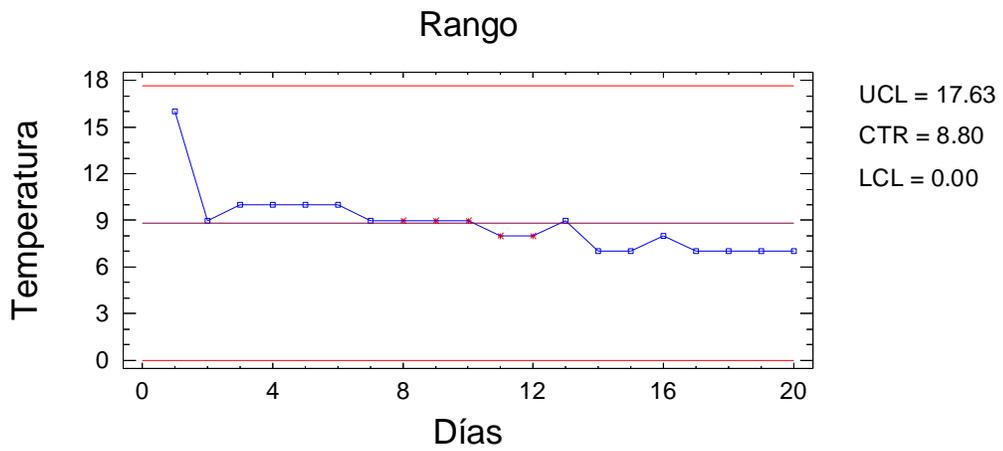
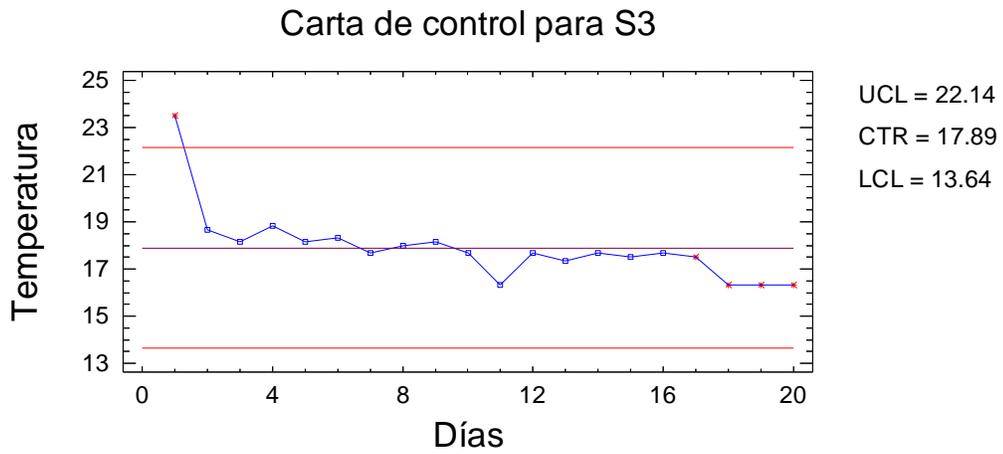
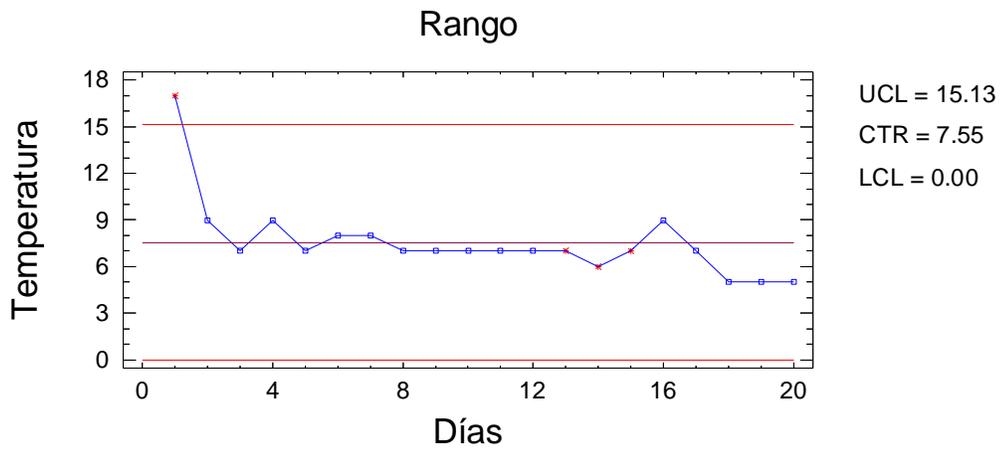


