

**Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Agrícola**

Efecto del enfriamiento artificial en el almacenamiento de arroz en granza (*Oryza sativa L*) respecto a la calidad del grano y costos operativos.

Proyecto de Graduación presentado como requisito para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Agrícola

Juan Roberto Mora Chaves

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Febrero del 2013**

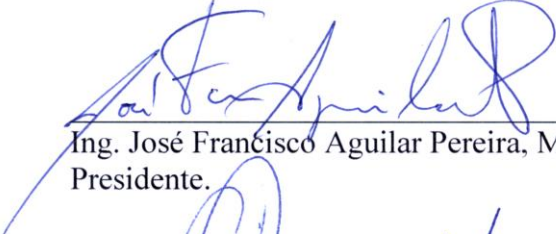
Tribunal evaluador

Proyecto de Graduación presentado ante la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica, como requisito final para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola.

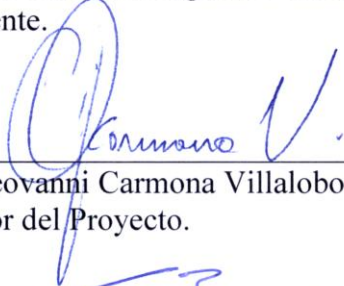
Sustentante:

Juan Roberto Mora Chaves.


Aprobado por:



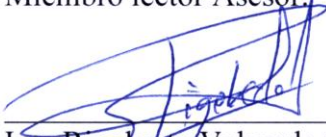
Ing. José Francisco Aguilar Pereira, M. Sc.
Presidente.



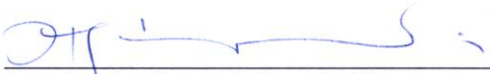
Ing. Giovanni Carmona Villalobos, Lic.
Director del Proyecto.



Ing. Carlos Benavides León, M.Sc.
Miembro lector Asesor.



Ing. Rigoberto Valverde Chavarría, Lic.
Miembro lector Asesor.



Ing. José Alberto Miranda Chavarría, M.B.A.
Miembro Asesor.

Dedicatoria.

A mi familia cuyo incondicional apoyo ha sido vital para la culminación de mis estudios, en especial a mi madre Victoria Chaves por su abnegado cariño y a mi padre Róger Mora por enseñarme el valor del trabajo y la perseverancia.

A mi tía Liliana Chaves y a mis hermanos Leonardo, Wilberth y Dayana; ya que sin su apoyo económico no hubiese sido posible la culminación de mis estudios.

A todas las personas que dieron su voz de aliento en momentos difíciles y me motivaron a seguir con esta meta.

Agradecimientos.

A todo el personal de la planta de la empresa DEMASA ubicada en Parrita por toda la colaboración y atenciones brindadas, en especial al Ingeniero Rigoberto Valverde por brindarme la oportunidad de desarrollar esta investigación.

Al Ingeniero Giovanni Carmona por su apoyo y consejos, al Ingeniero Carlos Benavidez por sus observaciones y aportes oportunos.

Al personal de CONARROZ por el tiempo brindado en la atención de mis consultas en especial a los Ingenieros Róger Umaña y Víctor Muños.

A todas las personas que de alguna u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo y cuyos nombres omití por error.

Finalmente quiero agradecer al Alma Mater y a su sistema de becas por formarme como profesional y como persona a lo largo de todos estos años.

*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor,
la electricidad y la energía atómica: la voluntad”.*

Albert Einstein (1879-1955).

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xii
CAPÍTULO 1: Introducción.	1
1.1 Planteamiento del problema y alcances.	3
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.	5
CAPÍTULO 2: Marco teórico.....	6
2.1 Generalidades del arroz.	6
2.2 Almacenamiento del arroz.	7
2.3 Plagas del arroz.	12
2.4 Parámetros de calidad del arroz.	16
CAPÍTULO 3: Metodología.	19
3.1 Descripción experimental.	19
3.2 Descripción de muestreo y pruebas de calidad.	23
3.3 Preparación de las muestras.	25
3.4 Procedimiento de evaluación estadística.	27
CAPÍTULO 4: Resultados y análisis.	28
4.1 Descripción del arroz utilizado.	28
4.2 Medición de temperaturas en los silos.	31
4.3 Parámetros de calidad.	43
4.4 Costos.....	61
CAPÍTULO 5: Conclusiones y recomendaciones.	70
5.1 Conclusiones.....	70
5.2 Recomendaciones.	71
BIBLIOGRAFÍA.	74
ANEXOS	77
I. Registros de compras de grano.	78
II. Certificado de calibración de Motomco 919.	86

III. Promedio diario de temperatura de los silos.	88
IV. Control de aireación del sistema MC.	93
V. Información técnica del abanico del sistema MC.	96
VI. Control de aireación del sistema EA.	97
VII. Mediciones de caudal del enfriador industrial.	99
VIII. Resultados de calidad.	108
IX. Resultados del análisis de varianza entre tratamientos.	112
X. Resultados de análisis de varianza al contrastar la muestra inicial con la final de cada tratamiento.	127
XI. Registro de demanda de potencia del enfriador industrial.	131
XII. Análisis de la sensibilidad de la inversión del enfriador.	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Contenido de humedad de equilibrio del arroz en granza.	8
Figura 2.2. Relación entre temperatura de almacenamiento y contenido de humedad con calentamiento por insectos, caída en germinación y calentamiento por hongos en granos de cereal.	10
Figura 3.1 Puntos de medición de velocidad del aire.	22
Figura 3.2. Patrón para muestreo de silos.	24
Figura 3.3. Patrón de ubicación de los termopares dentro los silos.	24
Figura 3.4. Esquema de evaluación de la calidad.	26
Figura 4.1 Variedades de arroz almacenadas en el silo 1.	28
Figura 4.2. Variedades de arroz almacenadas en el silo 7.	29
Figura 4.3. Variedades de arroz en el silo 5.	29
Figura 4.4. Temperatura intergranular promedio del silo 1.	34
Figura 4.5. Temperatura intergranular promedio del silo 7.	39
Figura 4.6. Temperatura intergranular promedio del silo 5.	42
Figura 4.7. Contenido de humedad del grano.	45
Figura 4.8. Peso de materia seca de 1000 granos sanos.	47
Figura 4.9. Diferencia porcentual de materia seca respecto al muestreo anterior.	48
Figura 4.10. Infestación primaria.	50
Figura 4.11. Infestación secundaria.	51
Figura 4.12. Porcentaje de impurezas.	53
Figura 4.13. Porcentajes de puntilla, grano quebrado y grano entero del grano almacenado con el sistema MC entre los muestreos 0 y 7.	55
Figura 4.14. Porcentajes de puntilla, grano quebrado y grano entero del grano almacenado con el sistema EA entre los muestreos 0 y 7.	55
Figura 4.15. Porcentaje de grano manchado.	58
Figura 4.16. Porcentaje de grano dañado.	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Insectos y ácaros de cereal almacenado.....	13
Tabla 2.2. Infestación del arroz por el <i>Sitophilus oryzae</i> en función de la temperatura... 14	14
Tabla 2.3. Tiempos de incubación de los huevos de <i>Rhyzopertha Dominica</i> (F.) sometidos a diferentes temperaturas.	14
Tabla 2.4. Duración de los estados larval y pupal de la <i>Rhyzopertha Dominica</i> (F.).	15
Tabla 2.5. Requisitos de calidad.	18
Tabla 2.6. Factores y grados de calidad para el arroz en granza tipo largo.	18
Tabla 3.1. Métodos de almacenamiento.	20
Tabla 4.1. Mediciones de densidad aparente del grano.	30
Tabla 4.2. Medición de alturas vacías dentro del silo 1.....	30
Tabla 4.3. Medidas y llenado de los silos utilizados.	31
Tabla 4.4. Etapas de almacenamiento del silo 1.	33
Tabla 4.5. Estimación del caudal unitario empleado en el sistema MC.	35
Tabla 4.6. Etapas de almacenamiento del silo 7.	38
Tabla 4.7. Horas de operación y caudales unitarios del equipo CONSERFRIO®	38
Tabla 4.8. Resultados promedios del contenido de humedad.....	44
Tabla 4.9. Resultados promedios del peso de la materia seca en 1000 granos.....	46
Tabla 4.10. Resultados promedios de infestación primaria en 1000 g.	49
Tabla 4.11. Resultados promedios de infestación secundaria en 1000 g.....	51
Tabla 4.12. Resultados promedios del porcentaje de impurezas.	53
Tabla 4.13. Promedios de los porcentajes de: puntilla, grano quebrado y grano entero. .	54
Tabla 4.14. Resultados promedios del porcentaje de grano manchado.	57
Tabla 4.15. Resultados promedios del porcentaje de grano dañado.....	59
Tabla 4.16. Demanda de potencia máxima registrada del equipo CONSERFÍO®	62
Tabla 4.17. Costos por demanda de potencia del equipo CONSERFÍO®	62
Tabla 4.18. Horas de operación del equipo CONSERFÍO®	63
Tabla 4.19. Costo por consumo del equipo CONSERFÍO®	63

Tabla 4.20. Costo por consumo horario del equipo CONSERFÍO [®] durante los periodos punta, valle y nocturno.....	64
Tabla 4.21. Costos unitarios del sistema EA.	65
Tabla 4.22. Costos de K-Obiol [®] utilizado.	65
Tabla 4.23. Cálculo de potencia del motor Kohlback [®] modelo 160 M.	66
Tabla 4.24. Costos por demanda de potencia del abanico de aireación.....	66
Tabla 4.25. Costo por consumo del abanico de aireación.	67
Tabla 4.26. Costo por consumo horario del abanico durante los periodos punta, valle y nocturno.	67
Tabla 4.27. Costos unitarios del sistema MC.	68
Tabla A.1. Registro de recibo del grano del silo 7.	78
Tabla A.2. Registro de recibo del grano del silo 1.	80
Tabla A.3. Registro de recibo del grano del silo 5.	84
Tabla A.4. Promedio de temperatura intergranular en los silos.....	88
Tabla A.5. Registro horario de la primera etapa de aireación del silo 1.....	93
Tabla A.6. Registro horario de la segunda etapa de aireación del silo 1.	94
Tabla A.7. Registro horario de la tercera etapa de aireación del silo 1.	95
Tabla A.8. Registro horario de operación del equipo CONSERFRIO [®]	97
Tabla A.9. Control de horas de paro del equipo CONSERFRIO [®]	97
Tabla A.10. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO [®] en periodo nocturno ajustada en 20°C-22°C.....	99
Tabla A.11. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO [®] en periodo diurno ajustada en 20°C-22°C.	100
Tabla A.12. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO [®] en periodo nocturno ajustada en 17°C-19°C.....	101
Tabla A.13. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO [®] en periodo diurno ajustada en 17°C-19°C.	102
Tabla A.14. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO [®] en periodo nocturno ajustada en 15°C-17°C.....	103
Tabla A.15. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO [®] en periodo diurno ajustada en 15°C-17°C.	104
Tabla A.16. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO [®] en periodo nocturno ajustada en 12°C-15°C.....	105

Tabla A.17. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo diurno ajustada en 12°C-15°C.	106
Tabla A.18. Resumen de Mediciones de caudal y presión del equipo CONSERFRIO®.	107
Tabla A.19. Resultados de los muestreos de calidad.	108
Tabla A.20. Registro de demanda de potencia del equipo CONSERFRIO®.	131
Tabla A.21. Diferencia en costos operativos.	135
Tabla A.22. Pérdida de peso medida en MC.	135
Tabla A.23. Ahorros por silo de 1750 Ton.	136
Tabla A.24. Análisis de rentabilidad para 1 silo en dólares estadounidenses.	136
Tabla A.25. Análisis de rentabilidad para 2 silos.	137
Tabla A.26. Resultados de sensibilización de peso.	138

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el fin de evaluar el efecto del enfriamiento artificial (EA) del arroz en granza (*Oryza sativa L*) sobre la calidad del grano y los costos operativos que conlleva la aplicación de esta técnica. Las pruebas se realizaron en el periodo de Diciembre del 2011 a Julio del 2012 en la planta de la empresa DEMASA ubicada en la zona de Parrita. Se utilizó arroz nacional de diferentes variedades al cual ya se le había aplicado los procesos de limpieza y secado hasta un 13% en promedio. El producto se almacenó en 3 silos monitoreados diariamente con un sistema de termopares. Un silo fue utilizado como testigo por lo que no se le aplicó técnica alguna para el control de temperatura y plagas. A otro silo se le aplicó el método de conservación EA en el cual mediante un enfriador industrial se mantuvo la temperatura del grano entre 20 y 30°C en promedio. El último silo fue tratado con el método convencional de almacenamiento en Costa Rica (MC). En este caso el plaguicida se empleó en las dosis indicadas por el fabricante, las aireaciones se realizaron con aire a temperatura ambiente en periodos nocturnos y se iniciaron cuando el grano alcanzó 36°C.

Para el análisis de la calidad se utilizaron los parámetros de CONARROZ (2008) junto con la cuantificación de la materia seca en 1000 granos. Los resultados obtenidos se analizaron con un ANOVA aplicando una prueba LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Al final del periodo de almacenamiento se determinó que el sistema EA fue más efectivo en la conservación del contenido de humedad del grano, en la conservación de la materia seca y en el control de la infestación.

Para la estimación de los costos operativos se cuantificó el consumo eléctrico y el precio del plaguicida. Los resultados obtenidos apuntan a que el sistema EA es más económico operativamente al sumar en total ₡ 562,56 por tonelada, representando el 53,94% del monto invertido en el sistema convencional.

CAPÍTULO 1: Introducción.

La alimentación es una de las necesidades básicas del ser humano, por lo que es de vital importancia contar con fuentes de alimentos estables a lo largo del año. El arroz constituye una de las principales fuentes de alimento a nivel mundial, siendo ampliamente cultivado y consumido en el mundo entero.

Según FAO y SEPSA (2006), el arroz es el producto más importante dentro de la canasta básica alimentaria de Costa Rica y representa el mayor gasto dentro de la misma.

El mismo documento señala que:

1. En el país la demanda de arroz crece año con año a una tasa similar a la de crecimiento poblacional.
2. El país está produciendo alrededor de la mitad de lo que consume.
3. La producción local se ha venido reduciendo significativamente en los últimos años por causa de la baja productividad por ausencia de riego y por la presencia de plagas y enfermedades. Mientras que en el año 2000 se produjeron cerca de 350000 t para el año 2005 la producción fue de tan solo 250000 t.
4. La deficiencia en la producción ha sido resuelta en el país con incrementos en la importación. Del 2000 al 2005 las importaciones pasaron de 50000 t a 200000 t anuales.
5. Se estima que el 48 % del consumo nacional es atendido por arroz importado primordialmente de los Estados Unidos del cual proviene más del 90 % de las importaciones.

Así mismo en la publicación se concluye que existe la posibilidad de mejorar los bajos rendimientos por hectárea del arroz en el país, para ello es fundamental un buen manejo de la plantación junto desarrollo tecnológico de nuevas variedades más productivas y mejor adaptadas a las condiciones locales.

Respecto a los rendimientos de producción de arroz en granza a nivel mundial, IICA (2005) muestra a Egipto en el primer lugar de 73 países con un rendimiento de 9,52 t/ha.

China el mayor productor y consumidor a nivel mundial se ubica en la posición 10 con un rendimiento de 6,35 t/ha, mientras que Brasil, el mayor productor de América, ocupa el lugar 45 con un rendimiento de 3,58 t/ha. Por otra parte en América el país mejor posicionado es Estados Unidos ubicado en el lugar número 4 con un rendimiento de 7,58 t/h.

En este mismo estudio posicionan a Costa Rica en el lugar 34 con un rendimiento de 4,18 t/ha, por debajo de El Salvador en lugar número 15 con un rendimiento de 5,89 t/ha pero por encima del resto de países de la región centroamericana Honduras, Belice, Nicaragua y Guatemala, los cuales aparecen en los lugares respectivos 36, 65, 72 y 73; con rendimientos de 4,00 t/ha; 2,83 t/ha; 2,57 t/ha y 2,41 t/ha correspondientemente.

El estudio de nuevas tecnologías es un eslabón importante en el contexto de mejoras en la industrialización del grano.

Actualmente en Costa Rica para el almacenamiento del arroz en granza se emplea una técnica la cual combina la inyección de aire ambiente al grano para controlar la temperatura, en conjunto con la aplicación de plaguicidas como el K-Obiol[®], el cual está sustituyendo al Bromuro de Metilo para el control de plagas.

La utilización de enfriadores industriales que proveen un ambiente refrigerado con baja humedad relativa es un método alternativo utilizado para la conservación de granos que simula las condiciones de los países con estaciones invernales más frías que las encontradas en los trópicos.

Con base a una búsqueda bibliográfica realizada en la base de datos del Catálogo Público en Línea (OPAC por sus siglas en inglés) de la Universidad de Costa Rica y tras consultas realizadas a la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ) a través del Ingeniero Industrial Víctor Muños y al Centro de Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS) a través de su Director Ramiro Alizaga; se determina que en el país no es común la utilización de esta técnica y se carece de estudios de la aplicación de la misma.

Debido a la necesidad de mejoras en la actividad arrocera y a la carencia de información e investigación de la aplicación de esta tecnología en el país, surge la idea de evaluar una alternativa para el almacenamiento del arroz en granza libre del uso de plaguicidas.

1.1 Planteamiento del problema y alcances.

Brooker et al. (1981) señalan el secado del grano como un método para la conservación del mismo sin embargo, luego de este proceso, los esfuerzos se enfocan en mantener esa masa de grano seca y libre de plagas a lo largo del periodo de almacenamiento.

Para ello la planta de DEMASA división arroz ubicada en la zona de Parrita, emplea actualmente el sistema de almacenamiento MC, sin embargo las condiciones climatológicas de esa zona restringen la cantidad de horas en que se puede realizar la aireación debido a las altas temperaturas y a la alta humedad relativa imperante la mayor parte del tiempo. De esta manera las condiciones idóneas para realizar las aireaciones se presentan aproximadamente entre las 8 a.m. y las 10 a.m.

Unido a esto, debido a las condiciones operativas de la empresa, se realiza únicamente una limpieza total de los silos al año, la cual consiste en limpieza, lavado y fumigación de las paredes y piso falso del silo. Esta situación promueve problemas de infestación.

Con el fin de contrarrestar la condición climatológica, recientemente la empresa adquirió un enfriador industrial CONSERFRÍO® modelo F250TD el cual inyecta aire a una temperatura ajustable en el rango de los 4 ° C a los 25 ° C a una humedad relativa ajustable 60 y 100 %.

A causa de los altos costos operativos que conlleva la utilización de este equipo la empresa busca la manera de maximizar los rendimientos del mismo así como conocer los resultados en la calidad final del grano almacenado empleando esta técnica de conservación.

Mediante un análisis de costos operativos y calidad del grano, los resultados de esta investigación permitirían establecer la factibilidad de la aplicación de esta nueva tecnología para la conservación del arroz en el país.

Al comparar este nuevo sistema con el método tradicional se pretende determinar cuál es el más económico en términos de operación, cuál es el más efectivo para combatir la in-

festación, variaciones en el contenido de humedad y de materia seca del grano en el periodo de almacenamiento e implicaciones en los rendimientos de molienda y porcentaje de impurezas.

Para evaluar la calidad de mesa del grano en este estudio se valorarán el porcentaje de grano machado y porcentaje de grano dañado por insectos.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto del enfriamiento artificial (EA) del arroz en granza (*Oryza sativa L*) sobre la calidad del grano y costos operativos del sistema y compararlos con el método convencional (MC) de almacenamiento para determinar la factibilidad económica del uso de la técnica.

1.2.2 Objetivos específicos.

Cuantificar las variaciones en el contenido de humedad y el contenido de materia seca del grano durante el periodo de almacenamiento utilizando el enfriamiento artificial y el método convencional.

Evaluar durante el periodo de almacenamiento las variaciones en la calidad del grano según la metodología propuesta por CONARROZ (2008), empleando el enfriamiento artificial y el método convencional como técnicas de conservación.

Realizar un análisis comparativo del costo económico de los Kilowatts hora y plaguicidas consumidos en el enfriamiento artificial y el método convencional para determinar cuál es el más económico en términos de operación.

CAPÍTULO 2: Marco teórico.

2.1 Generalidades del arroz.

El arroz pertenece al género *Oryza* de la familia Gramineae (UNED, 1994; citando a De Data 1981). Existen cerca de 20 especies que están distribuidas principalmente en el trópico húmedo de África, sur y sureste de Asia, sur de China, Centro y Sur América así como en Australia (UNED, 1994; citando a Chang 1974).

Distintos autores (UNED, 1994; por ejemplo) afirman que la especie más importante en el mundo por su uso en la producción de arroz es sativa, seguida por glaberrima la cual es cultivada en ciertas áreas de los países del oeste africano. Esta última, se ha visto reemplazada gradualmente por la especie sativa.

Es difícil identificar cuándo y dónde se comienza a cultivar el arroz sin embargo según Angladette (1969) en la literatura china se hace mención, 3000 años antes de nuestra era, de la ceremonia de la siembra.

Díaz (1995) indica que en el mundo, el principal producto en volumen de producción es el trigo y después se encuentra el arroz que constituye el alimento básico de la mitad de la población mundial.

Conitta (1991), citado por Hangen (2002) expresa que todos los continentes con excepción de la Antártica producen arroz; se siembra desde el ecuador hasta latitudes de 53 ° norte (en China) y 35 ° a 40° grados Sur, y en regiones tropicales hasta alturas de 2400 m sobre el nivel del mar.

2.2 Almacenamiento del arroz.

El arroz es un cultivo estacionario cuya demanda se da a través de todo el año, razón por la cual debe ser almacenado. En Costa Rica el almacenamiento generalmente es a corto plazo en periodos aproximados a los cuatro meses.

Posterior a la cosecha los esfuerzos se enfocan en la conservación del grano durante el periodo de almacenamiento. En este lapso de tiempo el ser humano compite con aves, roedores, microorganismos e insectos que también buscan alimentarse del grano.

Angladette (1969) menciona que es extremadamente raro que el arroz sea industrializado en la totalidad del proceso inmediatamente después de la cosecha, así mismo dice que se tiene interés de almacenar el arroz en granza con preferencia, ya que el arroz industrializado es más sensible al ataque de insectos.

ASAE (2004) brinda valores de constantes características para diferentes granos, las cuales son importantes a tomar en cuenta al momento del almacenamiento de los mismos. Para el arroz en granza define una densidad aparente de 579 Kg/m^3 .

Por otra parte Díaz (1995) en su estudio obtuvo densidades aparentes de arroz en granza variedad Llano 5 con diferentes CH_{bh} . Encontró valores de $560,00 \text{ Kg/m}^3$; $557,70 \text{ Kg/m}^3$ y $541,40 \text{ Kg/m}^3$ para 12,36 %; 17,01% y 21,16%, respectivamente.

Tocagni et al. (1980) señalan que la conservación en silos se basa en que una masa de cereal se encuentre lo más seca posible depositada en un ambiente seco, herméticamente cerrado, exento de oxígeno y perfectamente aislado y protegido de los cambios exteriores de temperatura y humedad.

Angladette (1969) indica que el secado es necesario para la conservación del grano, ya se trate de granos destinados a ser industrializados, es decir, descascarillados y blanqueados, o granos destinados a la siembra. Este proceso tiene por objetivo llevar los granos a un CH_{bh} seguro para su almacenamiento.

El arroz al momento de la cosecha tiene un CH_{bh} que varía entre 20 y 26 % dependiendo de las condiciones de producción. Si este contenido no se reduce rápidamente, el grano empieza a sufrir un deterioro acelerado por la acción de microorganismos e insectos (Mata, 1990; citando a De Datta, 1985).