Rango

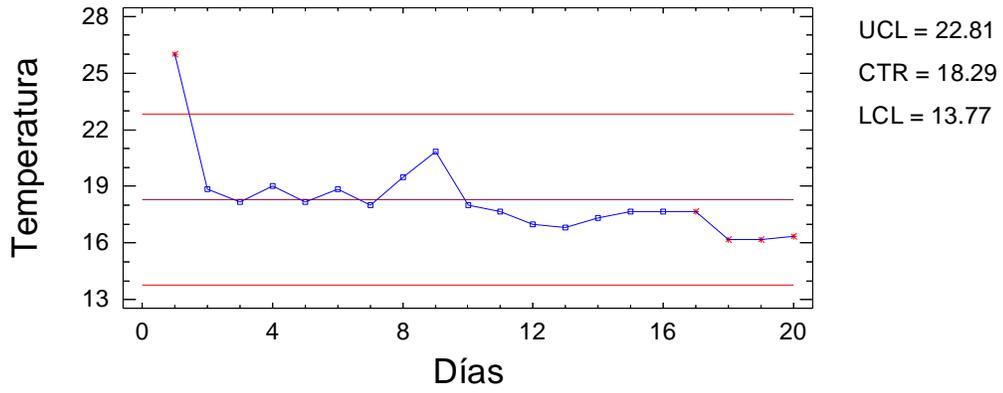


Carta de control para S2

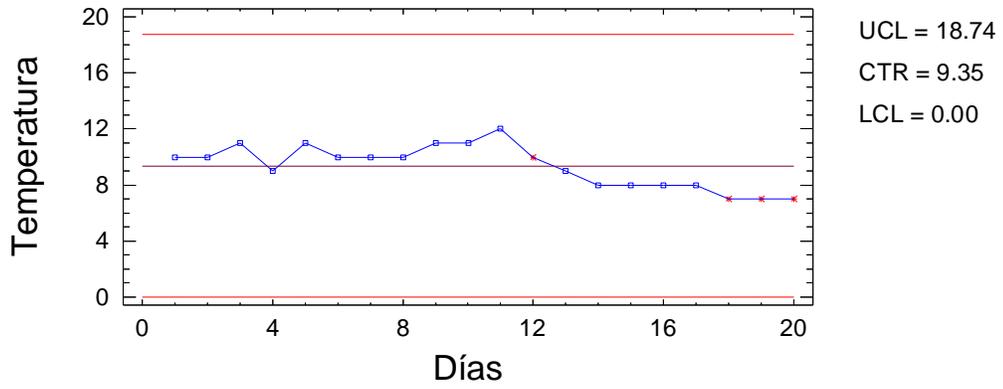




Carta de control para S4



Rango



Anexo. 6 Flujo de caja.

Interes	0.1										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversion	109627.407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos	0	920000	920000	920000	920000	920000	920000	920000	920000	920000	920000
Egresos	109627.407	23580.82	23580.82	23580.82	23580.82	23580.82	23580.82	23580.82	23580.82	23580.82	23580.82
MF	-109627.407	896419.18	896419.18	896419.18	896419.18	896419.18	896419.18	896419.18	896419.18	896419.18	896419.18
Mov Fondo											
Acumulado	-109627.407	786791.77	1683210.95	2579630.14	3476049.32	4372468.50	5268887.68	6165306.86	7061726.04	7958145.22	8854564.40
Mov Fondo											
Actual	-109627.407	814926.528	740842.298	673492.998	612266.362	556605.784	506005.258	460004.78	418186.164	380169.24	345608.4