Suahyadi (1981), citado por Mata (1990) asevera que si el agricultor almacena grano con un alto CH_{bh} , el deterioro, principalmente por hongos, puede ocurrir después de 24 horas.

Duval (1972), citado por Mata (1990) considera que el límite máximo en CH_{bh} para un almacenamiento seguro es del 14 %; sin embargo, para un almacenamiento de más de seis meses, la humedad del grano debe reducirse hasta un 12 ó 13%.

En la figura 2.1, Luh et al. (1991) muestran una gráfica en el que se modela el CH_{bh} de equilibrio del arroz en granza en función de la temperatura del grano y la humedad relativa del aire de almacenamiento para diferentes temperaturas de almacenamiento.

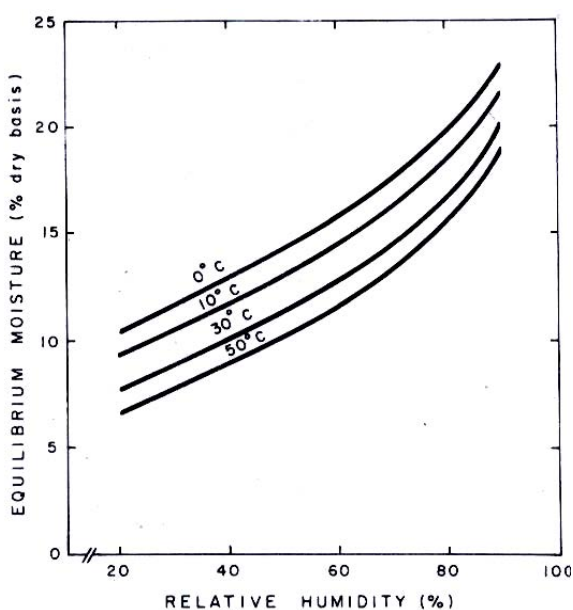


Figura 2.1. Contenido de humedad de equilibrio del arroz en granza.

Fuente: Luh et al. (1991); citando a Pfof et al. (1976).

Por otra parte Benavides (1996) obtuvo la curva de relación de humedad de equilibrio para la variedad CR-1113 a una temperatura de 20 °C, en la que se determina que para el almacenamiento con un CH_{bh} del 13 %, la humedad relativa de equilibrio es de 70 %.

Brooker et al. (1981) señalan que el CH_{bh} de equilibrio aparte de las condiciones de temperatura y humedad del ambiente, depende también de la especie, variedad y madurez del grano.

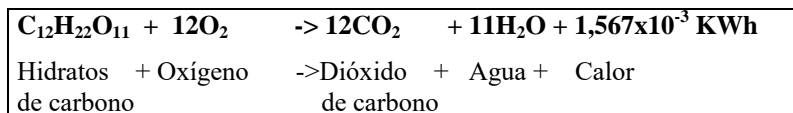
Respecto a la aireación del grano Villalobos (2002) hace la siguiente afirmación: “La aireación de arroz en granza debe verse como un proceso de conservación de la calidad inicial del grano, y no como un proceso para remediar un problema que se pudo haber evitado”.

En esa misma investigación se concluye que si la diferencia de temperatura del ambiente y la del grano almacenado es de 3°C, la aireación podría ser interrumpida ya que una diferencia tan pequeña no produce cambio alguno en la temperatura del grano. Además la tasa de enfriamiento depende tanto del gradiente de temperatura como del caudal utilizado.

Varios son los objetivos de la aireación del grano, FAO (1982) citado por Hanguen (2002), indica que entre los principales se encuentra la prevención del calentamiento del grano húmedo, reduciendo los focos calientes dentro de la masa, los cuales son producidos principalmente por el proceso de respiración del mismo. Las altas temperaturas y humedades relativas imperantes en los países tropicales promueven este proceso de respiración del grano.

Tocagni et al. (1980) caracterizan el proceso de la respiración como un fenómeno exotérmico que puede activarse modificando la humedad y temperatura. Cuando estos factores exceden de límites relativamente bien conocidos es de esperar un rápido deterioro de los granos, a consecuencia de la aceleración de su proceso respiratorio.

La respiración es un proceso metabólico asociado con el grano y los microbios presentes en el cual mediante la oxidación de azúcares se producen calor, agua y dióxido de carbono (Dillahunty, A. et al 2000; citando a Brooker et al 1974). Clyde et al. (1969) muestran la siguiente fórmula del proceso químico de la respiración aeróbica del grano:



FAO (1993) afirma que la respiración aumenta rápidamente cuando la temperatura del grano se eleva de 30° a 40°C, y a partir de este punto se produce un acentuado descenso del proceso a causa de los efectos destructores de las altas temperaturas sobre las enzimas. Así mismo, los granos almacenados con CH_{bh} entre 11 y 13% tienen un proceso respiratorio lento el cual se acelera considerablemente si se aumenta el CH_{bh} .

En la figura 2.2 se muestran las condiciones de temperatura y contenido de humedad para un almacenamiento seguro de los cereales.

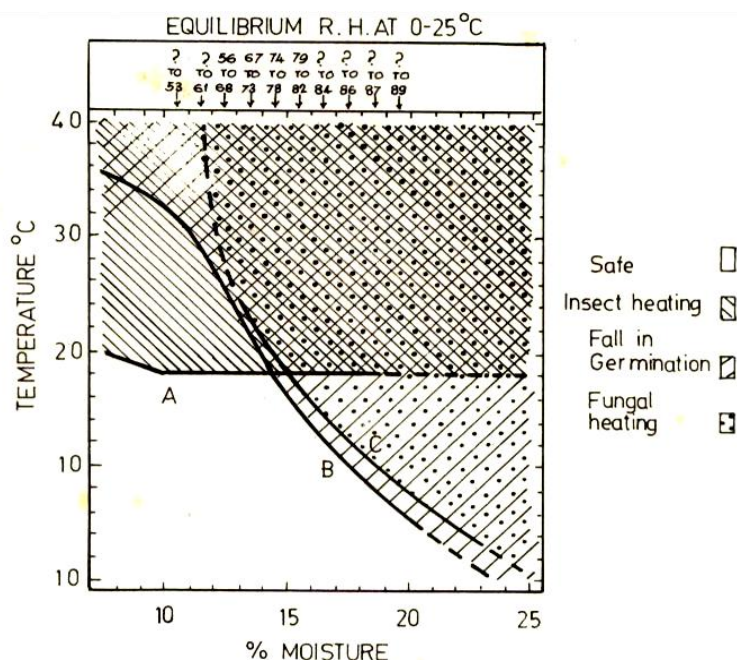


Figura 2.2. Relación entre temperatura de almacenamiento y contenido de humedad con calentamiento por insectos, caída en germinación y calentamiento por hongos en granos de cereal. A = límite inferior para calentamiento por insectos; B = límite inferior para germinación sin pérdidas; C = límite inferior para calentamiento por hongos.

Fuente: Saluenke et al. (1985). Tomado de Burgess, H. D y Burrel, N. J. Sci. Food Agric, (15,32, 1964).

Además de la humedad de la semilla y la temperatura de almacenamiento, Feistritzer (1977) añade el contenido de oxígeno y de anhídrido carbónico del aire que rodea el grano como otros factores que influyen en la vida en almacenamiento del mismo.

Angladette (1969) apunta a que la formación de focos calientes dentro de la masa de grano se debe al desarrollo de mohos que despiden calor y humedad que son absorbidos por los granos cercanos. Estos mismos focos de calor son favorables para el desarrollo de nuevos microorganismos.

Villalobos (2002), citando a Arias (1993) respecto a estos puntos calientes indica que: *“el aumento de temperatura se propaga lentamente hacia la periferia de la bolsa de calor, causando un movimiento del aire caliente del foco hacia la superficie de los granos. Si la temperatura del grano de la superficie o del aire exterior es suficientemente baja se condensa la humedad, ocasionando un incremento de la humedad del grano y su deterioro”*.

Así mismo este autor explica el movimiento del aire por convección natural que se da en el interior del silo cuando la temperatura ambiente difiere de la temperatura de la masa de grano y de los efectos que pueden conllevar las mismas en el deterioro del producto. Estos focos calientes provocan un amarillamiento del grano de arroz el cual es conocido comúnmente en Costa Rica como “manchado del arroz”.

Existen muchas teorías respecto a la causa del manchado. Algunas de estas incluyen el efecto de hongos y moho, alta tasa de respiración (Schroeder 1963, citado por Dillahunty A et al 2000), y elevada actividad de agua, temperatura y contenido de CO₂. También ha sido propuesto que la interacción de varios de estos factores producen el manchado (Bason et al 1990, citado por Dillahunty A et al 2000)

Juliano (1994) asegura que no existe un método conocido para remover o eliminar estas manchas. Así mismo, citando a Quitco (1982) indica que este fenómeno es más severo en los granos sin trillar unidos a la paja húmeda que en los granos ya trillados.

Esta decoloración puede ocurrir también en el endospermo del grano almacenado a un CH_{bh} mayor o igual a 14% y a temperaturas mayores a 33°C por más de un mes, ambas situaciones son requeridas para que se produzca la decoloración (Juliano, 1994; citando a Indudhara et al, 1971).

2.3 Plagas del arroz.

Tocagni et al. (1980) señalan en base a un informe de La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, que un 5% de la producción de granos almacenados es destruida por parásitos. El 50% de la pérdida la causan los insectos y el 40 % los roedores; el 10 % restante se pierde por almacenamiento deficiente.

El grano almacenado forma un ecosistema artificial creado por el hombre en el cual el grano mismo es el que gobierna las condiciones del aire intergranular. Los insectos que se desarrollan en estos ecosistemas han evolucionado de tal manera que algunos de ellos cumplen parte de su ciclo de vida dentro del propio grano.

Diferentes autores (Clyde, (1969) y Nair, (2007)) aseveran que el crecimiento y reproducción de los insectos son reducidas en gran medida a temperaturas bajo 20°C y muchos de ellos cesan su desarrollo y mueren a temperaturas bajo 10°C. Sin embargo a 15°C algunas especies son capaces de continuar alimentándose e incluso a temperaturas de 6-9°C algunas pueden vivir tanto como 1 año.

En la tabla 2.1 se muestra una lista con los insectos y ácaros que atacan los cereales almacenados, así como las temperaturas óptimas y las mínimas para el desarrollo de los mismos.

Tabla 2.1. Insectos y ácaros de cereal almacenado.

Nombre científico	Temperatura óptima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Etapa perjudicial
<i>Sitophilus oryzae</i> L.	27-31	17	Larva, adulto.
<i>Sitophilus zeamais</i> Motsch.	28	17	Larva, adulto
<i>Sitophilus granarius</i> L.	26-30	15	Larva, adulto
* <i>Sitotroga cerealella</i> OI.	26-30	16	Larva
* <i>Plodia interpunctella</i> Hub.	28-30	-	Larva
<i>Ephestia cautella</i> Walk.	25	10	Larva
<i>Corcyra cephalonica</i> Staint.	28-30	10	Larva
* <i>Rhizopertha dominica</i> F.	32-35	23	Larva, adulto
* <i>Tribolium castaneum</i> Herbst.	32-35	22	Larva, adulto
* <i>Tribolium confusum</i> J. du Val.	30-33	21	Larva, adulto
<i>Stegobium paniceum</i> L.	-	-	Larva
<i>Orizaephilus surinamensis</i> L.	31-34	21	Larva, adulto
* <i>Cryptolestus ferrugineus</i> Steph.	32-35	23	Larva, adulto
<i>Trogoderma granarium</i> Everts	33-37	24	Larva
<i>Laemophiloeus pusillus</i> Schonherr.	-	-	-
<i>Latheticus oryzae</i>	35	-	Larva, adulto
<i>Alphitobius species</i>	-	-	-
<i>Ptinus tectus</i>	25-35	10	-
<i>Tenebroides mauritanicus</i> L.	-	-	Larva
<i>Lasioderma serricorne</i> F.	-	-	Larva
<i>Acarus siro</i> L.	21-27	7	-

Nota: *Encontradas en la planta en estudio según el laboratorio de calidad de la misma.

Fuente: Salunkhe et al., (1985).

Feistritzer (1977) por su parte indica que la escala ideal de temperatura para la actividad de insectos y hongos es de 21°C a 27°C. Así mismo Nair (2007) afirma que en óptimas condiciones las hembras de varias especies pueden producir entre 50 y 500 huevos cada una

y los individuos de la mayoría de las especies se desarrollan de huevo a adulto en aproximadamente 4 a 6 semanas.

En la tabla 2.2 se aprecia el efecto de la temperatura en el nivel de reproducción del *Sitophilus oryzae* a través del tiempo. En ella se muestra el número de insectos contados de más a partir de 50 depositados al comenzar el experimento.

Tabla 2.2. Infestación del arroz por el *Sitophilus oryzae* en función de la temperatura.

Temperatura (°C)	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	10 meses	12 meses
30	1666	2298	5550	6742	10736	11988
20	232	625	1929	2396	3824	6502
15	0	0	49	122	167	180
10	0	0	0	0	0	0

Fuente: Angladette, (1969); tomado de Kono, (sin año).

Pacheco et al. (2008) estudiaron el efecto de la temperatura en el ciclo biológico de la *Rhyzopertha Dominica* (F.) en arroz en granza. En la tabla 2.3 y 2.4 se muestran correspondientemente el porcentaje de huevos eclosionados en ambientes a diferentes temperaturas y la duración de los estados larval y pupal.

Tabla 2.3. Tiempos de incubación de los huevos de *Rhyzopertha Dominica* (F.) sometidos a diferentes temperaturas.

Días	Huevos eclosionados (%)				
	19°C	22°C	25°C	30°C	33°C
5	0	0	0	20	0
6	0	0	0	65	0
7	0	0	0	98	0
8	0	0	8	98	0
9	0	0	92	98	0
10	0	0	92	98	0
15	0	1	92	98	0
20	0	1	92	98	0

Fuente: Pacheco, A. et al. (2008).

Tabla 2.4. Duración de los estados larval y pupal de la *Rhyzopertha Dominica* (F.).

Estadios larvales	Duración (días)			
	22°C	25°C	30°C	33°C
I	15,0	9,5	10,0	6,7
II	14,7	9,7	8,2	5,7
III	21,7	14,0	11,2	9,2
IV	6,5	12,0	-	-
Total	57,9	45,2	29,4	21,6
Prepupa	-	1,45	1,08	-
Pupa	-	8,4	6,5	-

Fuente: Pacheco, A. et al. (2008).

En este estudio los autores determinaron que:

- El tiempo de incubación más corto obtenido fue de cinco a siete días a 30°C, y de ocho a nueve días a 25°C.
- A temperaturas de 19; 22 y 33°C; prácticamente no se produjo eclosión durante los 20 días que duraron las observaciones.
- El desarrollo larval más rápido se alcanzó a temperaturas de 30 y 33°C y humedades relativas entre 65 y 70%.
- Una vez completado el período pupal aparecen los adultos que son muy activos al vuelo y copulan en las primeras 24 o 48 h, y de inmediato reanudan el proceso de oviposición y reinfestación de las semillas almacenadas.

Tanto Lazzari, F., Lazzari S., & Karkle, A. (2006) como Barbosa, A. et al (2010) concluyen en sus respectivos estudios que es posible la disminución de poblaciones de insectos con la utilización de enfriamiento artificial como método de conservación del arroz.

Nair (2007) asegura que comúnmente el desarrollo de las infestaciones se da cuando los insectos se mueven al grano limpio a través de los transportadores de grano, ya sea

desde una pequeña masa de grano sin limpiar, desde edificios suplidores de alimento, desde silos vacíos, y desde sobras de grano debajo del plenum del silo.

Este mismo autor recomienda la prevención de la infestación ya que es más provechosa y exitosa que eliminar el problema ya desarrollado. Además recalca los siguientes métodos para evitar la infestación: sanidad, aplicación de insecticida en el lugar de almacenamiento, adecuada limpieza y secado del grano, adecuada aireación para el manejo de la temperatura y humedad.

2.4 Parámetros de calidad del arroz.

Uno de los principios básicos de cualquier proceso en la industria agrícola es la conservación de la calidad con que viene el producto del campo. En Costa Rica este proceso de conservación de la calidad del arroz adquiere un mayor grado de dificultad debido a que las condiciones tropicales del país propician el desarrollo de plagas y microorganismos.

Respecto a la calidad del arroz el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (1980) expresa que como la de cualquier otro producto alimenticio, generalmente se evalúa de acuerdo con las necesidades y gusto de los consumidores.

Así mismo este autor divide la calidad en cuatro grandes categorías:

- Calidad de molienda.
- Calidad de cocción y degustación.
- Calidad nutritiva.
- Calidad asociada con limpieza.

Angladette (1969) considera que tanto en los países de gran consumo de arroz, como poblaciones en las que el mismo no constituye más que un alimento complementario, las preferencias de los consumidores están bien determinadas, aunque varían mucho según los casos.

Diferentes autores como: Rehman,Z. (2006) ; Zhou, Z. et al. (2010); Zhou, Z. et al. (2007); han estudiado la inferencia que tiene la temperatura de almacenamiento en las cualidades nutritivas y de cocción del arroz, llegando a la conclusión de la existencia de una diferencia en estos parámetros de calidad en función de la temperatura.

Mata (1990) citando a ICAITI (1978) destaca el rendimiento de molienda y el índice de pilada como dos parámetros técnicos ampliamente utilizados en la industria arrocera para fines analíticos y de control de la eficiencia del proceso.

CIAT (1980) indica varios factores que pueden influir tanto en el rendimiento total como en el índice de pilada, entre los que destaca como principal el medio ambiente y las prácticas culturales y de manejo del producto. Además resalta otros causantes como los cambios de temperatura durante la madurez del grano o durante su secamiento; la presencia de materias extrañas y características asociadas a las diferentes variedades de granos.

Respecto a la apariencia del grano, destaca Angladette (1969) la preferencia de los arroces blancos en todo el occidente y en gran parte de Extremo Oriente (de civilización china), pero los arroces amarillos son preferidos en una buena parte del Asia islámica o indú (India, Pakistán, Ceilán) y del África tropical. Destaca que los granos translúcidos son principalmente los más buscados.

Así mismo, referente al sabor y olor este mismo autor hace mención a que la mayor parte de los países no reconocen ni piden que el arroz tenga un olor o sabor particular, por el contrario las exigencias abogan a que el producto tenga un olor fresco, exento de olor a humedad, a enmohecido o a polvo.

En Costa Rica uno de los principales factores de calidad que se resguarda durante el almacenamiento del arroz es el color del mismo y mediante labores mantenimiento se procura evitar que se produzca el fenómeno del manchado.

Sobre este fenómeno Juliano (1994) afirma que el principal daño de la decoloración de los granos es la pérdida del grado de calidad provocando una consecuente merma del valor comercial del mismo.

En Costa Rica para determinar el grado de calidad de un lote de arroz comprado al productor, se utiliza la metodología de clasificación dictada por la Corporación Arrocería Nacional (CONARROZ) la cual se basa en 5 parámetros. Para poder estar sujeto a esta clasificación el lote de arroz debe cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Requisitos de calidad.

Parámetro	Nivel permisible
Contenido de humedad del grano	11 % - 27 %
Impurezas	Menor o igual a 20 %
Grano quebrado	Menor o igual a 40 %
Rendimiento de pilada	Mayor a 60 %
Rendimiento de grano entero (índice de pilada)	Mayor o igual a 36 %
Temperatura en el lote	Menor o igual a 45°C
Grano de arroz descascarado	Menor o igual a 2 %

Fuente: CONARROZ (2008).

En la tabla 2.6 se muestran los grados de calidad determinados por esta organización el cual señala que se determinan por el factor o factores que se ubique en el grado inferior de los valores expuestos.

Tabla 2.6. Factores y grados de calidad para el arroz en granza tipo largo.

Grado de calidad	Semillas objetables y granos dañados por calor (Nº/500 g)	Porcentajes máximos de granos			
		Manchados	Yesosos	Rojos	Dañados
1	2	0,50	1,00	0,50	1,00
2	10	1,50	2,50	1,50	2,00
3	20	2,50	4,00	3,00	3,00
4	35	4,00	7,00	4,50	4,00
Según Muestra: Se clasifica como “según muestra” al lote que no reúna los requisitos de alguno de los grados 1, 2, 3 y 4.					

Fuente: CONARROZ (2008).

CAPÍTULO 3: Metodología.

3.1 Descripción experimental.

Para el desarrollo de este trabajo se evaluó el arroz almacenado en tres silos de aproximadamente 18,0 m de alto con un diámetro de 14,6 m con arroz en granza de diferentes variedades al cual ya se le ha aplicado los procesos de limpieza y secado del grano hasta un CH_{bh} de 13% en promedio.

Después de llenar los silos, se emparejó de manera manual, de forma tal que se eliminara el cono en la parte superior, se promedió la altura de llenado midiendo las alturas vacías en 8 puntos y mediante una prueba de densidad aparente del grano se determinó la totalidad de masa almacenada.

Una vez ya en el silo el producto fue almacenado por un periodo aproximado de cuatro meses empleando dos técnicas de conservación. En este lapso de tiempo de almacenamiento se cuantificó los costos operativos de las técnicas empleadas.

Otro silo fue utilizado como testigo al cual no se le aplicó técnica alguna para el control de temperatura y control de plagas al producto almacenado. Este silo se pretendió monitorear por un periodo aproximado de tres meses o hasta que mostrara signos de riesgo de pérdida del producto por niveles de infestación o por recalentamiento del grano. En tal caso la empresa intervendría este silo para evitar la pérdida del producto.

A continuación en la tabla 3.1 se resumen los tratamientos empleados, así como la manera de controlar los costos operativos de ambas técnicas.

Tabla 3.1. Métodos de almacenamiento.

Identificación en planta	Método de conservación	Tratamiento aplicado	Periodo de almacenamiento	Control de costos de conservación
Silo 5	Testigo	Sin tratamiento.	Aproximadamente tres meses.	Sin costos.
Silo 1	MC	Aireación natural junto a la aplicación de K-Obiol®.	Cuatro meses.	Cuantificación de los Kilowatts hora consumidos por el abanico. Cuantificación económica del plaguicida aplicado.
Silo 7	EA	Aireación artificialmente enfriada a una temperatura de bulbo seco variable, con una humedad relativa aproximada del 70 %.	Cuatro meses.	Cuantificación de los Kilowatts hora consumidos por la máquina de frío.

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de corriente eléctrica tomó en cuenta el cargo por potencia y el cargo por consumo de energía de acuerdo a los horarios de operación de los equipos, contemplando los periodos punta, valle y nocturno. Se midió en campo el consumo eléctrico tanto del abanico de aireación del silo 1 como el equipo de refrigeración del silo 7.

Los costos comparativos de operación entre los dos sistemas son expresados tanto en colones como en Kilowatts hora consumidos por tonelada de producto para comparar los métodos de almacenamiento empleados.

No se cuantificó el costo del recurso humano, ya que tanto el sistema MC como el EA requieren un solo operario.

En el MC la aplicación del K-Obiol® fue realizado justo antes de almacenar el producto en las dosis indicadas por el fabricante para los cuatro meses de almacenamiento.

En el momento en que la temperatura intergranular promedio llegó a 36°C se puso en marcha del abanico en horas de la noche debido a que es el momento en que se cuentan con

las temperaturas más bajas. El dato de caudal suministrado se extrajo de la información técnica del equipo utilizado en el sistema MC para estimar el caudal unitario.

En el método EA la operación del equipo de refrigeración se realizó de manera automática en la cual mediante una serie de sensores reguló por sí misma tanto el caudal del aire como la capacidad frigorífica de acuerdo con la temperatura ambiente y la temperatura de operación seleccionada.

Con el fin de uniformizar las temperaturas de las diferentes capas del grano, al inicio del periodo de almacenamiento la máquina fue programada para inyectar aire a 22°C y una vez uniformizada la temperatura intergranular se ajustó la máquina para bajar la temperatura hasta 20°C en promedio. Esta temperatura se seleccionó en base a los valores recomendados por Salunke et al. (1985) y a las plagas reportadas por el laboratorio de calidad de la empresa.

Luego de lograr esta temperatura no se le aplicó más aire hasta que alcanzó los 30°C momento en el cual se inició un nuevo ciclo de aireación procurando alcanzar nuevamente 20°C.

Se procuró no utilizar el equipo en periodo punta comprendido entre 10:00 a.m. a las 12:30 p.m. y de las 5:00 p.m. a las 8:00 p.m. debido a los altos costos de la electricidad.

A causa de la variación en el caudal que ejecuta la máquina, se realizó una prueba en horas de la madrugada y otra prueba en horas del día para hacer una estimación del caudal unitario. Esta prueba consistió en la realización de un perfil de velocidades del aire en el ducto de inyección, para esto se utilizó la metodología propuesta por American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1970). La figura 3.1 muestra los puntos en que se realizaron las mediciones.

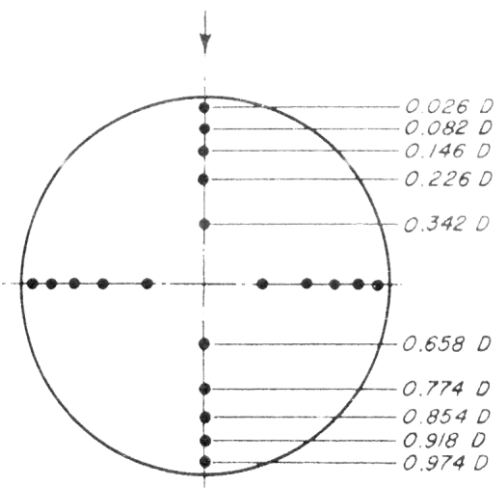


Figura 3.1 Puntos de medición de velocidad del aire.

Fuente: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1970).

Para la medición de las velocidades se utilizó un anemómetro de alambre caliente marca VelociCalc® modelo 8346, por otra parte la presión estática fue medida con una manguera de nivel con agua.

El anemómetro se ajustó para que realizara lecturas durante diez segundos y promedia el resultado de las lecturas efectuadas durante ese lapso de tiempo en cada uno de los puntos muestreados.

La presión dinámica fue calculada mediante la siguiente fórmula:

$$V_p = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{V_i}{0,3048} * 60 \right)^2 * 2,54 \right]}{n} \right\} * \left(\frac{249,08}{2,54} \right) \quad (3.1)$$

En donde:

V_p es la presión dinámica en Pascales

V_i es la velocidad en el punto i medida en metros por segundo.

n es el número de muestras.

3.2 Descripción de muestreo y pruebas de calidad.

Al inicio del experimento se realizaron mediciones de CH_{bh} , peso de mil granos sanos, grado de infestación, porcentaje de grano dañado, porcentaje de grano manchado y cálculos de molienda. Las mediciones se repitieron cada 15 días y se empleó la metodología especificada por CONARROZ (2008).

La determinación de la materia seca de 1000 granos sanos se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$MS = MMG - (MMG * CH_{bh}) \quad (3.2)$$

En donde:

MS es la masa de la materia seca en g.

MMG es la masa de mil granos en g.

CH_{bh} es el contenido de humedad en base húmeda de la muestra.

Para realizar los muestreos en los silos se utilizó el patrón comúnmente llamado “pata de gallo” el cual se muestra en la figura 3.2. Los puntos de muestreo se señalaron en sitio con el fin de utilizar los mismos puntos cada vez que se realizó un muestreo.

En cada uno de estos puntos se introdujo una sonda neumática la cual extrae grano constantemente conforme se profundiza. Los resultados de los diferentes parámetros obtenidos en cada uno de estos puntos fueron promediados obteniendo un único valor para cada silo.

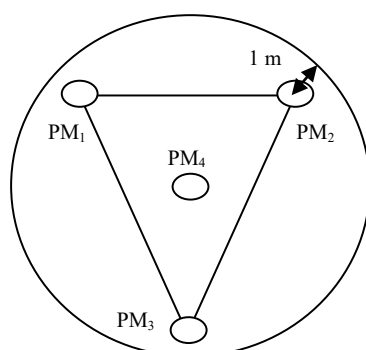


Figura 3.2. Patrón para muestreo de silos.

Fuente: Elaboración propia.

La temperatura intergranular fue monitoreada de manera diaria, seis lecturas por día con siete cables de termopares ubicados tal como se muestra en la figura 3.3.

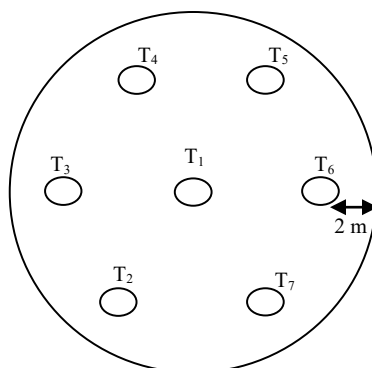


Figura 3.3. Patrón de ubicación de los termopares dentro los silos.

Fuente: Elaboración propia.

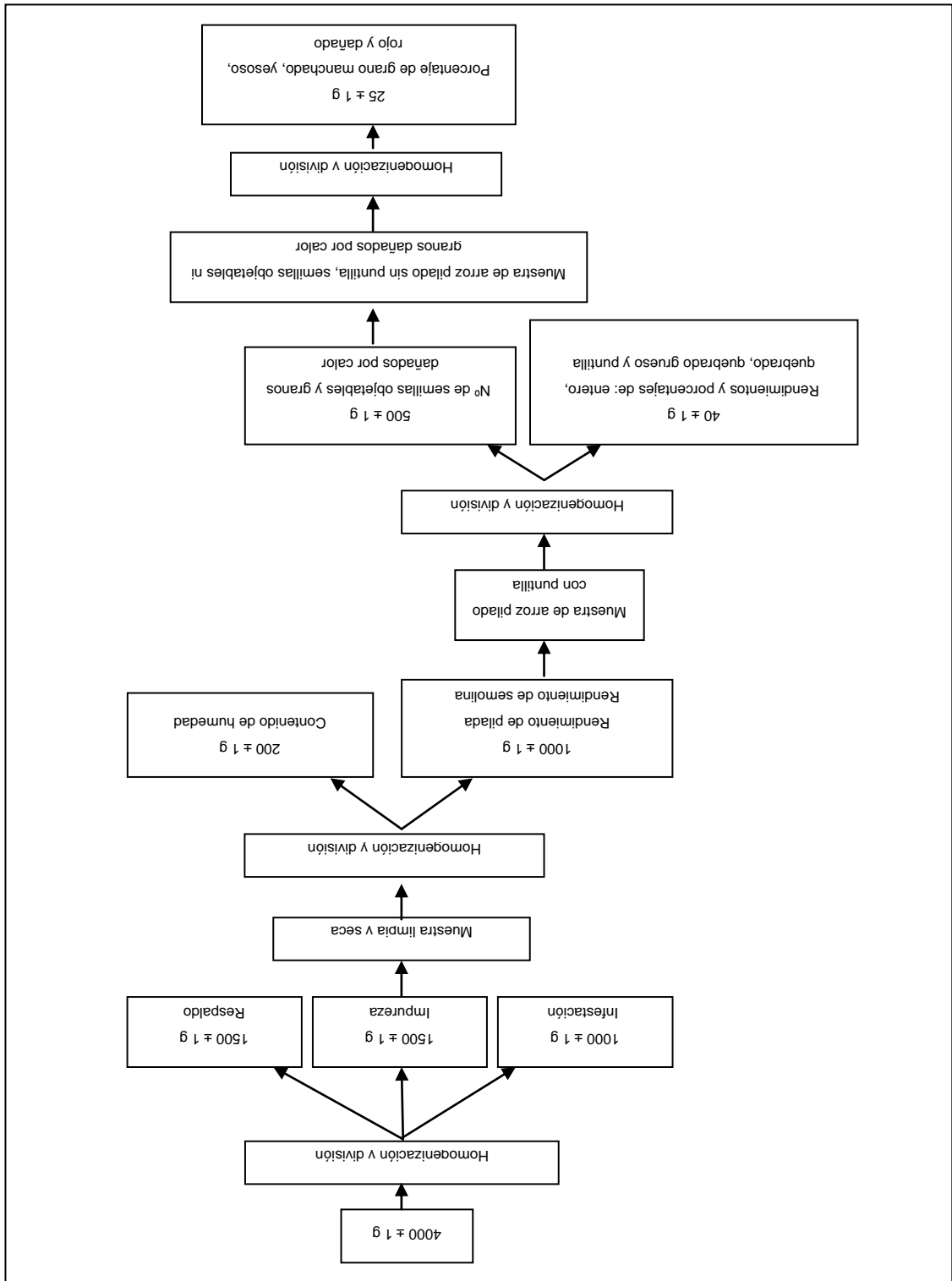
Cada uno de estos siete cables cuenta con 10 sensores de temperatura ubicados cada 1,8 metros. Con los valores registrados por los termopares se promedió diariamente la temperatura de cada silo y se identificaron focos de infestación puntuales.

3.3 Preparación de las muestras.

La preparación de las muestras de ensayo se obtuvieron a partir de una muestra de laboratorio de 4000 ± 1 g, según la metodología dictada por CONARROZ. La figura 3.4 corresponde un esquema en el cual se detalla el procedimiento de evaluación.

Los análisis de estas muestras se realizaron en el laboratorio de calidad de la planta en estudio por técnicos capacitados para tal fin.

Figura 3.4. Esquema de evaluación de la calidad.



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Procedimiento de evaluación estadística.

Para evaluar las diferencias en la calidad final del grano y las variaciones en el contenido de humedad y de materia seca del grano, a través de un diseño irrestricto al azar se probó para cada uno de los parámetros la hipótesis nula H_0 que asevera que no existe diferencia en los promedios de las variables en los tratamientos aplicados, con la hipótesis alternativa que alguna de estas es diferente. Esto fue realizado mediante una análisis de varianza (ANOVA) de los datos a los cuales se les aplicó la prueba LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Posteriormente mediante contrastes ortogonales se compararon los valores iniciales y finales de cada variable de los tratamientos empleados.

CAPÍTULO 4: Resultados y análisis.

4.1 Descripción del arroz utilizado.

A partir de los datos de compra suministrados por el personal de la planta mostrados en el Anexo I (Tablas A.1; A.2 y A.3), se obtiene que el cien por ciento del grano utilizado para este estudio es de origen costarricense, tipo largo, libre de infestación y no presenta olores objetables.

Estos mismos datos muestran que el grano utilizado en el silo 1 y 5 ingresa libre de mancha, por otra parte el grano utilizado en el silo 7 ingresa con 3,2 y 2,2 por ciento de mancha en 2 camiones, representando estos valores el 0,095% del total del grano almacenado en dicho silo.

Las figuras 4.1; 4.2 y 4.3 muestran los porcentajes de las variedades de grano utilizado en los silos en estudio en donde se aprecia la predominancia de la variedad Palmar-18 en los tres casos.

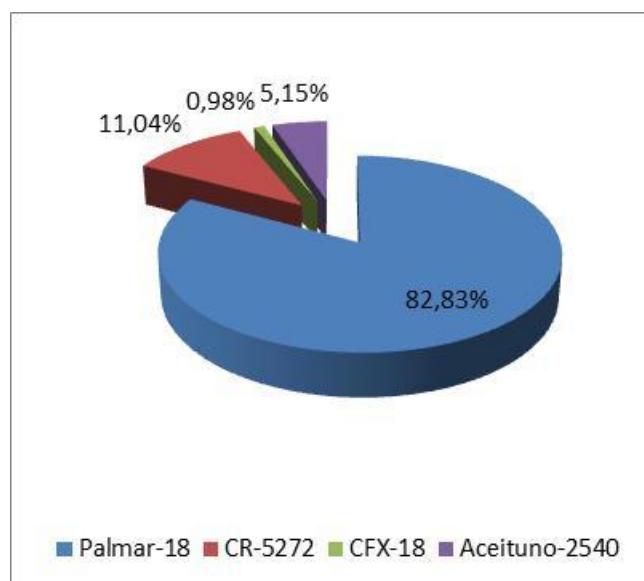


Figura 4.1 Variedades de arroz almacenadas en el silo 1.

Fuente: Elaboración propia.

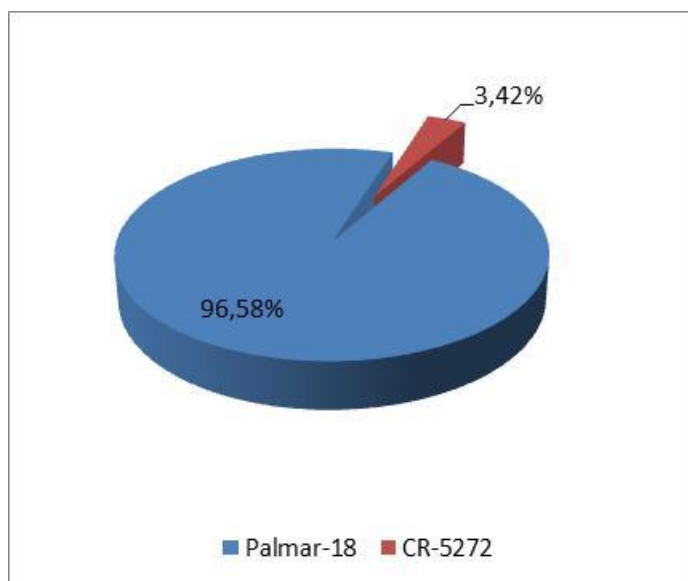


Figura 4.2. Variedades de arroz almacenadas en el silo 7.

Fuente: Elaboración propia.

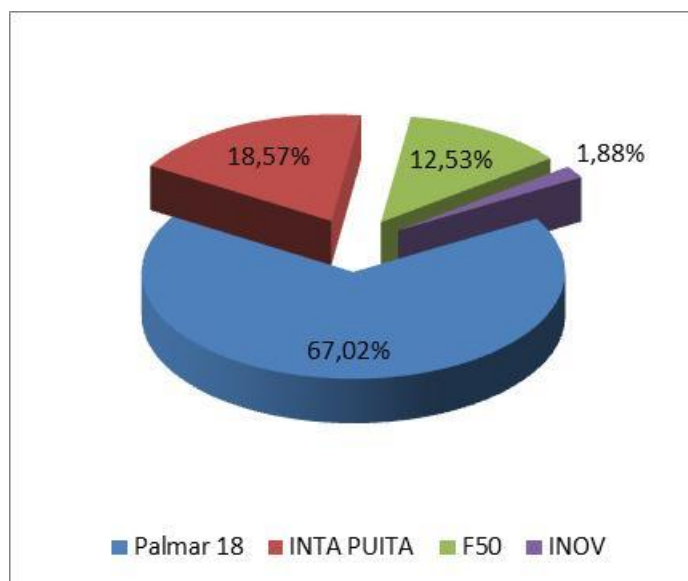


Figura 4.3. Variedades de arroz en el silo 5.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de densidad aparente realizadas al grano almacenado, así como los coeficientes de variación (CV) de las cuatro muestras, los cuales demuestran que hubo poca variación en las pruebas realizadas. Los datos obtenidos se diferencian poco del valor especificado por ASAE (2004) el cual define una densidad aparente de 579 Kg/m³.

Tabla 4.1. Mediciones de densidad aparente del grano.

Muestra/Silo	Densidad (Kg/m ³)		
	1	7	5
M1	591,52	570,33	569,63
M2	584,46	584,10	591,52
M3	579,16	576,34	572,10
M4	582,69	581,99	583,40
Promedio	584,46	578,19	579,16
CV	0,77	0,93	1,52

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.2 se muestran los resultados de las mediciones que se realizaron entre la altura máxima del silo 1 y el nivel del grano una vez ya emparejado el mismo. Los silos 5 y 7 fueron llenados en su totalidad razón por la cual no se efectuaron estas mediciones.

Tabla 4.2. Medición de alturas vacías dentro del silo 1.

Punto de medición	Alturas medidas (m)	Punto de medición	Alturas medidas (m)
1	0,330	5	0,380
2	0,340	6	0,360
3	0,375	7	0,360
4	0,410	8	0,360
Promedio de altura		0,364 m	
CV		6,34	

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos fueron utilizados en la tabla 4.3 para determinar el volumen de grano. La cantidad de grano almacenado en cada silo se determinó mediante este volumen y las densidades aparentes mostradas en la tabla 4.1.

Tabla 4.3. Medidas y llenado de los silos utilizados.

Silo	Altura total (m)	Diámetro (m)	Altura (m)		Volumen Total (m ³)	Volumen del grano (m ³)	Densidad del grano (Kg/m ³)	Granza Bruta (t)
			Vacía	Llena				
1	17,98	14,57	0,36	17,62	2.997	2.936	584,46	1.716
5	18,42	14,55	0,00	18,42	3.064	3.064	579,16	1.774
7	14,05	14,49	0,00	14,05	2.317	2.317	578,10	1.340

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Medición de temperaturas en los silos.

En la tabla A.4 del Anexo III se resumen los valores de las temperaturas registradas por los termopares ubicados en los silos. Los mismos corresponden al promedio diario realizado con 6 lecturas por día. En cada lectura realizada por el sistema monitoreaba 70 puntos en total.

En la misma tabla se muestran los resultados de los CV obtenidos diariamente. Los datos que no tienen este factor de desviación fueron fechas en las que el sistema no registró datos, en este caso los datos de temperatura fueron estimados por interpolación.

Para el cálculo de los promedios de temperatura se eliminaron los datos registrados por los sensores que quedaron fuera de la masa de grano por la realización de los muestreos, ya que se consideró que estos registros no reflejaban directamente la temperatura intergranular en sí.

4.2.1 Método convencional.

Observando los CV calculados con las lecturas realizadas en el silo 1 (tabla A.4), se puede concluir que existió poca variación entre los puntos de medición. Cabe destacar que en términos generales el comportamiento de este parámetro de dispersión de este silo fue creciente en los momentos en que no se realizó aireación, por ejemplo cuando se comienza con el estudio las lecturas de temperaturas mostraron un CV de 8,27 el cual se incrementó hasta alcanzar el valor máximo alcanzado igual a 11,64 a los 21 días de iniciado el monitoreo, punto en el cual la temperatura promedio intergranular es de 35°C.

Este comportamiento podría atribuirse al proceso de respiración del grano y focos de infestación creciente que crean gradientes de temperaturas dentro del lote.

En ciertos lapsos se aprecia una variación abrupta del CV en periodos cortos de tiempo este comportamiento podría ser causado por la actividad metabólica de las poblaciones de insectos. Estos focos de temperatura tienden a eliminarse cuando se le aplica aireación al grano y es apreciado al notar el comportamiento decreciente del CV producido por el avance del frente frío, lo cual es un indicativo de la tendencia a la uniformidad de las temperaturas dentro de la masa.

Al iniciar el primer ciclo de aireación y tras alcanzar un CV de 11,64; este parámetro de dispersión comienza a disminuir hasta alcanzar un valor de 3,41 al día 55 de iniciado el monitoreo, punto en el cual se alcanza 32°C de temperatura, la mínima alcanzada tras realizar la aireación.

Posterior a la última aireación en el día 109 el grano comienza a calentarse desde los 36°C hasta los 38°C en el último día de monitoreo al día 129, por otra parte el CV muestra un comportamiento fluctuante con tendencia decreciente pasando de 9,58 a 5,82. Este comportamiento difiere al mostrado al inicio del experimento en el cual al incrementar la temperatura igualmente incrementaba el CV.

Al no existir la resistencia al calentamiento que proveía la aireación, posiblemente los focos de calor se fueron extendiendo hasta uniformizar tanto la temperatura como el calen-

tamiento del grano. Este análisis es respaldado por el comportamiento decreciente del CV anteriormente comentado.

En la figura 4.4 se muestra una gráfica que modela el comportamiento del promedio de las temperaturas registradas, en este ciclo de almacenamiento se puede distinguir cuatro etapas de calentamiento y tres de enfriamiento por aireación. La tabla 4.4 resume las etapas del almacenamiento de este lote.

Tabla 4.4. Etapas de almacenamiento del silo 1.

Etapas	Ecuación	R²	Tiempo (días)	Rango de temperatura (°C)
Calentamiento 1	$y = 0,1245x + 32,092$	0,9677	27	32-36
Aireación 1	$y = -0,1475x + 40,436$	0,8533	29	32-36
Calentamiento 2	$y = 0,3046x + 15,231$	0,9740	14	32-37
Aireación 2	$y = -0,5561x + 74,917$	0,8270	10	32-37
Calentamiento 3	$y = 0,5732x - 13,293$	0,9781	4	32-35
Aireación 3	$y = 0,1687x + 18,683$	0,6527	26	33-36
Calentamiento 4	$y = 0,0371x + 33,29$	0,2075	20	36-38

Fuente: Elaboración propia.

En la primera etapa de calentamiento señalada con el color azul, el grano muestra un aumento de la temperatura uniforme constantemente creciente cuya pendiente determinada por la curva de mejor ajuste ($R^2=0,9677$) es igual a 0,1245; la cual representa la tasa de calentamiento diario del silo.

En esta etapa la temperatura cambia de 32°C a 36°C alcanzada el día 27, momento donde se inicia con el primer ciclo de aireación, representado en la figura con el color rojo. Este primer ciclo finaliza el día 55 cuando se logra nuevamente 32°C.

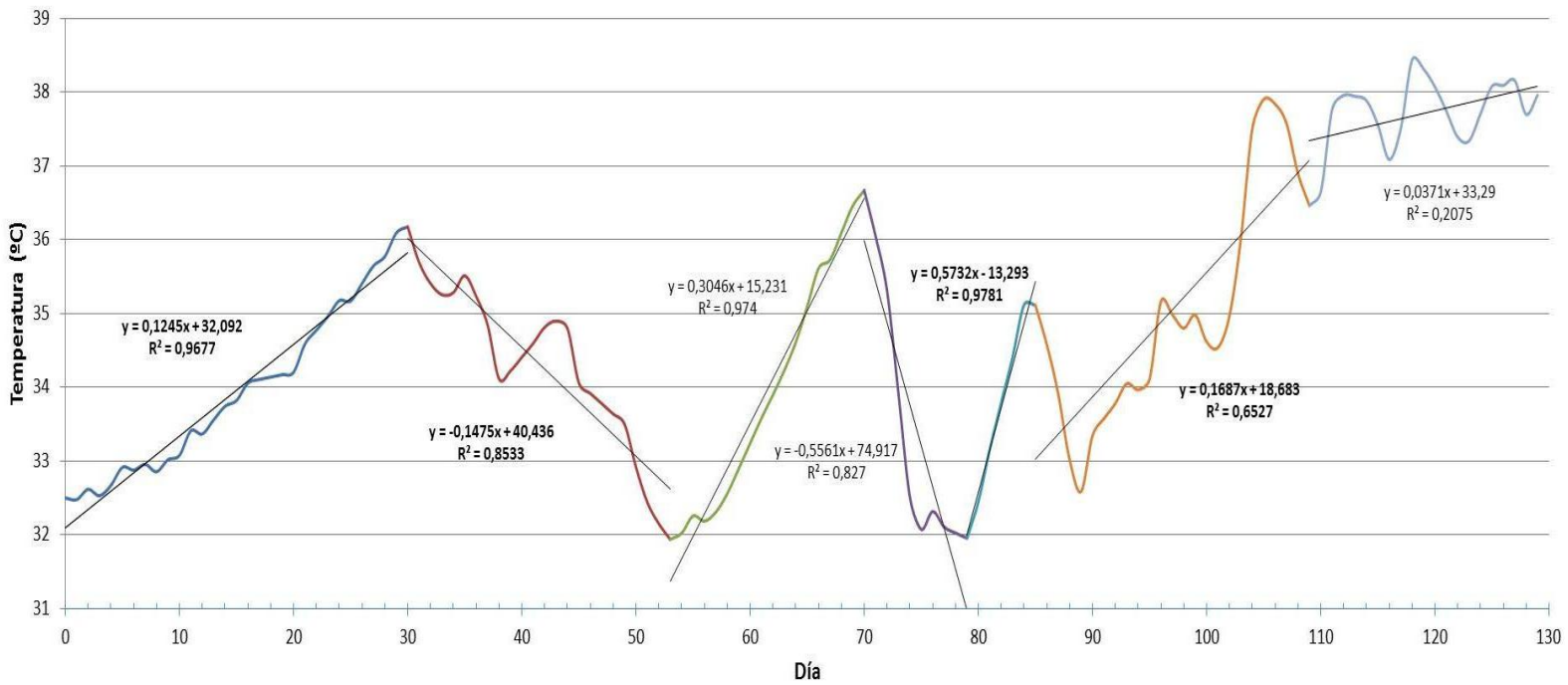


Figura 4.4. Temperatura intergranular promedio del silo 1.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla A.5 del Anexo IV se indica que durante el primer ciclo de enfriamiento se aplicaron 66 horas de aireación con condiciones promedio del aire ambiente registradas de 25,5°C de temperatura (CV=4,19) y 88,1% de humedad relativa (CV=3,84). Con estos resultados se determina que se emplearon 15,5 horas efectivas de aireación para disminuir 1°C la temperatura intergranular promedio.

Los datos meteorológicos mostrados en las fechas y horas en que se realizaron las aireaciones fueron suministrados por el personal de la finca arrocería la Ligia ubicada en el centro de Parrita aproximadamente a 6 Kilómetros de la planta en estudio.

En la tabla 4.5 se muestra el caudal empleado en las aireaciones en el MC. Este resultado es un estimado que se desprende de los datos técnicos del abanico utilizado (Anexo V) y mediante la figura A.3 del trabajo realizado por Días (1995), la cual indica la caída de presión por metro de capa de grano para arroz en granza a un CH_{bh} igual a 12,36%.

Tabla 4.5. Estimación del caudal unitario empleado en el sistema MC.

Datos del silo	A_{basal} (m ²)	163,73
	H_{grano} (m)	17,62
	Masa _{grano} (t)	1716
Datos técnicos del abanico	P (Pa)	1494,48
	Q (m ³ /h)	29222,8
Estimación Días (1995)	Caída de Presión (Pa/m)	80
	Caída de Presión por grano (Pa)	1409,6
Caudal unitario aproximado (m³/h*t)		17,02

Fuente: Elaboración propia.

La segunda etapa de calentamiento del silo nuevamente muestra un comportamiento lineal cuya pendiente determinada por la curva de mejor ajuste es igual a 0,3046 ($R^2=0,974$). Esta tasa de calentamiento es 2,47 veces mayor a la obtenida durante el primer ciclo y su cambio puede ser vinculado a un incremento tanto en la población de insectos como en la actividad metabólica de los mismos.

La segunda etapa de aireación comprende desde el día 70 al día 79; en esta fase se reduce la temperatura intergranular desde 37°C hasta 32°C con una aplicación de 90 horas de aireación. Las condiciones del aire ambiente en este lapso de tiempo (Tabla A.6; Anexo IV) fueron de 24,0°C de temperatura (CV=2,07) y 91,5 % de humedad relativa (CV=2,34).

Con estos datos se determina que se necesitaron 18 horas efectivas de aireación para disminuir 1°C la temperatura promedio, lo que equivale a 2,5 horas/°C más que en el primer ciclo de aireación con aire 1,5°C más frío. Este resultado evidencia el aumento en la generación de calor interno de la masa de grano.

Durante la tercera etapa de calentamiento que comprende desde el día 80 hasta el día 84; se experimenta un aumento de temperatura de 3°C. En esta etapa la tasa de calentamiento determinada por la pendiente de la curva de mejor ajuste es de 0,5732 ($R^2=0,9781$); resultado 1,88 veces superior al obtenido en la segunda fase de calentamiento.

En la tercera etapa de aireación (Tabla A.7; Anexo IV) que comprende del día 84 al día 109; se emplearon un total de 230 horas de operación del abanico y las condiciones ambientales del aire registradas fueron de 24,4°C de temperatura (CV=2,16) y 86,7% de humedad relativa (CV=2,80).

A pesar de la aplicación de aire en este ciclo la temperatura promedio intergranular se incrementó en 1°C, pasando de 35°C al inicio a 36°C al finalizar el mismo. Durante 5 días se obtuvo un decremento de la temperatura hasta los 33°C (CV=4,59), sin embargo, posteriormente aumentó hasta alcanzar 36°C (CV=9,58).

En este caso en términos generales, esta etapa de aireación se comportó como una etapa de calentamiento oscilatoria con una tasa de incremento de temperatura igual a 0,1687 ($R^2=0,6527$), por lo que el total de aireación aplicado fue utilizado para remover en cierta medida el calor producido por la respiración del grano e insectos.

El último ciclo de calentamiento comprende del día 110 al 129. En esta etapa la temperatura inicia con 37°C y finaliza con 38°C. Como se aprecia en la tabla 2.1; estas temperaturas están fuera del rango de confort de los insectos y ácaros que atacan el cereal almacenado, por lo que se puede esperar una reducción de la infestación. La tasa de calen-

tamiento del grano en esta fase es de 0,0371 ($R^2=0,2075$), sin embargo este resultado no es muy preciso si se toma en consideración el resultado del R^2 obtenido.

4.2.2 Enfriamiento artificial.

Las temperaturas registradas en el silo 7 muestran una conducta similar al observado en el silo 1. En las etapas de enfriamiento existe la tendencia a la uniformidad de las temperaturas dentro de la masa de grano, sin embargo tras realizar cambios en los parámetros de ajuste de temperatura en la máquina se aprecian incrementos en el valor del CV (tabla A.4), lo que indica que se crean gradientes térmicos obteniendo las temperaturas más bajas en las capas más próximas al plenum del silo y las capas más calientes en la parte superior de la masa de grano.

Este efecto se puede apreciar entre el día 6 y 9 en los cuales a pesar de que se muestra una tendencia decreciente de la temperatura, el CV se incrementa desde 4,26 a 7,83. Anterior a este lapso de tiempo la máquina estaba ajustada para que trabajara en 20-22°C y en este periodo recién se iniciaba la operación en el ajuste 15-17°C.

El ajuste del equipo consiste en sí en dos temperaturas, la primera correspondiente a la del punto de rocío y la segunda a la temperatura del aire una vez recalentado. Este recalentamiento es utilizado para ajustar la humedad relativa según lo desee el usuario.

Con el transcurrir del tiempo el CV nuevamente disminuye hasta el valor mínimo alcanzado durante el periodo de evaluación los 3,46 al día 12, valor muy similar al alcanzado en el silo 1.

Terminado los ciclos de aireación al igual que en silo 1 el CV mostró un comportamiento creciente en las dos etapas de calentamiento alcanzando un valor máximo igual a 21,44, valor muy superior al 11,64 alcanzado en el silo 1.

La figura 4.6 modela el comportamiento de la temperatura intergranular promedio registrada en el silo 7. En este caso se pueden distinguir claramente dos etapas de enfriamiento y dos de calentamiento los cuales se resumen en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Etapas de almacenamiento del silo 7.

Etapa	Ecuación	R ²	Tiempo (días)	Rango de temperatura (°C)
Enfriamiento 1	$y = -0,4166x + 29,804$	0,9387	24	21-30
Calentamiento 1	$y = 0,1414x + 17,916$	0,9597	54	22-29
Enfriamiento 2	$y = -0,3337x + 54,006$	0,7778	20	23-30
Calentamiento 2	$y = 0,3958x - 15,974$	0,9881	24	23-32

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.7 muestra los caudales unitarios y las horas totales de operación del enfriador industrial utilizado para la aplicación de los ciclos de enfriamiento en el silo 7. Esta tabla se obtiene de la tabla A.8 y la tabla A.18 de los Anexos VI y VII respectivamente, en las que se muestran el control de horas de operación del equipo y el resumen de los caudales medidos en los distintos puntos de operación de la máquina utilizados durante el almacenamiento. Los caudales expuestos en esta tabla se calcularon promediando los datos obtenidos en las pruebas realizadas en horas de la noche y tarde.

Tabla 4.7. Horas de operación y caudales unitarios del equipo CONSERFRIO[®].

Primer Ciclo					
Ajuste (°C-°C)		Inicio	Fin	Horas Trabajadas	Caudal Unitario promedio (m ³ /h*t)
20-22	Fecha	30/11/11	06/12/11	84	6,21
	Hora	8:00 p.m.	7:00 a.m.		
15-17	Fecha	06/12/11	15/12/11	156	5,98
	Hora	7:00 a.m.	2:00 p.m.		
12-15	Fecha	15/12/11	23/12/11	147	5,90
	Hora	2:00 p.m.	1:00 p.m.		
Segundo Ciclo					
17-19	Fecha	16/2/12	6/3/12	206	6,03
	Hora	8:00 p.m.	8:00 a.m.		

Fuente: Elaboración propia.

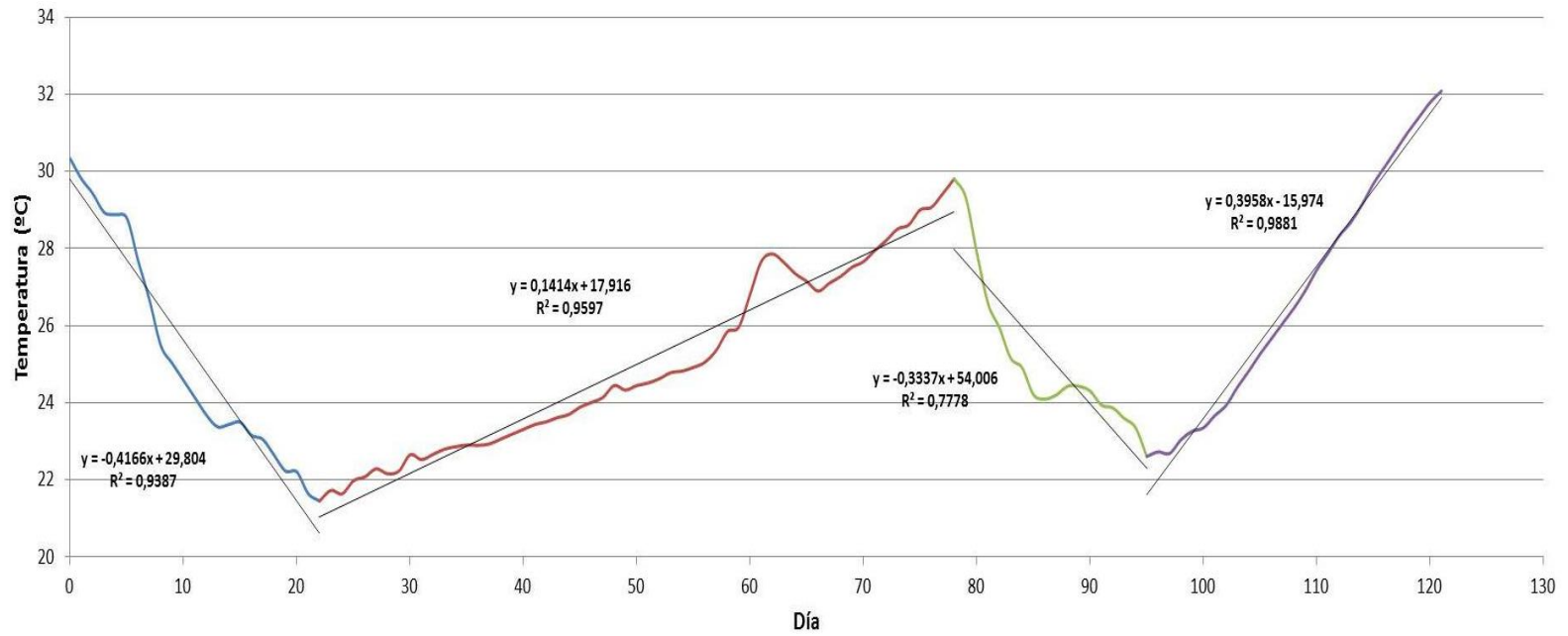


Figura 4.5. Temperatura intergranular promedio del silo 7.
Fuente: Elaboración propia.

De los resultados anteriormente expuestos se determina que durante el primer periodo de enfriamiento en total se emplearon 387 horas para reducir en 9°C la temperatura, por lo que en promedio se necesitaron de 43 horas para bajar en un grado la temperatura intergranular promedio.

Finalizado el primer ciclo de frío se inicia el primer ciclo de calentamiento a una tasa igual a 0,1414°C/día ($R^2=0,9597$) determinada por la recta de mejor ajuste. Este resultado es muy similar al obtenido durante el primer ciclo de calentamiento del silo 1 el cual fue de 0,1245°C/día. Tras 54 días la temperatura se incrementa de 21°C (CV=4,73) a 29°C (CV=11,05).

Al inicio del segundo ciclo de enfriamiento el silo registraba una temperatura de 30°C (CV=11,96). En este lapso la máquina fue ajustada para airear a 19°C, tras 206 horas de operación con un caudal unitario aproximado de 6,03 m³/h*t el grano alcanzó 23°C (CV=10,30). En este caso se necesitaron aproximadamente 29,4 horas para reducir 1°C la temperatura intergranular.

Las diferencias encontradas en el rendimiento del equipo entre el primer y segundo ciclo de enfriamiento se debieron a la limpieza del evaporador pero principalmente a una deficiencia en la carga de refrigerante en el sistema de la máquina la cual fue detectada al final del primer ciclo.

Cabe destacar que las mediciones de los caudales se realizaron en un momento posterior al del almacenamiento y se cercioró que el equipo no contara con fugas y tuviese la carga de refrigerante recomendada por el fabricante.

En la segunda etapa de calentamiento del silo 7 se incrementa la temperatura hasta 32°C (CV=17,63). En este caso la tasa de calentamiento estimada es de 0,3958°C/día ($R^2=0,9881$) en un periodo de 24 días. Este resultado es 1,30 veces mayor a los 0,3046 obtenidos durante el segundo ciclo de calentamiento del grano del silo 1.

Contrastando los resultados obtenidos en los ciclos de enfriamiento empleados en el silo 1 y en el silo 7 se determina que en este caso en particular fue más eficiente el método de aireación natural para disminuir la temperatura del grano. Esta deducción es respaldada por la cantidad de horas de operación empleadas para la disminución de la temperatura inter-

granular en 1°C. Sin embargo cabe destacar que los resultados obtenidos son para rangos de temperatura completamente diferentes y pueden estar supeditados a una optimización del manejo del equipo de refrigeración. Por ejemplo se puede observar que en el segundo ciclo de refrigeración en el silo 7 no se cambió el ajuste de la máquina durante todo el ciclo lo que pudo producir que no se alcanzara nuevamente los 20°C.

Por otra parte se determina que a lo largo del periodo de almacenamiento, el método de aireación natural produjo mayor uniformidad en las temperaturas del grano almacenado en comparación con el método artificialmente enfriado.

Comparando las tasas de calentamiento estimadas se podría pensar que los resultados obtenidos en el silo 7 están influenciados por el hecho de que la masa de grano se encuentra a una temperatura menor a la temperatura ambiente en ciertos momentos, sin embargo esta hipótesis puede ser rechazada debido a que no se encontró diferencia con respecto al silo testigo. Los incrementos en las tasas de calentamientos observados en ambos tratamientos pueden ser ligados a aumentos en la población de insectos dentro de la masa de grano.

4.2.3 Testigo.

De los tres silos evaluados, el silo 5 mostró el comportamiento más uniforme en cuanto a las temperaturas registradas. El CV de los primeros 6 días de evaluación decrece desde 5,46, hasta 4,69. Posteriormente crece hasta el día 19 (CV=6,35) para luego decrecer constantemente hasta el día 47 en donde alcanza un valor de 3,35, el menor de los encontrados en los tres silos.

Como se observa en la figura 4.6 durante el período de evaluación el comportamiento de la temperatura es lineal iniciado en 33°C (CV=5,10) y finalizando 48 días después con una temperatura de 40°C (CV=3,35) momento en cual el grano es intervenido con aireaciones por el riesgo de manchado. La tasa de calentamiento del grano estimada por la recta de mejor ajuste es 0,1419 °C/día ($R^2=0,9749$). Este resultado difiere únicamente en 0,35% al estimado en el silo 7 y es 1,14 veces superior al estimado durante el primer ciclo de calentamiento del silo 1.

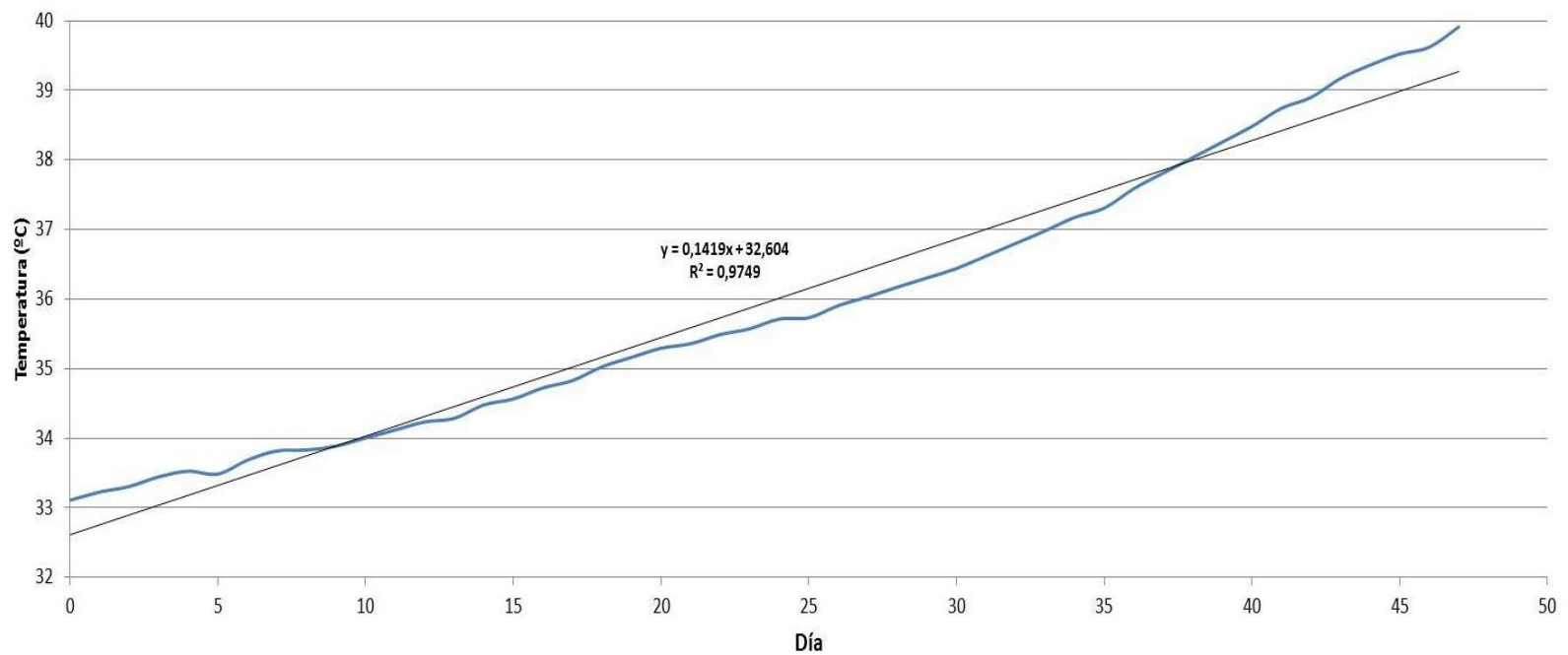


Figura 4.6. Temperatura intergranular promedio del silo 5.
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Parámetros de calidad.

Los resultados de los muestreos de los parámetros de calidad estudiados se muestran en la tabla A.19 del Anexo VIII.

Debido a imprevistos con la cantidad de personal disponible en el laboratorio de calidad se tuvieron problemas con los siguientes datos: muestreo 5 del silo 7; muestreo 6 del silo 1 y muestreo 8 del silo 7. En los primeros dos casos esta prueba fue realizada la misma semana y el laboratorio de calidad suministró un valor promedio de los cuatro puntos muestreados, sin embargo para llevar a cabo el análisis de varianza en estos puntos, se utilizó la desviación estándar promedio del total de los muestreos en cada una de las variables de cada silo por separado.

Por otra parte en el muestreo 8 del silo 7 se utilizaron los datos de la auditoría interna de la empresa. En este caso no fueron suministrados los valores de molienda.

Es importante resaltar que a pesar de estos inconvenientes mencionados, en ninguna de las situaciones la metodología fue cambiada.

Un segundo inconveniente se presentó con la sonda neumática utilizada para extraer el grano la cual se dañó y no se pudo utilizar para realizar los primeros tres muestreos del testigo, sin embargo, el objetivo principal de este tratamiento era la medición de la infestación la cual no mostró un valor significativo para la empresa en los muestreos realizados. Por otra parte la medición de la temperatura se ejecutó en la totalidad del periodo de almacenamiento.

A continuación se realiza el análisis del comportamiento de las variables de calidad estudiadas a través del tiempo, además se detallan los resultados logrados tras efectuar el análisis de varianza de ambos métodos de almacenamiento. Para dicho análisis se recurrió al software estadístico Infostat versión 2011. En los Anexos IX y X se expone respectivamente los resultados del programa al comparar entre tratamientos y al contrastar las muestras iniciales con las finales de cada tratamiento.

4.3.1 Contenido de humedad.

La tabla 4.8 muestra los resultados correspondientes a los promedios del contenido de humedad del grano en las mediciones realizadas en los 4 puntos evaluados. Así mismo en esta tabla se puede apreciar los puntos en los cuales se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos tras la realización del ANOVA.

El análisis de las muestras se realizó con un determinador de humedad Motomco 919 calibrado. Los datos de calibración son mostrados en el anexo II.

De los resultados cabe resaltar los bajos coeficientes de variación obtenidos, siendo el más alto el presentado en el muestreo 1 del silo 7 equivalente a 6,16.

Tabla 4.8. Resultados promedios del contenido de humedad.

Sistema	Muestreo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MC	13,00 ^A	13,50 ^A	13,73 ^B	13,08 ^A	12,90 ^A	12,98 ^A	13,00 ^B	12,48 ^A	12,23 ^A
Silo 1	(±0,00%)	(±2,28%)	(±0,95%)	(±1,90%)	(±1,82%)	(±0,64%)	(±1,65%)	(±2,15%)	(±3,44%)
EA	13,08 ^A	13,85 ^A	12,98 ^A	13,08 ^A	12,68 ^A	12,90 ^A	12,60 ^A	12,38 ^A	13,00 ^B
Silo 7	(±0,99%)	(±6,16%)	(±0,33%)	(±0,99%)	(±3,88%)	(±2,43%)	(±0,79%)	(±3,85%)	(±2,34%)

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p \leq 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del contenido de humedad el análisis encontró diferencias significativas en los muestreos 2; 6 y 8. El valor del parámetros p obtenido en el muestreo 2 igual a 0,0001 indica evidencia estadística importante que respaldan los resultados, por otra parte, en el caso de los muestreos 6 y 8 estos parámetros muestran valores que apuntan a una disminución de las diferencias (0,0247 y 0,0441; respectivamente).

La figura 4.7 modela el comportamiento del contenido de humedad a través de las 8 pruebas. Se puede observar que al inicio el producto de ambos sistemas se encontraban con un valor promedio muy similar en este caso la diferencia fue únicamente de 0,08 puntos porcentuales entre ambos lotes de grano.

A través de los ocho muestreos este parámetro oscila con una tendencia decreciente en ambos sistemas. Es importante observar la diferencia obtenida en el muestreo 8 en el cual el tratamiento refrigerado obtuvo un CH_{bh} igual a 13,00% (CV=2,34) mientras que el MC obtuvo un CH_{bh} de 12,23% (CV=3,44) lo cual representa una discrepancia de 0,77 puntos porcentuales del total del peso del grano almacenado.

La pérdida de humedad sufrida por el grano tratado con MC fue significativa según el contraste realizado, en este caso el ANOVA señala diferencias significativas con respecto al valor inicial, obteniendo un valor p igual a 0,0006.

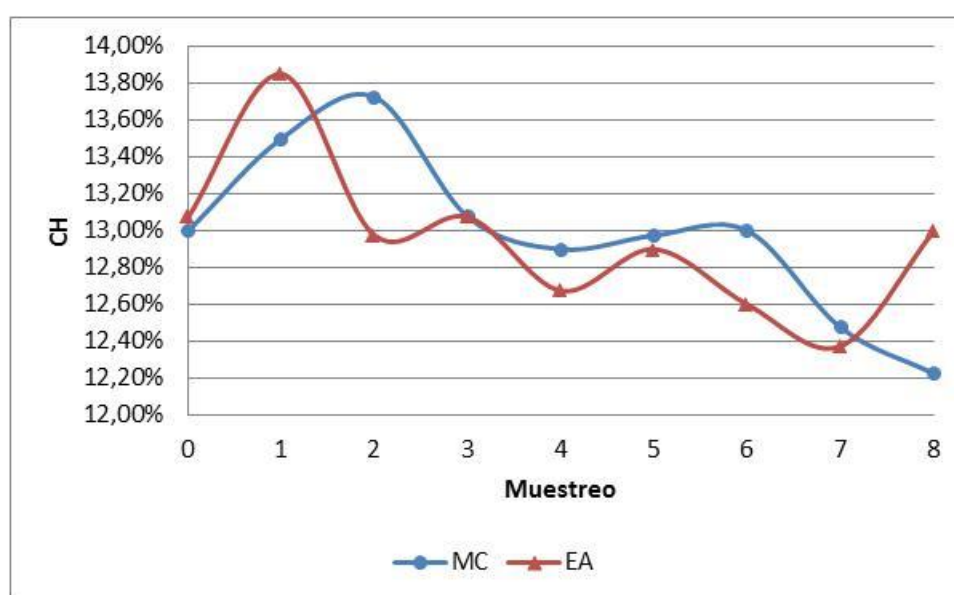


Figura 4.7. Contenido de humedad del grano.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Peso de materia seca.

De la tabla 4.9 se desprende que en el caso del peso de la materia seca, el análisis de varianza encontró diferencias significativas entre ambos lotes en la totalidad de los muestreos realizados. Posiblemente este resultado es debido a condiciones de producción del cultivo propias de cada zona y en menor medida a la mezcla varietal dentro de cada silo.

Tabla 4.9. Resultados promedios del peso de la materia seca en 1000 granos.

Sistema	Muestreo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MC	24,15 ^A	23,88 ^A	23,19 ^A	23,46 ^A	24,15 ^A	24,17 ^A	23,94 ^A	23,70 ^A	23,53 ^A
Silo 1	(±1,58%)	(±1,37%)	(±1,67%)	(±1,30%)	(±2,76%)	(±0,53%)	(±1,45%)	(±3,02%)	(±2,03%)
EA	25,98 ^B	25,93 ^B	25,92 ^B	25,73 ^B	25,77 ^B	25,84 ^B	25,95 ^B	25,98 ^B	25,98 ^B
Silo 7	(±0,35%)	(±1,09%)	(±0,14%)	(±0,59%)	(±0,55%)	(±0,64%)	(±1,55%)	(±0,50%)	(±0,17%)

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p \leq 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del grano EA se nota un comportamiento constante en las 8 mediciones con coeficientes de variación muy bajos, siendo el más alto 1,55 obtenido en el muestreo 6. En contraparte el peso de la materia seca del grano almacenado con MC oscila entre las mediciones 2 y 4. Esta leve oscilación está asociada a la aleatoriedad de los muestreos y no a condiciones climatológicas internas del silo.

Después de la oscilación mostrada (figura 4.8), el peso de la materia seca disminuye levemente hasta alcanzar un valor de 23,53 g ($CV=2,03$). Al comparar este valor con los 24,15 g ($CV=1,58$) mostrado al inicio del experimento, se desprende que hubo una pérdida de peso de 2,57%.

A pesar de que en ninguno de los dos tratamientos se obtuvieron diferencias significativas al contrastar el peso final con el inicial, la pérdida de masa obtenida en el MC puede ser relevante a un nivel industrial.

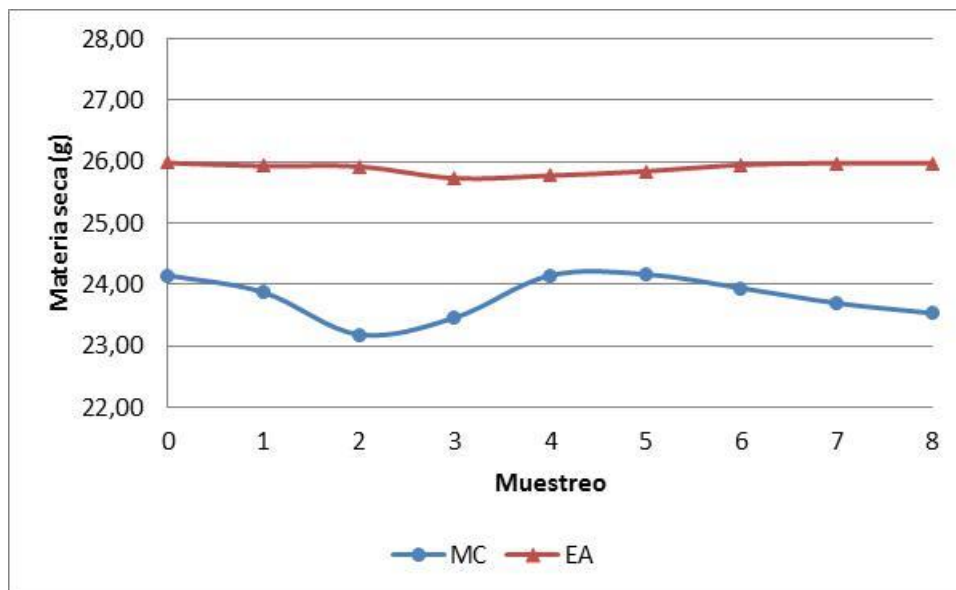


Figura 4.8. Peso de materia seca de 1000 granos sanos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.9 se grafican las diferencias porcentuales obtenidas con respecto al muestreo anterior, en la imagen se ve claramente que el método EA muestra menos discrepancias entre muestreos.

En el caso del método EA muestra pérdidas únicamente en los primeros dos puntos, siendo 0,74% el mayor registro. Posteriormente en apariencia se registran incrementos en la masa hasta el muestreo 7, sin embargo este comportamiento es ajeno a la realidad ya que es imposible que se den incrementos en la materia seca del grano después de la cosecha. Estos incrementos se deben principalmente a que en cada prueba se utilizaron muestras diferentes las cuales eran descartadas tras la realización del pesaje.

Por otra parte el MC muestra pérdidas en 5 de 8 puntos, siendo el mayor registro el detectado en el punto 2 correspondiente a 2,88%.

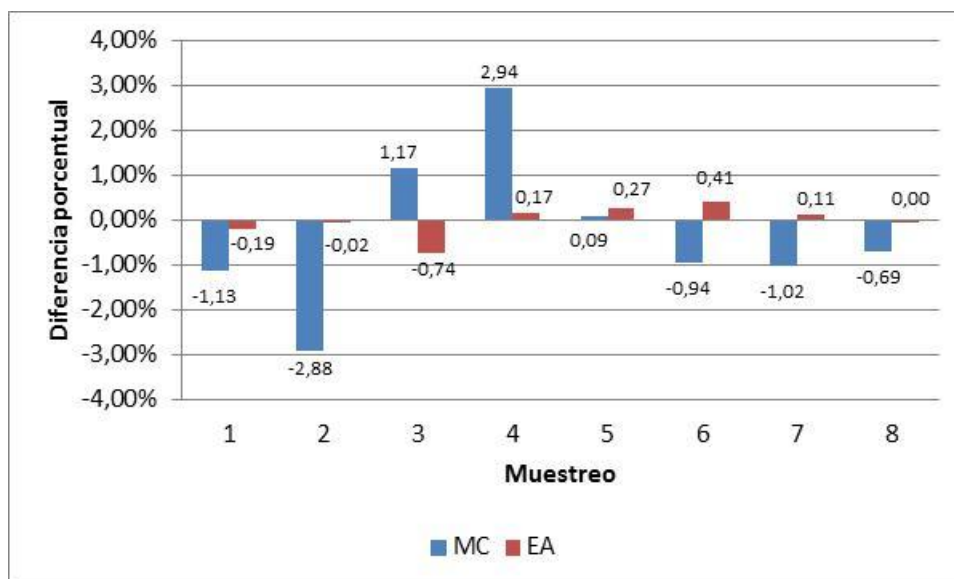


Figura 4.9. Diferencia porcentual de materia seca respecto al muestreo anterior.

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos se desprende que el sistema EA mostró un mejor efecto en cuanto a la conservación de la materia seca se refiere. Según FAO (1993) esto puede ser atribuido a la disminución en la tasa de respiración que sufre el grano al ser almacenado a una temperatura más baja.

4.3.3 Infestación.

La tabla 4.10 resume los promedios de las evaluaciones de la infestación primaria que se presentaron en los sistemas evaluados.

Vale la pena destacar que si bien la segmentación de las especies no es un objetivo del estudio, el laboratorio de calidad de la planta reportó a la *Rhizopertha dominica* como plaga primaria prevaleciente y a la *Tribolium sp.* y la *Cryptolestes sp.* como las plagas secundarias de mayor concurrencia en los muestreos realizados.

Tabla 4.10. Resultados promedios de infestación primaria en 1000 g.

Sistema	Muestreo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MC	0 ^A	1 ^A	3 ^A	5 ^A	9 ^A	3 ^A	80 ^A	251 ^A	63 ^B
Silo 1		(±173,21%)	(±57,74%)	(±66,33%)	(±113,86%)	(±34,64%)	(±58,95%)	(±5,21%)	(±20,66%)
EA	1 ^A	2 ^A	2 ^A	5 ^A	12 ^A	10 ^A	92 ^A	148 ^A	16 ^A
Silo 7	(±173,21%)	(±110,55%)	(±110,55%)	(±131,15%)	(±42,49%)	(±92,80%)	(±18,64%)	(±63,03%)	(±92,80%)
Testigo				12 ^A	6 ^A				
Silo 5				(±20,41%)	(±102,74%)				

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p \leq 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

Al Observar la tabla se aprecia que el ANOVA no halló diferencias significativas en infestación primaria entre los tratamientos y el testigo en las evaluaciones 3 y 4. Debido a la alta temperatura del grano este silo debió ser intervenido con aireaciones, razón por la cual no se siguió tomando en cuenta posterior al muestreo 4.

Así mismo el ANOVA únicamente encontró diferencias significativas entre ambos tratamientos en el muestreo 8 ($p=0,0066$) punto en el cual se contabilizaron 63 insectos ($CV=20,66$) en el MC y 16 ($CV=92,80$) en el EA, diferencia que representa un 74,60% menos en el sistema refrigerado.

Por otra parte si se observan los datos del muestreo 5, a pesar de que el ANOVA no mostró diferencia significativa, el sistema refrigerado contabilizó un 333,33 % más insectos que el sistema convencional.

La razón principal de esta discrepancia se debió a que en este punto ya se había quitado el enfriador industrial y la temperatura promedio intergranular se encontraba a 29°C.

Si se observa la figura 4.10 la cual muestra el comportamiento de la infestación primaria, se aprecia que ambos sistemas tuvieron un comportamiento muy similar hasta el muestreo 5, después del cual se nota un crecimiento acelerado en la población de insectos.

Posteriormente en el muestreo 7 se obtiene el punto máximo de infestación en ambos sistemas. A pesar de que se nota una gran diferencia en este punto, nuevamente el análisis

de varianza no mostró diferencias significativas. Sin embargo se contabilizó un 58,96% menos de insectos en el sistema refrigerado. En esta ocasión el resultado del ANOVA se pudo haber debido a la rigurosidad estadística de la prueba empleada ya que el dato del sistema refrigerado mostró un CV igual 63,03.

Al contrastar la infestación primaria inicial con la final el ANOVA indica que las diferencias obtenidas en el MC son significativas ($p=0,0001$), mientras tanto las obtenidas en el EA no son significativas ($p=0,8308$).

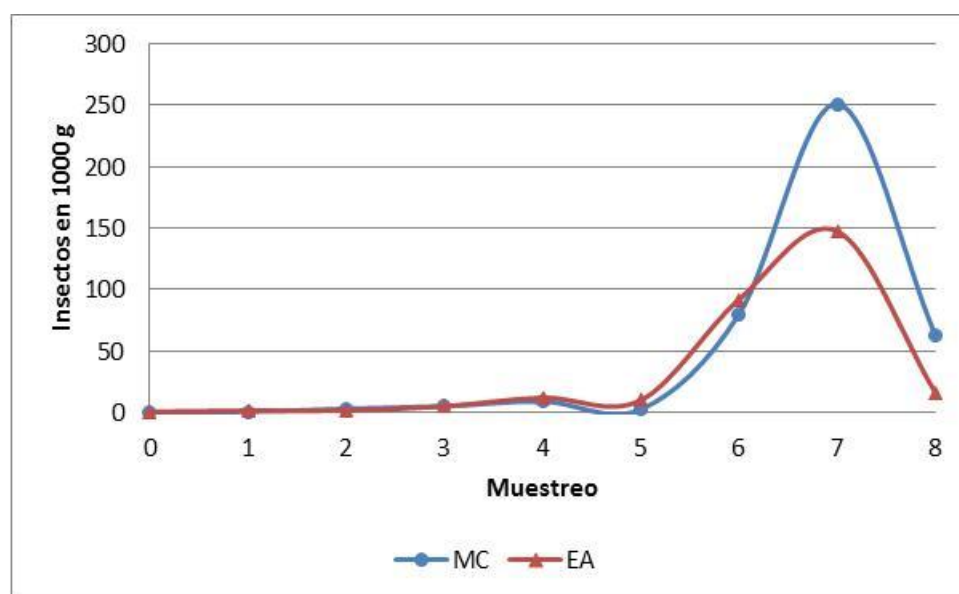


Figura 4.10. Infestación primaria.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la infestación secundaria, al igual que lo ocurrido con la infestación primaria, el ANOVA no mostró diferencias significativas entre los dos sistemas de almacenamiento y el testigo.

Tal y como se observa en la tabla 4.11 únicamente se encontraron diferencias en los muestreos 1 y 2. En ambos casos el valor p del análisis de varianza muestra un valor conservador (0,0498 y 0,0266; respectivamente).

Tabla 4.11. Resultados promedios de infestación secundaria en 1000 g.

Sistema	Muestreo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MC Silo 1	1 ^A (±100,00%)	2 ^B (±70,71%)	13 ^B (±48,50%)	14 ^A (±100,14%)	25 ^A (±41,37%)	12 ^A (±39,61%)	20 ^A (±63,42%)	23 ^A (±47,19%)	9 ^A (±59,84%)
EA Silo 7	1 ^A (±173,21%)	0 ^A	2 ^A (±70,71%)	16 ^A (±123,43%)	8 ^A (±29,06%)	16 ^A (±72,28%)	14 ^A (±64,04%)	13 ^A (±45,51%)	2 ^A (±72,28%)
Testigo Silo 5				2 ^A (±70,71%)	14 ^A (±109,26%)				

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p \leq 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.11 se aprecia el comportamiento oscilatorio que mostró la infestación secundaria a lo largo del periodo de almacenamiento. En términos generales en la mayor parte del tiempo el sistema EA se mostró por debajo de la curva del MC, así mismo se observa que hasta el muestreo 2 el sistema EA retardó la aparición de este tipo de plaga. Los resultados obtenidos indican que el sistema refrigerado o EA tuvo una mejor eficacia en el control de este tipo de plaga.

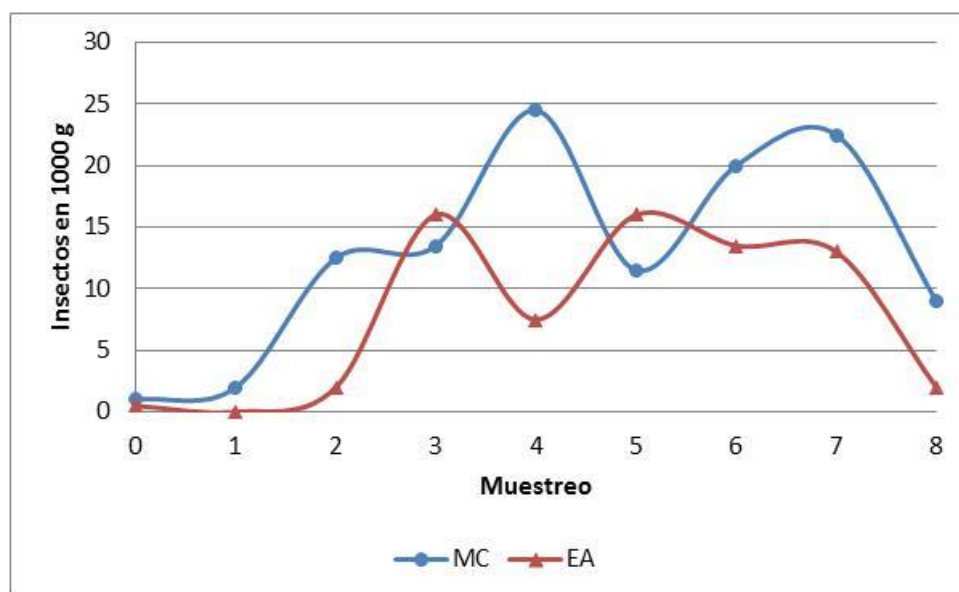


Figura 4.11. Infestación secundaria.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante recordar que la plaga secundaria invade desde sectores aledaños al silo siempre y cuando existan condiciones favorables. De esta manera en los momentos en que se desconectó la máquina de frío se experimentaron incrementos en la infestación secundaria y por lo contrario cuando se conectó la máquina se notó un descenso de esta población. Por lo tanto, la percepción de la corriente de aire frío en sí ya es un factor que ayuda a evitar la invasión de este tipo de plaga.

Los valores elevados de los coeficientes de variación calculados tanto en la infestación primaria como en la secundaria son a causa de los focos de infestación presentados. Estos focos de infestación no mantuvieron una constante de localización en ninguno de los silos.

Cabe rescatar que a pesar que se siguieron las instrucciones de aplicación dadas por el fabricante del K-Obiol[®], este producto no brindó la protección por la totalidad del tiempo especificado.

Tanto en la infestación primaria como secundaria en ambos sistemas de almacenamiento, posterior al punto 7 se nota un descenso abrupto de las poblaciones, lo cual se refleja con mayor rigor en las plagas primarias. Esta disminución pudo deberse a la concentración dióxido de carbono dentro de los silos, gas liberado en el proceso de respiración tanto del grano como de los insectos. En este punto no se realizaron aireaciones en ninguno de los dos sistemas, por lo cual no se proveía oxígeno a los insectos lo que causaba la muerte la emigración de los mismos. En el caso particular del sistema MC la temperatura pudo haber influenciado en menor grado esta alta tasa de mortalidad.

4.3.4 Porcentaje de impurezas.

En relación al porcentaje de impurezas, el ANOVA (tabla 4.12) indicó diferencias significativas en los muestreos 2; 4; 6 y 7. Siendo 4 y 7 los puntos con las diferencias más marcadas, correspondientes a 79,11% y 71,45% respectivamente. En todos los muestreos excepto en el 5 el sistema MC mostró un mayor grado de impurezas.

Tabla 4.12. Resultados promedios del porcentaje de impurezas.

Sistema	Muestreo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MC Silo 1	5,03 ^A (±13,15%)	5,75 ^A (±11,03%)	5,65 ^B (±1,53%)	5,75 ^B (±13,10%)	5,60 ^B (±9,78%)	5,68 ^A (±9,76%)	5,80 ^B (±11,18%)	4,73 ^B (±14,07%)	5,08 ^A (±16,97%)
EA Silo 7	4,93 ^A (±5,44%)	5,23 ^A (±3,42%)	5,18 ^A (±4,18%)	5,03 ^B (±3,55%)	4,43 ^A (±6,06%)	5,70 ^A (±6,49%)	4,33 ^A (±14,84%)	3,38 ^A (±7,94%)	5,10 ^A (±6,49%)

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p \leq 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

El resultado esperado de este parámetro era un incremento constantemente conforme se acrecentaba la infestación, ya que los insectos iban a consumir el grano generando restos. Sin embargo si se observa la figura 4.12 en ambos casos revela un comportamiento oscilatorio logrando un valor final muy similar al medido al inicio del experimento.

En ambos sistemas el valor más bajo se obtuvo en el muestreo 7, punto en el cual se obtuvo también la infestación más elevada en ambos sistemas.

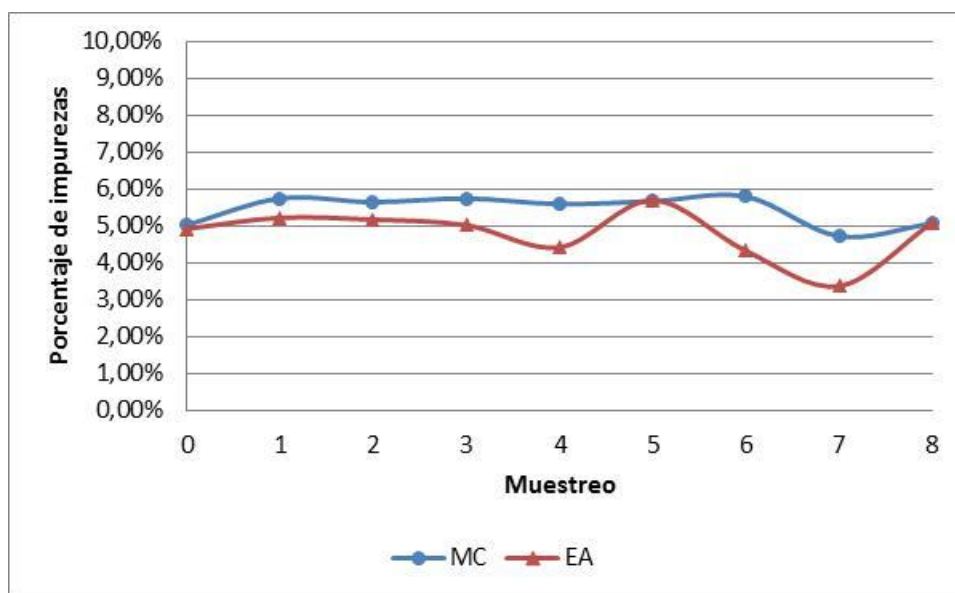


Figura 4.12. Porcentaje de impurezas.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5 Porcentajes de grano entero, grano quebrado y grano entero.

La tabla 4.13 revela los resultados promedios de los porcentajes de puntilla, grano quebrado y grano entero. Se recurrió al análisis de los porcentajes y no al de los rendimientos de cada uno con el fin de eliminar en los resultados el efecto que pudiese tener la cantidad cascarilla.

Para el análisis se evaluó la influencia del contenido de humedad de análisis de las muestras, por lo que se le realizó el ajuste a un CH_{bh} igual a 13% empleando la metodología de CONARROZ (2008). Sin embargo como se aprecia en la tabla se obtuvo poca diferencia tras la realización del ajuste.

Tabla 4.13. Promedios de los porcentajes de: puntilla, grano quebrado y grano entero.

Variable	Sistema	Muestreo								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Porcentaje de Puntilla	MC	5,22 ^A	5,77 ^A	5,43 ^A	5,81 ^A	4,94 ^A	5,80 ^A	6,74 ^A	5,38 ^A	5,34
	Silo 1	(±9,33%)	(±14,05%)	(±10,94%)	(±3,30%)	(±3,94%)	(±8,27%)	(±6,58%)	(±8,45%)	(±8,54%)
	<i>Ajustado</i>	5,22	5,77	5,43	5,81	4,94	5,80	6,74	5,38	5,34
	EA	7,39 ^B	7,47 ^B	6,81 ^B	6,59 ^B	5,20 ^A	7,12 ^B	7,39 ^A	7,61 ^B	
	Silo 7	(±6,89%)	(±6,54%)	(±8,72%)	(±2,04%)	(±17,41%)	(±6,07%)	(±5,56%)	(±9,73%)	
	<i>Ajustado</i>	7,39	7,47	6,81	6,59	5,20	7,11	7,39	7,61	
Porcentaje de grano quebrado	MC	24,16 ^A	27,25 ^A	30,17 ^B	31,58 ^B	26,64 ^A	27,34 ^A	28,51 ^A	24,14 ^A	21,38
	Silo 1	(±9,62%)	(±9,62%)	(±3,01%)	(±8,19%)	(±3,73%)	(±7,70%)	(±5,20%)	(±7,70%)	(±6,51%)
	<i>Ajustado</i>	24,16	27,25	30,17	31,58	26,63	27,34	28,51	24,14	21,38
	EA	29,98 ^B	33,83 ^B	28,26 ^A	25,53 ^A	24,03 ^A	32,95 ^B	26,75 ^A	24,09 ^A	
	Silo 7	(±3,74%)	(±10,72%)	(±3,22%)	(±3,74%)	(±10,31%)	(±4,65%)	(±2,15%)	(±11,13%)	
	<i>Ajustado</i>	29,98	33,83	28,26	25,53	24,03	32,96	26,75	24,09	
Porcentaje de grano entero	MC	70,59 ^B	66,97 ^B	64,40 ^A	62,61 ^A	68,42 ^B	66,87 ^B	64,70 ^A	70,49 ^A	73,28
	Silo 1	(±3,96%)	(±4,05%)	(±2,33%)	(±4,32%)	(±1,69%)	(±3,57%)	(±2,76%)	(±3,02%)	(±2,21%)
	<i>Ajustado</i>	70,62	66,97	64,40	62,61	68,42	66,87	64,75	70,49	73,28
	EA	62,63 ^A	58,70 ^A	64,93 ^A	67,88 ^B	70,76 ^B	59,88 ^A	65,86 ^A	68,30 ^A	
	Silo 7	(±2,19%)	(±6,83%)	(±0,98%)	(±1,59%)	(±4,36%)	(±2,36%)	(±0,78%)	(±3,13%)	
	<i>Ajustado</i>	62,63	58,70	64,93	67,88	70,76	59,93	65,86	68,30	

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 4.13 y 4.14 muestran de una manera más clara los cambios de los tres parámetros analizados entre los muestreos 0 y 7, registradas en los silos 1 y 7 respectivamente.

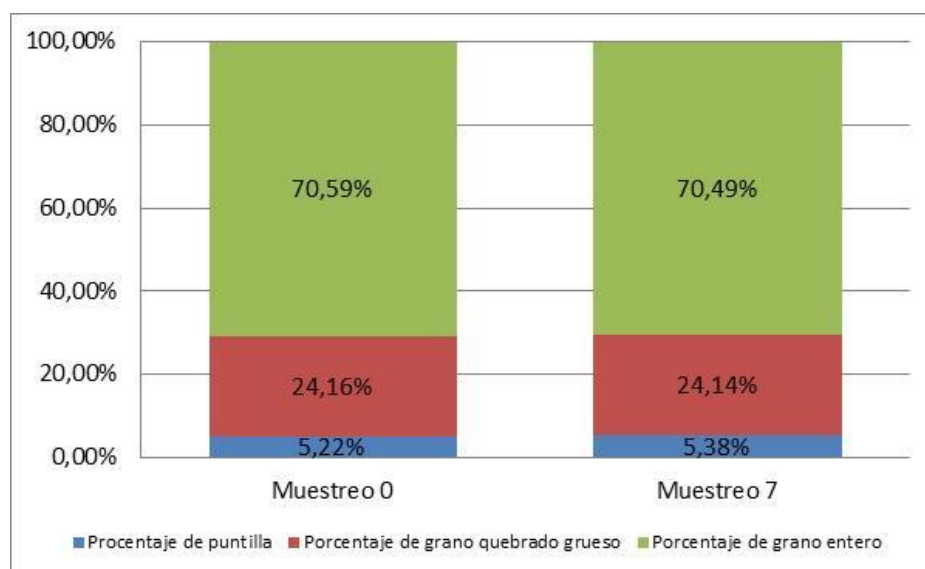


Figura 4.13. Porcentajes de puntilla, grano quebrado y grano entero del grano almacenado con el sistema MC entre los muestreos 0 y 7.

Fuente: Elaboración propia.

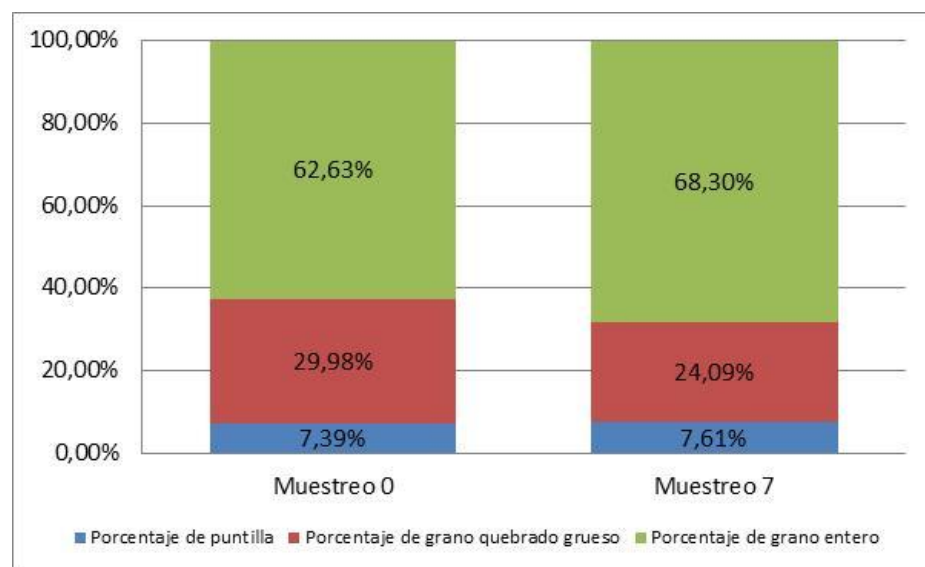


Figura 4.14. Porcentajes de puntilla, grano quebrado y grano entero del grano almacenado con el sistema EA entre los muestreos 0 y 7.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al porcentaje de puntilla, las mayores diferencias entre ambos lotes de grano se obtuvieron en los muestreos 0 y 7 con resultados muy similares correspondientes a 2,17 ($p=0,0018$) y 2,23 ($p=0,0043$) puntos porcentuales. En ambos casos los porcentajes de puntillas puntilla fueron superiores en el muestreo 7 con respecto al muestreo 0, siendo el grano del sistema EA el que obtuvo el mayor incremento con un 0,22 puntos porcentuales, sin embargo según el ANOVA este incremento no es significativo al mostrar un valor de p igual a 0,6235.

Por otra parte el porcentaje de grano quebrado se encontraron diferencias significativas entre los lotes de grano en el muestreo 0 ($p=0,0079$) y no así en el muestreo 7. Entre el muestreo 0 y 7 el grano del silo 7 experimentó un decremento significativo ($p=0,0007$) de 5,89 puntos porcentuales en el porcentaje de grano quebrado mientras tanto el lote de grano del silo 1 no mostró un cambio significativo ($p=0,9899$).

La diferencia de 7,96 puntos porcentuales en el grano entero mostrada en el muestreo 0 a favor del grano del silo con el sistema MC se redujo de forma tal que el muestreo 7 corresponde a 2,64 puntos porcentuales siempre a favor del sistema MC. Esta reducción se debió principalmente al incremento significativo ($p=0,0017$) igual a 5,67 puntos porcentuales en el porcentaje de grano entero dada en el producto con el sistema EA.

En la tabla 4.13 se observa que en ambos lotes de grano se registraron incrementos en el porcentaje de grano entero entre cierto muestreos, este comportamiento es posible según Daniels et al. (1998) quienes llevaron a cabo un experimento donde almacenaron arroz de la variedad Cypress en diferentes condiciones hasta por 28 semanas y registraron incrementos de hasta 10 puntos porcentuales e indican que los mayores incrementos se dan en los primeros 3 meses de almacenamiento. Posterior a este aumento, los resultados obtenidos por este autor apuntan a que el grano alcanza un rendimiento máximo estable durante cierto tiempo y posteriormente se da un leve descenso en esta variable.

Sin embargo a pesar de que el grano analizado en el presente trabajo es predominantemente de la variedad Palmar-18, existen otras variables de consideración como las condiciones de desarrollo del cultivo, zona de procedencia, entre otras; que podrían influir en las diferencias observadas en las figuras 4.13 y 4.14; por lo que no se cuenta con suficiente

evidencia estadística para concluir que hay un efecto sobre el porcentaje de grano entero al implementar el enfriador del grano en el sistema EA.

4.3.6 Porcentaje de grano manchado.

La tabla 4.14 resume los resultados encontrados en los porcentajes de grano manchado. El grano utilizado en el silo 7 se almacenó con 1,34% (CV=15,23). Tomando en cuenta la descripción del grano hecha en el capítulo 4.1 en donde se indica que 0,095% del grano de los camiones se encontraba manchado, se pudiera pensar en una posible inferencia del proceso de secado en el aumento del manchado sin embargo se carece de evidencia estadística que respalde esta deducción.

Por otra parte en el capítulo 4.1 también se menciona que el grano del silo 1 ingresa a la planta sin macha, y este dato es corroborado en el muestreo inicial realizado a este silo, por lo que en este caso se descarta el supuesto de una posible inferencia del secado en el manchado, con esto, las incongruencias descritas en el párrafo anterior obedecen a la variabilidad de los muestreos realizados tanto en el silo como en los camiones.

Tabla 4.14. Resultados promedios del porcentaje de grano manchado.

Sistema	Muestreo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MC Silo 1	0,00 ^A	0,10 ^A (±173,21%)	0,00 ^A	0,00 ^A	0,00 ^A	0,00 ^A	0,00 ^A	0,00 ^A	0,24 ^A (±173,21%)
EA Silo 7	1,34 ^B (±15,23%)	1,58 ^B (±27,66%)	1,90 ^B (±30,64%)	1,89 ^B (±11,13%)	0,63 ^B (±9,98%)	2,80 ^B (±16,78%)	1,74 ^B (±29,55%)	1,12 ^B (±9,00%)	2,40 ^B (±19,03%)

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p \leq 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa en la tabla 4.14 el porcentaje de grano manchado mostró diferencias significativas en la totalidad de los muestreos. En la figura 4.15 se muestra que en

la totalidad de los puntos el grano con el sistema EA obtuvo un mayor porcentaje de mancha en comparación al sistema MC.

Considerando que el proceso del manchado es irreversible los descensos que se dan en la curva de EA en los puntos 4 y 7; no son producto de disminuciones en el porcentaje de grano manchado como tal.

Al final del almacenamiento el grano de este lote muestra un incremento significativo ($p=0,0023$) de 1,06 puntos porcentuales, obteniendo un valor final de 2,40% (CV=19,03). Este resultado es inesperado considerando lo expuesto por Dillahunty A et al (2000) y Juliano (1994) resumido en el capítulo 2.2. Por esta razón se determina que este incremento no se puede asociar a la implementación del equipo de refrigeración como tal y más bien se debe al carácter aleatorio del muestreo.

Por otra parte, el sistema MC tuvo un incremento del manchado hasta obtener un valor final de 0,24% (CV=173,21). Considerando la elevada desviación estándar de este dato, no difiere significativamente ($p=0,0603$) al valor del muestreo 0. Sin embargo en este tratamiento sí se dio una de las condiciones expuestas por Juliano (1994) al tener temperaturas superiores a los 33 °C en gran parte del tiempo de almacenamiento.

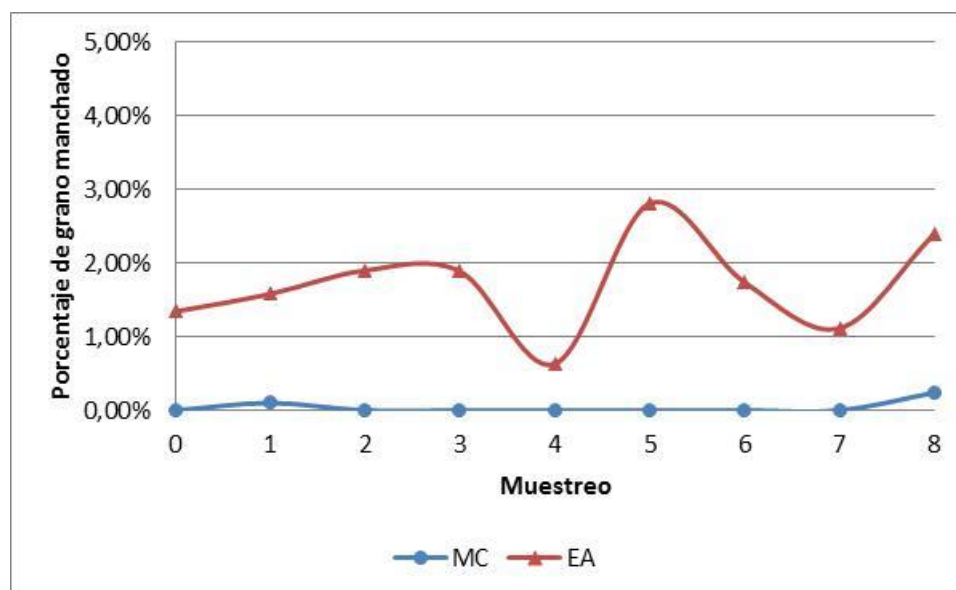


Figura 4.15. Porcentaje de grano manchado.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.7 Porcentaje de grano dañado.

Respecto al porcentaje de grano dañado (tabla 4.15) se obtuvieron diferencias significativas en los muestreos 0 ($p=0,0001$) y 7 ($p=0,0080$), siendo el primero en el que se encontraron las mayores diferencias con 1,94 puntos porcentuales más en el grano del silo 1.

Tabla 4.15. Resultados promedios del porcentaje de grano dañado.

Sistema	Muestreo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MC	2,49 ^B	1,28 ^A	1,64 ^A	2,15 ^B	2,36 ^B	2,16 ^A	1,33 ^A	1,91 ^B	1,03 ^A
Silo 1	(±9,48%)	(±41,71%)	(±21,17%)	(±15,28%)	(±8,76%)	(±20,51%)	(±21,82%)	(±29,73%)	(±41,08%)
EA	0,55 ^A	1,43 ^A	1,62 ^A	1,81 ^B	2,58 ^B	1,70 ^A	1,35 ^A	0,60 ^A	1,50 ^A
Silo 7	(±55,26%)	(±32,72%)	(±27,13%)	(±30,41%)	(±13,93%)	(±32,15%)	(±58,41%)	(±19,62%)	(±33,93%)

Nota: Medias con una letra diferente indican diferencia significativa LSD Fisher ($p \leq 0,05$)

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que el fenómeno de manchado del grano, el porcentaje de grano dañado es un parámetro progresivo e irreversible, por lo que se esperaba que se diera un incremento gradual a través de los muestreos y un aumento más marcado en los instantes de mayor infestación, no obstante, en la figura 4,16 se constata que el comportamiento de esta variable es irregular y difiere a lo esperado.

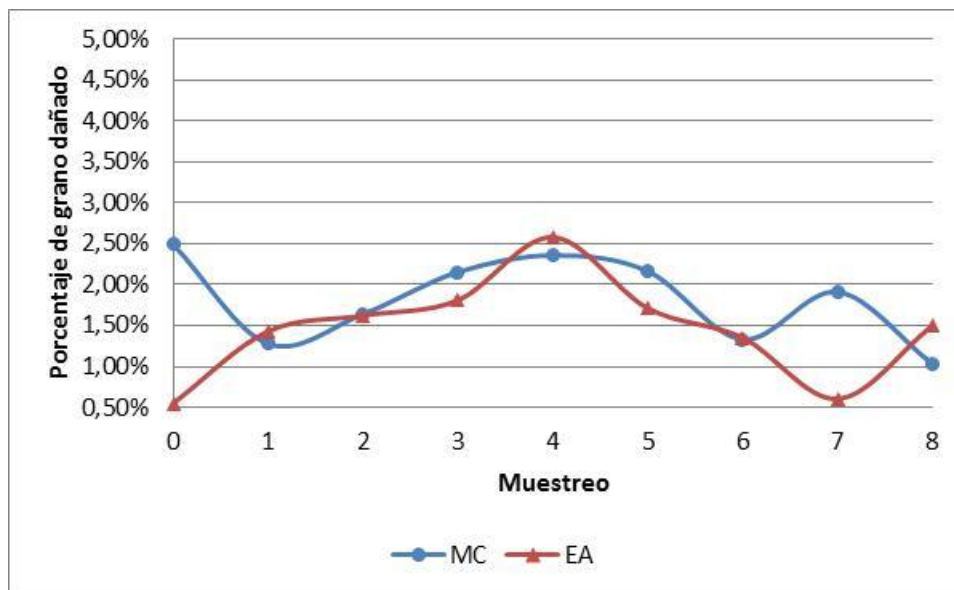


Figura 4.16. Porcentaje de grano dañado.

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo en la curva EA, del muestreo 0 al 4 se da incremento hasta alcanzar un valor de 2,58% (CV=13,93) y posteriormente desciende constantemente hasta un valor de 0,60% (CV=19,62) en el muestreo 7, en donde se produjo la mayor infestación en ambos lotes de producto.

Finalmente en el último muestreo este lote de grano indica un porcentaje de dañado de 1,50% (CV=33,93), representando un incremento de 0,95 puntos porcentuales con respecto a los 0,55% (CV=55,26) del muestreo 0. El ANOVA indica este cambio como significativo al registrar un valor de p igual a 0,0242.

Así mismo la curva del grano del sistema MC muestra incongruencias con las expectativas previas al experimento, en este caso se obtiene al final un valor de 1,03% (CV=41,08); 1,46 puntos porcentuales menos que los 2,49% (CV=9,48) del primer punto de evaluación. Esta disminución ilógica reducción en el porcentaje de daño es registrada como significativa por el ANOVA al revelar un valor de p igual a 0,0001.

El ANOVA no indica diferencias significativas entre ambos tratamientos en el muestreo 8 ($p=0,2677$). En este punto el porcentaje de grano dañado del sistema EA fue 0,47

puntos porcentuales superior al obtenido en el sistema MC, aun siendo el sistema MC el método en el que se registró la mayor infestación durante el almacenamiento.

4.4 Costos.

4.4.1 Enfriamiento artificial.

Para el cálculo del costo por consumo y potencia de la máquina de frío se utilizaron datos suministrados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) quien realizó mediciones de consumo de algunos equipos de la planta para un estudio de la calidad de electricidad suministrada.

Para ello se utilizó un analizador de calidad de energía y potencia de la marca Electro Industries, modelo Nexus 1252. Las mediciones realizadas (Anexo XI) corresponden a valores promedios de potencia en intervalos de integración de 15 minutos, por lo cual, no son valores instantáneos ni máximos, son valores promediados dentro de un intervalo de tiempo. Es decir, se registran todos los valores de potencia presentados y registrados por el equipo cuya velocidad de muestreo es de 512 muestras por ciclo y al final de los 15 minutos, brinda el valor promedio de todas las muestras.

La siguiente tabla resume los valores de las demandas máximas registradas en los periodos punta, valle y nocturno. De los resultados expuestos en esta tabla se deriva que existe una diferencia del 11,52% entre la demanda máxima en el periodo nocturno en comparación con el periodo punta, así mismo al comparar los valores del periodo nocturno con el obtenido en el periodo valle, la diferencia corresponde a 11,17%.

Tabla 4.16. Demanda de potencia máxima registrada del equipo CONSERFÍO®.

Período	Demanda máxima (KW)
Punta	55,22
Valle	55,01
Nocturno	48,86
Promedio	53,03
CV	5,57

Fuente: Datos suministrados por el ICE.

Con los datos de demanda máxima se calcularon los costos asociados a la demanda de potencia del equipo los cuales se incluyen en la tabla 4.17.

Tabla 4.17. Costos por demanda de potencia del equipo CONSERFÍO®.

Periodo	Costo/KW	Primer Ciclo		Segundo Ciclo	
		Máxima demanda (KW)	Monto	Máxima demanda (KW)	Monto
Punta	₡ 9.686,00	55,22	₡ 534.861	0	₡ 0
Valle	₡ 6.763,00	55,01	₡ 372.033	55,01	₡ 372.033
Nocturno	₡ 4.331,00	48,86	₡ 211.613	48,86	₡ 211.613
		Total	₡ 1.118.506	Total	₡ 583.646

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en este cuadro en el segundo ciclo de enfriamiento no se hizo uso del equipo durante las horas pico. Esta restricción comprende 5 horas diarias y produce un ahorro aproximado igual a 47,8% en los costos asociados a la demanda.

En la tabla 4.18 se muestra la cantidad de horas que operó el enfriador industrial durante los tres periodos. Se puede apreciar que durante el primer ciclo de enfriamiento las 78,5 horas que funcionó el equipo en horas pico pueden ser distribuidas en las horas de paro en los periodos valle y nocturno que en conjunto suman 124 horas. De esta manera el equipo no hubiera operado en horas pico produciendo el ahorro descrito en el párrafo anterior.

Tabla 4.18. Horas de operación del equipo CONSERFÍO®.

Periodo	Primer Ciclo			Segundo Ciclo		
	Efectivas	Paros	Totales	Efectivas	Paros	Totales
Punta	78,5	34	112,5	0	90	90
Valle	153,5	49	202,5	116	48	164
Nocturno	155	75	230	90	100	190
Total	387	158	545	206	238	444

Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la siguiente tabla se resumen los costos asociados al consumo de corriente del equipo de refrigeración durante los dos ciclos de enfriamiento aplicados.

Tabla 4.19. Costo por consumo del equipo CONSERFÍO®.

Primer Ciclo					
Periodo	Demanda (KW)	Horas Totales	KWh consumidos	Costo/KWh	Monto
Punta	55,22	78,5	4.335	₡ 60,00	₡ 260.086
Valle	55,01	153,5	8.444	₡ 22,00	₡ 185.769
Nocturno	48,86	155	7.573	₡ 14,00	₡ 106.026
	Sub total	387	20.352	Sub total	₡ 551.881
Segundo Ciclo					
Punta	55,22	0	0	₡ 60,00	₡ 0
Valle	55,01	116	6.381	₡ 22,00	₡ 140.386
Nocturno	48,86	90	4.397	₡ 14,00	₡ 61.564
	Sub total	206	10.778	Sub total	₡ 201.949
	TOTAL	593	31.130		₡ 753.830

Fuente: Elaboración propia.

En total el costo por consumo del equipo alcanzó ₡ 753.830 equivalente a 31.130 Kilo-watts hora. Durante el primer ciclo de enfriamiento la máquina fue utilizada 387 horas y el costo por consumo fue ₡ 551.881, de este resultado se obtiene que el costo horario equi-

valente fue ₡ 1426/hora. En el segundo ciclo de enfriamiento se utilizó el equipo 206 horas con un costo ₡ 201.949; por lo que el costo por consumo es ₡ 980/hora.

La siguiente tabla muestra el costo horario por consumo del equipo de refrigeración en los tres periodos. De esta tabla se obtiene que en comparación con el periodo punta, operar el equipo durante el periodo valle produce un ahorro del 63,47%, por otra parte si el equipo opera en periodo nocturno el ahorro equivale a 79,35%. Así mismo, operar en periodo nocturno produce un ahorro del 43,48% en comparación con el periodo valle. Estos ahorros son asociados tanto a la diferencia en el costo por kilowatt hora como en la demanda máxima del equipo en los diferentes periodos del día.

Tabla 4.20. Costo por consumo horario del equipo CONSERFÍO[®] durante los periodos punta, valle y nocturno.

Periodo	Demanda (KW)	Costo/KWh	Costo/hora	Horas diarias	Total
Punta	55,22	₡ 60,00	₡ 3.313	5	₡ 16.566
Valle	55,01	₡ 22,00	₡ 1.210	9	₡ 10.892
Nocturno	48,86	₡ 14,00	₡ 684	10	₡ 6840
Total				24	₡ 34.298

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.21 resume los costos por tonelada de producto almacenado con el sistema EA. Se puede observar en el segundo ciclo de enfriamiento una reducción de la cantidad de KW/t equivalente a 47,04%, pasando de 15,18 en el primer ciclo a 8,04 en el segundo. Esta disminución está influenciada por el hecho de no utilizar el equipo durante las horas pico pero principalmente por la reducción del 46,77% en las horas de operación.

Con un total de 1340 toneladas de producto almacenado, al final del periodo de almacenamiento se estima que se invirtieron en total 23,22 KWh/t lo que es equivalente a ₡ 562,56/t.

Tabla 4.21. Costos unitarios del sistema EA.

Ciclo	Consumo			Demanda	
	KWh Consumidos	Consumo unitario (KWh/t)	Monto unitario (₺/t)	Monto	Demanda (₺/t)
Primer	20.352	15,18	411,85	₺ 1.118.506	834,71
Segundo	10.778	8,04	150,71	₺ 583.646	435,56
Total		23,22	562,56		

Nota: 1340 Toneladas de arroz en granza almacenadas.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Método convencional.

Para la estimación del costo de operación del sistema MC se tomó en cuenta el costo del plaguicida aplicado, así como los costos relacionados a la operación del abanico de aireación. En la siguiente tabla se muestran los costos asociados al K-Obiol® utilizado en las 1.716 toneladas de producto almacenado en el silo 1. Tomando en cuenta 6,89 garrafas este rubro alcanza ₺ 1.711.481, sin embargo para un cálculo más preciso, al tomar en cuenta 7 garrafas el costo es de ₺ 1.746.409.

Tabla 4.22. Costos de K-Obiol® utilizado.

Producto almacenado	1.716 t
Dosis	20 ml/t
Cantidad de K-Obiol®	34.320 ml
Cantidad de garrafa (5l)	6,86
*Costo neto por garrafa	₺ 249.487
Total	₺ 1.711.481
Costo por tonelada	₺ 997,37

Nota:* Dato suministrado por DEMASA.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de los costos eléctricos de aireación se midieron en campo el consumo y el voltaje del motor del abanico empleado. Con base a estos resultados y estimando un coeficiente de rendimiento del 0,86 se calculó la potencia del motor. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4.23. Cálculo de potencia del motor Kohlback® modelo 160 M.

Voltaje (V)	480 V
Consumo (amp)	18,5
Factor de potencia	0,86
Potencia.	13,23 KW

Fuente: Elaboración propia.

Con el valor de la potencia del motor se estimaron los costos relativos a la demanda de potencia (tabla 4.24). Como se aprecia a diferencia del primer ciclo de aireación, durante el segundo y tercer ciclo el equipo se empleó durante el periodo valle produciendo un aumento del 256,15% en comparación del monto del primer ciclo.

Tabla 4.24. Costos por demanda de potencia del abanico de aireación.

Periodo	Costo/KW	Primer Ciclo		Segundo y Tercer Ciclo	
		Máxima demanda (KW)	Monto	Máxima demanda (KW)	Monto
Valle	₡ 6.763,00	0	₡ 0	13,23	₡ 89.474
Nocturno	₡ 4.331,00	13,23	₡ 57.299	13,23	₡ 57.299
		Total	₡ 57.299	Total	₡ 146.773

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.25 muestra los costos por consumo de corriente del abanico en los diferentes ciclos de aireación aplicados al grano.

Tabla 4.25. Costo por consumo del abanico de aireación.

Primer Ciclo					
Periodo	Demanda (KW)	Horas Totales	KWh Consumidos	Costo/KWh	Monto
Nocturno	13,23	66	873,2	₡ 14,00	₡ 12.225
	Sub total	66	873,2	Sub total	₡ 12.225
Segundo Ciclo					
Valle	13,23	18	238,1	₡ 22,00	₡ 5.238
Nocturno	13,23	72	952,6	₡ 14,00	₡ 13.336
	Sub total	90	1.190,7	Sub total	₡ 18.574
Tercer Ciclo					
Valle	13,23	46	608,9	₡ 22,00	₡ 13.396
Nocturno	13,23	184	2.434	₡ 14,00	₡ 34.076
	Sub total	230	3.043	Sub total	₡ 47.472
	TOTAL	386	5.107,2	TOTAL	₡ 78.271

Fuente: Elaboración propia.

En total el costo por consumo de corriente equivale a ₡ 78.271; lo cual representa un 10,38% al compararlo con los ₡ 753.830 obtenidos en el sistema EA, sin embargo cabe destacar que en este caso el ventilador operó 207 horas menos que el enfriador industrial.

Analizando los resultados mostrados en la tabla 4.26 se observa claramente que es más económico el costo por consumo de corriente del abanico que el del enfriador empleado en el utilizado en el EA.

Tabla 4.26. Costo por consumo horario del abanico durante los periodos punta, valle y nocturno.

Periodo	Demanda (KW)	Costo/KWh	Costo/hora Abanico	Costo/hora Enfriador	Diferencia
Punta	13,23	₡ 60,00	₡ 794	₡ 3.313	76,03%
Valle	13,23	₡ 22,00	₡ 291	₡ 1.210	75,95%
Nocturno	13,23	₡ 14,00	₡ 185	₡ 684	72,95%

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla resume los costos por tonelada evaluados en el sistema MC. En total se estima que el costo de almacenamiento fue ₡ 1.042,97/Ton, de este valor el 95,63 % corresponde al costo asociado al uso del plaguicida.

Tabla 4.27. Costos unitarios del sistema MC.

Ciclo	Consumo			Demanda		Plaguicida	Total
	KWh Consumidos	Consumo unitario (KWh/t)	Monto unitario (₡/t)	Monto	Demanda (₡/t)	Monto unitario (₡/t)	Monto unitario (₡/t)
Primer	873,2	0,51	7,12	₡ 57.299	33,39		
Segundo	1.190,7	0,69	10,82	₡ 146.773	85,53		
Tercer	3.043	1,77	27,66	₡ 146.773	85,53		
Total		2,97	45,6			997,37	1042,97

Nota: 1716 Toneladas de arroz en granza almacenadas.

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales energéticamente el sistema MC mostró mejor rendimiento al tener un consumo igual a 2,97 KWh/t, lo cual representa el 12,79% de los 23,22 KWh/t obtenidos en el sistema EA. Por otra parte al comparar los costos monetarios de ambos sistemas y descartando los asociados a la demanda de potencia eléctrica, se determina que el sistema EA es el más económico sumando en total ₡ 562,56/t, lo cual representa apenas el 53,94% de los ₡ 1.042,97/t medidos en el sistema MC.

Al hacer esta comparación no se toma en cuenta el costo por demanda de potencia, ya que este rubro puede ser distribuido entre una mayor cantidad de producto utilizando el equipo de refrigeración del EA en diferentes silos. Sin embargo, es apreciable que los costos por demanda de potencia del equipo de refrigeración son significativamente superiores a los estimados en el sistema convencional.

Para un posible plan de inversión del equipo enfriamiento empleado en el sistema EA, en el Anexo XII se muestra un análisis de sensibilidad de la inversión, sin embargo, para determinar con mayor criterio la factibilidad económica se debe realizar un análisis más profundo de las variables que influyen en materia económica.

De este análisis de sensibilidad, suponiendo que no se tuviera diferencia en el CH_{bh} final con respecto al inicial en ninguno de los dos sistemas empleados, se desprende que lográndose un ahorro de materia seca de 1,13%; 0,48% y 0,26%; se haría factible la inversión del equipo para ser utilizado en 1; 2 y 3 silos de 1750 t correspondiente mente.

Por otra parte, suponiendo que al utilizar uno u otro sistema de almacenamiento no se logran ahorros en materia seca, considerando que el grano se almacena inicialmente con un CH_{bh} igual a 13,00%, se establecen los CH_{bh} finales en el sistema MC que garantizarían la inversión del equipo, siempre y cuando no se tengan mermas de peso por variaciones en el CH_{bh} del grano almacenado con el sistema EA. Los valores de estos CH_{bh} finales corresponden a 12,14%; 12,64% y 12, 80% para 1; 2 y 3 silos de 1750 t.

CAPÍTULO 5: Conclusiones y recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

Según lo observado, el sistema de almacenamiento MC mostró mayor uniformidad en cuanto a las temperaturas internas del silo. Respecto al sistema EA, las variaciones en los ajustes de la máquina propiciaron gradientes térmicos.

Bajo las condiciones estudiadas se pudo constatar que una masa de arroz en granza con un CH del 13% puede ser almacenada alrededor de 50 días sin aplicar método alguno para la conservación, siendo el calentamiento de la masa la limitante prevaleciente sobre la infestación.

Al final del periodo de almacenamiento se determinó diferencia significativa en el contenido de humedad del grano, mostrando el sistema EA los mejores resultados al conservar el 13% inicial.

Conforme a lo observado en el peso de mil granos, los resultados apuntan a que el sistema EA es más efectivo para conservar la materia seca.

En las circunstancias en que se desarrolló la investigación y en relación al control de plagas, tanto en la plaga primaria como en la secundaria el sistema EA resultó ser el control más eficaz. Así mismo, se observaron incrementos en la tasa de calentamiento del grano conforme al aumento de la infestación.

En cuanto a porcentaje de impurezas se refiere, no se encontraron diferencias significativas entre el sistema MC y EA al inicio ni al final del almacenamiento. Tampoco se hallaron discrepancias al comparar los valores finales con los iniciales de ambos tratamientos.

En molienda, al final del almacenamiento los lotes de producto tratados con el sistema EA y MC mostraron incrementos en el porcentaje de grano entero con respecto al primer muestreo realizado. No se halló evidencia que respaldara que la implementación del equipo de enfriamiento tuviese un efecto en este parámetro.

El sistema EA mostró un incremento significativo en el porcentaje de grano manchado, sin embargo este manchado no se puede atribuir a la implementación del enfriador de grano. Por otra parte el grano del MC no mostró variaciones significativas en este parámetro.

Las muestras analizadas en el laboratorio no revelaron un resultado concluyente en cuanto al porcentaje de grano dañado.

Descartando la demanda de potencia eléctrica el sistema de almacenamiento EA es operativamente más económico al sumar un costo unitario igual a \$ 562,56/Ton, lo cual representa el 53,94% del monto invertido en el MC. Por otra parte en términos energéticos el mejor rendimiento se obtuvo con el sistema MC al utilizar en total 2,97 KWh/t lo que constituye el 12,79% de lo empleado en el EA.

5.2 Recomendaciones.

Los costos obtenidos en el sistema EA pueden ser disminuidos notablemente mediante una optimización, de esta manera es aconsejable no utilizar el equipo de enfriamiento en el periodo punta, periodo en el cual se puede dar servicio a la máquina para que opere de una mejor manera en los periodos valle y nocturno, de preferencia en el último de los mencionados.

De igual manera el costo por demanda de potencia puede ser distribuido entre una mayor cantidad de producto utilizando el equipo en diferentes silos en un mismo periodo de facturación.

Considerando las plagas prevalecientes reportadas, para evitar la infestación, según Salunkhe et al. (1985) es aconsejable no dejar que la temperatura del grano se incremente por encima de 21°C. De esta forma, tras la aplicación del primer ciclo de frío hasta alcanzar los 20 °C, se recomienda utilizar las horas del segundo ciclo para remover en las madru-

das el calor generado en el día, por lo que se utilizaría el equipo como un inhibidor de calentamiento en vez de enfriador.

La utilización de la máquina en horas de la madrugada generaría ahorros en el campo energético asociados al costo horario del Kilowatt y a la disminución en la demanda de potencia del equipo en esta franja horaria.

Unido a los ahorros monetarios, las mediciones de velocidad del aire realizadas apuntan a que el equipo suministra un mayor caudal en la noche y madrugada, lo que conlleva a una disminución en el tiempo empleado de la máquina que a mediano plazo se podría traducir en una disminución en los costos de mantenimiento por un menor desgaste del equipo.

En consideración a lo mencionado, se recomienda aplicar las aireaciones desde el momento en que se inicia el llenado del silo y no esperar que el mismo esté a capacidad máxima para encender la máquina de frío. Con esto se disminuiría la resistencia a enfriarse que presentó el grano y se evitaría el inicio temprano del ciclo de las plagas primarias y la invasión de plagas secundarias. De no tomarse esta última recomendación se aconseja emplear el punto de ajuste de la máquina en 20-22°C y cuando el grano se encuentre en 25°C cambiar el ajuste a 15-17°C.

Con las condiciones descritas en el presente trabajo y analizando el desempeño de la máquina, se estima que la misma puede ser utilizada para enfriar y conservar a 21°C las alrededores de 2 silos de 1700 Toneladas de arroz por mes.

Se sugiere cambiar el refrigerante del equipo a uno de la línea ecológica como el R-134a y evaluar el efecto que pudiese tener en la capacidad de enfriamiento del sistema.

Se recomienda realizar un estudio con condiciones más controladas a nivel de laboratorio para determinar la influencia de la aplicación del EA sobre los parámetros de calidad del grano, tanto en los de molienda como en los parámetros nutritivos y de cocción.

Finalmente en el sistema EA se recomienda indagar sobre la factibilidad de la implementación de un sistema de recirculación de aire en el método EA de manera tal que el aire enfriado que se libera por la parte superior del silo pueda ser absorbido por el equipo de re-

frigeración. Así mismo, se sugiere analizar el impacto que tendría la aplicación del enfriador como secaireador del grano; sobre los costos de secado y en la calidad del grano.

En el sistema MC se aconseja revisar y de ser necesario ajustar las dosis de K-Obiol[®] aplicado para lograr proteger el grano de infestación durante todo el periodo de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1970). Industrial Ventilation. Michigan, USA.

American Society of Agricultural Engineers (ASAE). 2004. Standards Engineers Practices Data. USA.

Angladette, A. 1969. El Arroz. Barcelona. España.

Barbosa, A. et al. 2010. Non-chemical alternative in rice storage: the use of refrigeration for insect control and quality maintenance of paddy rice. 10th International Working Conference on Stored Product Protection.

Benavidez, F. 1996. Relaciones de humedad de equilibrio para cultivares nacionales de Zea mays, Phaseolus vulgaris y Oryza sativa. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Brooker, D et al. 1981. Drying cereal grains. Westport, Connecticut, U.S.A.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Evaluación de la calidad del arroz. Cali, Colombia.

Clyde, M et al. 1969. Grain Storage The role of Fungus in quality loss. Minnesota. U.S.A.

Corporación Arrocería Nacional (CONARROZ). 2008. Reglamento técnico del arroz en granza. San José, Costa Rica.

Daniels, M. et al. 1998. Effects of Long-Grain rough rice storage history on end-use quality. Journal of food science, 63(5): 832-835.

Díaz, G. 1995. Resistencia al flujo de aire en tres granos básicos: Arroz (*Oryza sativa*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*) y Maíz (*Zea mays*) producido en Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA). 2006. Estudio de competitividad del arroz en Costa Rica con la metodología de la Matriz de Análisis de Política (MAP). San José, Costa Rica.

- Food and Agricultura Organization of the United Nations (FAO). 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. <http://www.fao.org/docrep/X5027S/X5027S00.htm>. Fecha de consulta: Junio 2012.
- Dillahunty, A. et al. 2000. Effect of moisture content and temperature on respiration rate of rice. *Cereal Chem*, 77: 541-543.
- Feistritzer, W. 1977. *Tecnología de la semilla de cereales*. Roma, Italia.
- Hagen, A. 2002. Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad de Molienda y culinaria de tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) en silos experimentales con aireación con aire ambiente en condiciones de bajas temperaturas y altas humedades relativas. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2005. El entorno internacional del sector arrocero centroamericano. San José, Costa Rica.
- Juliano, B. 1994. *Rice: Chemistry and Technology*. Minnesota, USA.
- Kunze, O. 2008. Effect of drying on grain quality- moisture readsorption causes fissured rice grains. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*, 10(1): 1-17.
- Lazzari, F., Lazzari S., & Karkle A. 2006. Artificial cooling to control coleopterans in paddy rice stored in metallic silo. En: *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*. Sao Paulo, Brazil.
- Luh, B et al. 1991. *Rice production*. New York, U.S.A.
- Mata, C.1990. Efecto de la temperatura del aire de secamiento y dos modalidades de secado sobre el rendimiento de molienda y el índice de pilada del arroz. Tesis de Licenciatura en Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Murillo, I. et al. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Nair, K. 2007. *Fumigation for insect control*. Delhi. India.
- Pacheco, A. et al. 2008. Ciclo biológico de *Rhyzopertha Dominica* (f.) en semillas de arroz sometidas a cuatro temperaturas. *Fitosanidad*,12: 221-225.
- Rehman, Z. 2006. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. *Food Chemistry*, 95: 53-57.

- Salunkhe, D et al.1985. Postharvest Biotechnology of Cereals. Florida, U.S.A.
- Tocagni, H et al. 1980. El Arroz. Buenos Aires, Argentina.
- Universidad Nacional a Distancia (UNED).1994. Atlas agropecuario de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Villalobos, A. 2002. Aireación del arroz en granza almacenado, utilizando aire ambiente, para conservar la calidad del grano. Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería agrícola. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Zhou, Z. et al. 2010. Effect of storage temperature on rice thermal properties. Food Research International, 43: 709-715.
- Zhou, Z. et al. 2007. Effect of storage temperature on cooking behavior of rice. Food Chemistry, 105: 491-497

ANEXOS

I. Registros de compras de grano.

Tabla A.1. Registro de recibo del grano del silo 7.

Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado Calidad	Infestado
14/11/2011	06:52:59 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	34.940,00	0,0	1	NO
14/11/2011	07:56:33 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	34.220,00	0,0	3	NO
14/11/2011	08:42:06 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	30.130,00	0,0	2	NO
14/11/2011	10:05:34 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	34.100,00	0,0	2	NO
14/11/2011	11:20:19 a.m.	Bagaces	Aguas Calientes	Palmar-18	28.210,00	0,0	1	NO
14/11/2011	01:00:23 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	27.760,00	0,0	5	NO
14/11/2011	02:40:57 p.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	22.120,00	0,0	3	NO
14/11/2011	03:22:40 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	35.040,00	0,0	1	NO
15/11/2011	09:59:23 a.m.	Bagaces	Aguas Calientes	Palmar-18	28.190,00	0,0	1	NO
15/11/2011	10:26:29 a.m.	Nandayure	Bejuco	Palmar-18	15.290,00	0,0	2	NO
15/11/2011	12:00:28 p.m.	Nandayure	Bejuco	Palmar-18	15.240,00	0,0	2	NO
18/11/2011	06:48:52 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	26.170,00	0,0	1	NO
18/11/2011	06:52:53 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.420,00	0,0	2	NO
18/11/2011	08:25:56 a.m.	Nandayure	Bejuco	Palmar-18	28.230,00	0,0	3	NO
18/11/2011	11:26:34 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	29.080,00	0,0	2	NO
21/11/2011	06:48:44 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	34.810,00	0,0	2	NO
21/11/2011	06:51:55 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	32.800,00	0,0	2	NO
21/11/2011	09:12:56 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	33.770,00	0,0	1	NO
21/11/2011	10:44:02 a.m.	Bagaces	Aguas Calientes	Palmar-18	29.360,00	0,0	1	NO
21/11/2011	12:37:25 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	35.990,00	0,0	2	NO
22/11/2011	08:14:18 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	25.200,00	3,2	4	NO
22/11/2011	09:16:56 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	21.720,00	0,0	2	NO
22/11/2011	09:20:46 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	29.760,00	0,0	1	NO
22/11/2011	11:38:07 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	23.570,00	0,0	2	NO
22/11/2011	01:34:38 p.m.	Bagaces	Aguas Calientes	Palmar-18	11.620,00	0,0	1	NO
22/11/2011	03:20:17 p.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	36.670,00	0,0	1	NO
22/11/2011	04:32:24 p.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	31.040,00	0,0	2	NO
22/11/2011	05:25:09 p.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.930,00	0,0	2	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.

Continúa...

Tabla A.1 (Continuación). Registro de recibo del grano del silo 7.

Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado Calidad	Infestado
22/11/2011	05:29:09 p.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	28.040,00	0,0	3	NO
23/11/2011	06:13:17 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	34.720,00	0,0	2	NO
23/11/2011	06:23:37 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	30.470,00	0,0	2	NO
23/11/2011	08:46:53 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	29.290,00	0,0	2	NO
23/11/2011	09:40:06 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	34.900,00	0,0	2	NO
23/11/2011	10:42:03 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	33.420,00	0,0	1	NO
23/11/2011	12:12:11 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	34.340,00	0,0	2	NO
24/11/2011	06:14:22 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	29.350,00	0,0	2	NO
24/11/2011	06:18:23 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	13.270,00	0,0	2	NO
24/11/2011	07:37:15 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	31.600,00	0,0	3	NO
24/11/2011	10:11:21 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	38.070,00	0,0	2	NO
24/11/2011	11:09:28 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	34.370,00	0,0	2	NO
25/11/2011	06:12:58 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	29.250,00	2,2	3	NO
25/11/2011	06:19:49 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.750,00	0,0	2	NO
25/11/2011	06:45:27 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	29.120,00	0,0	1	NO
25/11/2011	08:37:59 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	28.550,00	0,0	1	NO
25/11/2011	09:56:41 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	30.090,00	0,0	2	NO
25/11/2011	12:01:18 p.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	31.360,00	0,0	2	NO
25/11/2011	01:37:01 p.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	19.930,00	0,0	3	NO
25/11/2011	03:04:37 p.m.	Bagaces	Bagaces	Palmar-18	29.030,00	0,0	2	NO
26/11/2011	06:24:12 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	30.360,00	0,0	2	NO
26/11/2011	06:28:59 a.m.	Buenos Aires	Buenos Aires	Palmar-18	26.330,00	0,0	2	NO
26/11/2011	09:24:03 a.m.	Bagaces	Bagaces	Palmar-18	30.270,00	0,0	3	NO
26/11/2011	10:28:33 a.m.	Bagaces	Aguas Calientes	Palmar-18	33.420,00	0,0	2	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.

Tabla A.2. Registro de recibo del grano del silo 1.

Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado calidad	Infestado
28/10/2011	07:05:45 a.m.	Parrita	Parrita	CFX-18	7.880,00	0,0	3	NO
28/10/2011	07:08:44 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	33.340,00	0,0	2	NO
28/10/2011	07:13:58 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	26.580,00	0,0	2	NO
28/10/2011	11:24:55 a.m.	Parrita	Parrita	CFX-18	8.590,00	0,0	2	NO
28/10/2011	02:08:49 p.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	21.860,00	0,0	2	NO
29/10/2011	06:41:05 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	28.910,00	0,0	2	NO
29/10/2011	06:44:27 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	25.600,00	0,0	1	NO
29/10/2011	09:25:45 a.m.	Lepanto	Jicaral	Palmar-18	33.280,00	0,0	1	NO
30/10/2011	06:49:30 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	24.850,00	0,0	1	NO
30/10/2011	07:06:57 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	33.440,00	0,0	1	NO
30/10/2011	08:50:43 a.m.	Parrita	Parrita	CFX-18	14.470,00	0,0	4	NO
30/10/2011	09:47:13 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	39.820,00	0,0	1	NO
30/10/2011	10:24:00 a.m.	Lepanto	Jicaral	Palmar-18	31.990,00	0,0	2	NO
31/10/2011	06:31:32 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	29.870,00	0,0	3	NO
31/10/2011	08:55:04 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	34.820,00	0,0	2	NO
31/10/2011	10:05:27 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	31.550,00	0,0	2	NO
31/10/2011	10:41:06 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	26.980,00	0,0	2	NO
31/10/2011	11:57:14 a.m.	Pococi	La Rita	Palmar-18	19.900,00	0,0	1	NO
31/10/2011	01:39:21 p.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	28.950,00	0,0	1	NO
01/11/2011	06:11:33 a.m.	Lepanto	Jicaral	Palmar-18	37.880,00	0,0	2	NO
01/11/2011	06:16:54 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	32.950,00	0,0	2	NO
01/11/2011	08:22:04 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	35.340,00	0,0	1	NO
01/11/2011	09:08:28 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	25.270,00	0,0	2	NO
01/11/2011	10:09:16 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	30.830,00	0,0	2	NO
01/11/2011	10:11:18 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	29.560,00	0,0	2	NO
01/11/2011	10:14:23 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	35.130,00	0,0	2	NO
01/11/2011	01:06:00 p.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	30.730,00	0,0	2	NO
01/11/2011	02:09:36 p.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	27.770,00	0,0	2	NO
02/11/2011	05:56:31 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	24.950,00	0,0	2	NO
02/11/2011	06:38:01 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	13.870,00	0,0	2	NO
02/11/2011	09:10:20 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	32.920,00	0,0	2	NO
02/11/2011	11:54:18 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Aceituno-2540	30.370,00	0,0	3	NO
02/11/2011	11:59:18 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	15.220,00	0,0	3	NO
02/11/2011	01:48:50 p.m.	Lepanto	Jicaral	Palmar-18	34.530,00	0,0	3	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.

Continúa...

Tabla A.2 (Continuación). Registro de recibo del grano del silo 1.

Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado calidad	Infestado
03/11/2011	06:37:25 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Aceituno-2540	34.950,00	0,0	3	NO
03/11/2011	06:41:11 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Aceituno-2540	35.900,00	0,0	3	NO
03/11/2011	08:25:41 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	31.570,00	0,0	4	NO
03/11/2011	10:03:09 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	36.010,00	0,0	3	NO
03/11/2011	11:06:52 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	21.590,00	0,0	1	NO
04/11/2011	06:08:49 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	35.950,00	0,0	3	NO
04/11/2011	06:28:03 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	35.000,00	0,0	2	NO
04/11/2011	08:51:20 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Aceituno-2540	28.940,00	0,0	2	NO
04/11/2011	11:08:50 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	33.900,00	0,0	1	NO
04/11/2011	12:15:51 p.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	25.860,00	0,0	3	NO
05/11/2011	06:00:35 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	38.020,00	0,0	2	NO
05/11/2011	06:04:06 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	28.660,00	0,0	3	NO
05/11/2011	08:52:14 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	29.630,00	0,0	2	NO
05/11/2011	10:12:07 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	35.860,00	0,0	2	NO
05/11/2011	11:21:18 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	23.790,00	0,0	1	NO
05/11/2011	12:39:36 p.m.	Nandayure	Santa Rita	Aceituno-2540	32.700,00	0,0	2	NO
05/11/2011	01:34:11 p.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	29.320,00	0,0	2	NO
05/11/2011	02:51:23 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	34.200,00	0,0	2	NO
06/11/2011	06:23:07 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	29.620,00	0,0	1	NO
06/11/2011	06:28:14 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	34.050,00	0,0	2	NO
06/11/2011	08:11:14 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	33.030,00	0,0	3	NO
06/11/2011	09:40:21 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	22.740,00	0,0	2	NO
06/11/2011	11:18:49 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	34.180,00	0,0	1	NO
07/11/2011	06:01:45 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	27.480,00	0,0	2	NO
07/11/2011	06:05:18 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	29.320,00	0,0	2	NO
07/11/2011	07:53:22 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	27.630,00	0,0	2	NO
07/11/2011	09:40:16 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	36.030,00	0,0	5	NO
07/11/2011	11:24:36 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	37.990,00	0,0	2	NO
07/11/2011	01:25:04 p.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	28.680,00	0,0	1	NO
07/11/2011	03:12:12 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	30.790,00	0,0	2	NO
07/11/2011	04:50:19 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	26.470,00	0,0	2	NO
08/11/2011	06:05:56 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	29.100,00	0,0	2	NO
08/11/2011	06:12:05 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	33.740,00	0,0	1	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.

Continúa...

Tabla A.2 (Continuación). Registro de recibo del grano del silo 1.

Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado calidad	Infestado
08/11/2011	08:22:40 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	35.270,00	0,0	2	NO
08/11/2011	09:44:54 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	26.050,00	0,0	2	NO
08/11/2011	11:00:49 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	23.950,00	0,0	2	NO
08/11/2011	01:26:57 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	31.100,00	0,0	2	NO
08/11/2011	01:28:16 p.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	14.660,00	0,0	3	NO
08/11/2011	02:56:01 p.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	22.050,00	0,0	1	NO
08/11/2011	03:57:02 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	26.510,00	0,0	1	NO
09/11/2011	07:53:00 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	31.410,00	0,0	1	NO
09/11/2011	07:57:33 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	30.350,00	0,0	3	NO
09/11/2011	10:18:24 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	31.500,00	0,0	1	NO
09/11/2011	12:26:37 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	39.000,00	0,0	2	NO
09/11/2011	01:06:24 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	33.790,00	0,0	2	NO
10/11/2011	06:06:12 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	22.750,00	0,0	2	NO
10/11/2011	06:11:06 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	27.680,00	0,0	2	NO
10/11/2011	07:50:07 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	35.960,00	0,0	2	NO
10/11/2011	09:39:34 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	29.840,00	0,0	1	NO
10/11/2011	11:23:35 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	34.170,00	0,0	2	NO
11/11/2011	06:25:27 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	25.610,00	0,0	3	NO
11/11/2011	06:32:03 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	20.190,00	0,0	2	NO
11/11/2011	10:02:46 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	33.360,00	0,0	2	NO
11/11/2011	10:18:32 a.m.	Nandayure	Bejuco	CR-5272	10.010,00	0,0	2	NO
15/11/2011	06:40:51 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.760,00	0,0	1	NO
15/11/2011	06:45:39 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	31.260,00	0,0	2	NO
11/11/2011	10:12:37 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	38.090,00	0,0	2	NO
11/11/2011	10:29:55 a.m.	Nandayure	Santa Rita	Palmar-18	26.730,00	0,0	2	NO
11/11/2011	12:15:48 p.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	30.910,00	0,0	1	NO
11/11/2011	01:49:12 p.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	32.690,00	0,0	2	NO
11/11/2011	03:13:09 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	31.210,00	0,0	2	NO
15/11/2011	08:08:23 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	32.830,00	0,0	1	NO
12/11/2011	06:25:17 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	28.180,00	0,0	1	NO
12/11/2011	06:28:24 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	31.700,00	0,0	1	NO
12/11/2011	08:58:23 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	35.020,00	0,0	3	NO
12/11/2011	09:31:23 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.790,00	0,0	4	NO
12/11/2011	11:28:50 a.m.	Lepanto	Central	Palmar-18	35.960,00	0,0	3	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.

Continúa...

Tabla A.2 (Continuación). Registro de recibo del grano del silo 1.

Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado calidad	Infestado
13/11/2011	06:13:26 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	32.000,00	0,0	2	NO
13/11/2011	06:18:36 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.860,00	0,0	2	NO
13/11/2011	08:47:03 a.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	35.820,00	0,0	1	NO
13/11/2011	09:49:51 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	29.060,00	0,0	1	NO
13/11/2011	10:55:51 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	29.680,00	0,0	1	NO
13/11/2011	12:14:11 p.m.	Nandayure	San Pablo	Palmar-18	22.320,00	0,0	1	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.

Tabla A.3. Registro de recibo del grano del silo 5.

Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado calidad	Infestado
21/04/2012	09:12:51 a.m.	Cañas	Cañas	F-50	27.760,00	0,0	2	NO
21/04/2012	10:59:29 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	39.830,00	0,0	1	NO
21/04/2012	11:59:08 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	35.270,00	0,0	1	NO
21/04/2012	01:19:15 p.m.	Bagaces	La Soga	INTA-PUITA	29.870,00	0,0	1	NO
23/04/2012	06:52:26 a.m.	Bagaces	La Soga	INTA-PUITA	36.660,00	0,0	1	NO
23/04/2012	07:00:14 a.m.	Bagaces	La Soga	INTA-PUITA	35.550,00	0,0	1	NO
23/04/2012	11:21:09 a.m.	Bagaces	La Soga	INTA-PUITA	31.130,00	0,0	1	NO
23/04/2012	01:23:42 p.m.	Bagaces	Bagaces	INOV	12.760,00	0,0	3	NO
24/04/2012	07:05:31 a.m.	Cañas	Cañas	F-50	27.970,00	0,0	2	NO
24/04/2012	07:12:19 a.m.	Cañas	Cañas	F-50	28.610,00	0,0	2	NO
24/04/2012	09:36:30 a.m.	Bagaces	La Soga	INTA-PUITA	29.910,00	0,0	1	NO
24/04/2012	10:42:35 a.m.	Cañas	Cañas	F-50	22.290,00	0,0	2	NO
25/04/2012	06:24:16 a.m.	Cañas	Cañas	F-50	30.210,00	0,0	5	NO
26/04/2012	07:24:16 a.m.	Cañas	Cañas	F-50	27.320,00	0,0	5	NO
27/04/2012	06:07:55 a.m.	Bagaces	Bagaces	F-50	29.080,00	0,0	2	NO
27/04/2012	10:36:01 a.m.	Bagaces	Bagaces	INOV	17.760,00	0,0	4	NO
27/04/2012	11:32:39 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	31.260,00	0,0	1	NO
27/04/2012	01:37:18 p.m.	Bagaces	Bagaces	INOV	14.120,00	0,0	3	NO
28/04/2012	06:30:06 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	31.560,00	0,0	1	NO
28/04/2012	06:35:08 a.m.	Bagaces	Bagaces	F-50	25.960,00	0,0	5	NO
29/04/2012	06:15:03 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	32.590,00	0,0	1	NO
29/04/2012	06:20:22 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	35.420,00	0,0	1	NO
29/04/2012	07:44:47 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	37.950,00	0,0	1	NO
29/04/2012	09:06:00 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	34.390,00	0,0	1	NO
29/04/2012	10:50:13 a.m.	Bagaces	Bagaces	F-50	24.800,00	0,0	3	NO
29/04/2012	11:53:47 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	30.980,00	0,0	1	NO
29/04/2012	12:54:52 p.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	27.820,00	0,0	1	NO
29/04/2012	02:16:50 p.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	32.570,00	0,0	1	NO
29/04/2012	06:09:06 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	35.920,00	0,0	2	NO
30/04/2012	06:09:06 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.490,00	0,0	1	NO
30/04/2012	06:22:29 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	37.150,00	0,0	1	NO
30/04/2012	08:20:31 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	33.010,00	0,0	1	NO
30/04/2012	09:18:15 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	37.100,00	0,0	2	NO
30/04/2012	10:30:47 a.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	33.280,00	0,0	2	NO
30/04/2012	12:12:26 p.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	38.420,00	0,0	1	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.



Continúa...

Tabla A.3 (Continuación). Registro de recibo del grano del silo 5.


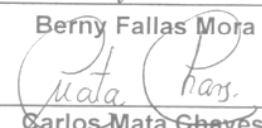
Fecha	Hora	Cantón	Distrito	Variedad	Peso (Kg)	Grano Manchado (%)	Grado calidad	Infestado
30/04/2012	01:51:44 p.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	32.710,00	0,0	1	NO
30/04/2012	03:02:22 p.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	17.220,00	0,0	1	NO
01/05/2012	06:23:58 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	31.010,00	0,0	2	NO
01/05/2012	06:30:18 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	36.940,00	0,0	2	NO
01/05/2012	07:55:25 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	39.260,00	0,0	1	NO
01/05/2012	09:08:30 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	18.620,00	0,0	1	NO
01/05/2012	10:44:10 a.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	30.490,00	0,0	1	NO
01/05/2012	11:06:13 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	30.850,00	0,0	1	NO
02/05/2012	06:23:31 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	33.470,00	0,0	1	NO
02/05/2012	06:56:19 a.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	36.410,00	0,0	1	NO
02/05/2012	08:11:00 a.m.	Bagaces	La Soga	Palmar-18	31.300,00	0,0	2	NO
02/05/2012	09:18:29 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	31.300,00	0,0	1	NO
02/05/2012	10:54:48 a.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	13.940,00	0,0	2	NO
02/05/2012	11:27:22 a.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	18.020,00	0,0	2	NO
03/05/2012	08:04:59 a.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	31.520,00	0,0	1	NO
03/05/2012	08:10:36 a.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	16.810,00	0,0	1	NO
03/05/2012	09:41:46 a.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	34.980,00	0,0	1	NO
03/05/2012	10:12:58 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	36.760,00	0,0	1	NO
03/05/2012	11:12:44 a.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	34.710,00	0,0	2	NO
03/05/2012	01:15:22 p.m.	Puntarenas	Chomes	Palmar-18	35.510,00	0,0	1	NO
03/05/2012	01:58:50 p.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	25.730,00	0,0	2	NO
03/05/2012	01:58:50 p.m.	Cañas	Cañas	Palmar-18	25.730,00	0,0	2	NO
03/05/2012	03:28:25 p.m.	Bagaces	Bagaces	INTA-PUITA	29.110,00	0,0	1	NO

Fuente: Suministrado por DEMASA.

II. Certificado de calibración de Motomco 919.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DAR-CC-HDA-1111-02			
INFORMACION SOBRE EL EQUIPO			
CODIGO: AAC-MOA-04			
DESCRIPCION: Motomco 919			
RANGO DE MEDICION: 8.59 a 25.01			
DIVISION DE ESCALA: 0.5			
UNIDAD DE MEDIDA: % de humedad			
FECHA DE VERIFICACION:			24-nov-11
INFORMACION SOBRE EL PATRON			
PATRON CODIGO: AAC-BAE-11 y AAC-TCU-01			
LOCALIZACION: Laboratorio DEMASA, Arroz			
CERTIFICADO DE CAL.: DAR-CAACBAE11-04 y DAR-CAACTCU01-04			
TRAZABILIDAD: Trazables a NIST mediante código 822/268214-03 y A5706028-3, A5819038, A5815063, 1000189003			
HUMEDAD MEDIDA AL HORNO	HUMEDAD DETERMINADA EN EL INSTRUMENTO	CORRECCION	INCERTIDUMBRE* TOTAL COMBINADA
21.8%	20.2 %	1.5%	0.1 %
13.8%	13.5 %	0.4%	0.1 %
*Expresada con K=2			
Observaciones:			
Calibración realizada con granza nacional de las variedades Palmar 18 y CR-5272 procedente de Guanacaste.			
Realizado por:		 Benny Fallas Mora	
Revisado por:		 Carlos Mata Chaves	

Fuente: Suministrado por DEMASA.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DAR-CC-HDA-0412-1			
INFORMACION SOBRE EL EQUIPO			
<i>CODIGO:</i> AAC-MOA-04			
<i>DESCRIPCION:</i> Motomco 919			
<i>RANGO DE MEDICION:</i> 8.59 a 25.01			
<i>DIVISION DE ESCALA:</i> 0.5			
<i>UNIDAD DE MEDIDA:</i> % de humedad			
<i>FECHA DE VERIFICACION:</i>			26-abr-12
INFORMACION SOBRE EL PATRON			
<i>PATRON CODIGO:</i>		AAC-BAE-11 y AAC-TCU-01	
<i>LOCALIZACION:</i>		Laboratorio DEMASA, Arroz	
<i>CERTIFICADO DE CAL.:</i>		DAR-CAACBAE11-04 y DAR-CAACTCU01-04	
<i>TRAZABILIDAD:</i>		Trazables a NIST mediante código 822/268214-03 y A5706028-3, A5819038, A5815063, 1000189003	
HUMEDAD MEDIDA AL HORNO	HUMEDAD DETERMINADA EN EL INSTRUMENTO	CORRECCION	INCERTIDUMBRE* TOTAL COMBINADA
18.6%	18.1 %	0.4%	0.1 %
12.8%	12.3 %	0.4%	0.1 %
*Expresada con K=2			
Observaciones:			
Calibración realizada con granza nacional de la variedad INTA PUITA procedente de Guanacaste.			
Realizado por:		 Berny Fallas Mota	
Revisado por:		 Carlos Mata Chaves	

Fuente: Suministrado por DEMASA.

III. Promedio diario de temperatura de los silos.

Tabla A.4. Promedio de temperatura intergranular en los silos.

Día	Silo 1			Silo 7				Silo 5		
	MC			EA				Testigo		
	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Ajuste de la máquina (°C-°C)	Fecha	Temperatura (°C)	CV
0	22/11/2011	32	8,27	*30/11/2011	30	8,53	20-22	02/05/2012	33	5,10
1	23/11/2011	32	8,25	*01/12/2011	30	8,95	20-22	03/05/2012	33	4,96
2	24/11/2011	33	8,43	*02/12/2011	29	9,23	20-22	04/05/2012	33	4,79
3	25/11/2011	33	8,54	*03/12/2011	29	8,79	20-22	05/05/2012	33	4,67
4	26/11/2011	33	8,67	*04/12/2011	29	8,15	20-22	06/05/2012	34	4,69
5	27/11/2011	33	9,18	*05/12/2011	29	7,31	20-22	07/05/2012	33	4,69
6	28/11/2011	33	9,02	*06/12/2011	28	4,26	15-17	08/05/2012	34	4,83
7	29/11/2011	33	9,11	*07/12/2011	27	5,79	15-17	09/05/2012	34	5,01
8	30/11/2011	33	9,17	*08/12/2011	25	7,74	15-17	10/05/2012	34	5,38
9	01/12/2011	33	9,38	*09/12/2011	25	7,83	15-17	11/05/2012	34	5,37
10	02/12/2011	33	9,77	*10/12/2011	25	-	15-17	12/05/2012	34	-
11	03/12/2011	33	10,09	*11/12/2011	24	-	15-17	13/05/2012	34	-
12	04/12/2011	33	10,20	*12/12/2011	24	3,46	15-17	14/05/2012	34	5,82
13	05/12/2011	34	10,40	*13/12/2011	23	3,72	15-17	15/05/2012	34	5,96
14	06/12/2011	34	10,68	*14/12/2011	23	-	15-17	16/05/2012	34	6,09
15	07/12/2011	34	10,81	*15/12/2011	23	3,89	12-15	17/05/2012	35	6,21
16	08/12/2011	34	11,36	*16/12/2011	23	5,88	12-15	18/05/2012	35	6,38
17	09/12/2011	34	11,59	*17/12/2011	23	6,42	12-15	19/05/2012	35	6,30
18	10/12/2011	34	-	*18/12/2011	23	-	12-15	20/05/2012	35	6,27
19	11/12/2011	34	-	*19/12/2011	22	6,64	12-15	21/05/2012	35	6,35
20	12/12/2011	34	11,16	*20/12/2011	22	5,95	12-15	22/05/2012	35	6,29
21	13/12/2011	35	11,64	*21/12/2011	22	5,48	12-15	23/05/2012	35	6,24
22	14/12/2011	35	-	*22/12/2011	21	4,73	12-15	24/05/2012	35	6,04
23	*15/12/2011	35	11,17	*23/12/2011	22	4,68	12-15	25/05/2012	36	5,90
24	*16/12/2011	35	11,40	24/12/2011	22	5,52		26/05/2012	36	5,77

Nota: Se señala con un asterisco en las respectivas columnas, las fechas en que se realizaron aireación en el caso del silo 1 y la aplicación de aire frío en el caso del silo 7.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.4 (Continuación). Promedio de temperatura intergranular en los silos.

Día	Silo 1			Silo 7				Silo 5		
	MC			EA				Testigo		
	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Ajuste de la máquina (°C-°C)	Fecha	Temperatura (°C)	CV
25	17/12/2011	35	11,08	25/12/2011	22	6,82		27/05/2012	36	5,75
26	18/12/2011	35	-	26/12/2011	22	7,76		28/05/2012	36	5,63
27	*19/12/2011	36	11,18	27/12/2011	22	8,52		29/05/2012	36	5,42
28	*20/12/2011	36	10,18	28/12/2011	22	8,49		30/05/2012	36	5,39
29	*21/12/2011	36	9,85	29/12/2011	22	9,00		31/05/2012	36	5,32
30	*22/12/2011	36	9,49	30/12/2011	23	9,51		01/06/2012	36	5,31
31	*23/12/2011	36	9,39	31/12/2011	23	10,72		02/06/2012	37	-
32	*24/12/2011	35	8,47	01/01/2012	23	-		03/06/2012	37	-
33	25/12/2011	35	8,10	02/01/2012	23	12,65		04/06/2012	37	5,03
34	*26/12/2011	35	8,00	03/01/2012	23	13,03		05/06/2012	37	5,02
35	*27/12/2011	36	7,51	04/01/2012	23	13,39		06/06/2012	37	5,04
36	*28/12/2011	35	6,87	05/01/2012	23	13,45		07/06/2012	38	4,77
37	*29/12/2011	35	6,22	06/01/2012	23	13,83		08/06/2012	38	4,71
38	*30/12/2011	34	5,88	07/01/2012	23	-		09/06/2012	38	-
39	31/12/2011	34	5,35	08/01/2012	23	-		10/06/2012	38	-
40	01/01/2012	34	-	09/01/2012	23	-		11/06/2012	38	3,92
41	*02/01/2012	35	5,21	10/01/2012	23	14,54		12/06/2012	39	3,73
42	*03/01/2012	35	4,19	11/01/2012	24	14,97		13/06/2012	39	3,71
43	*04/01/2012	35	4,26	12/01/2012	24	15,10		14/06/2012	39	3,51
44	*05/01/2012	35	4,61	13/01/2012	24	15,30		15/06/2012	39	3,43
45	*06/01/2012	34	5,02	14/01/2012	24	15,75		16/06/2012	40	3,38
46	*07/01/2012	34	-	15/01/2012	24	16,22		17/06/2012	40	3,44
47	08/01/2012	34	-	16/01/2012	24	16,44		18/06/2012	40	3,35
48	09/01/2012	34	-	17/01/2012	24	17,11				
49	*10/01/2012	33	6,33	18/01/2012	24	17,10				
50	*11/01/2012	33	5,95	19/01/2012	24	17,28				
51	*12/01/2012	32	4,73	20/01/2012	25	17,55				
52	*13/01/2012	32	4,15	21/01/2012	25	17,84				

Nota: Se señala con un asterisco en las respectivas columnas, las fechas en que se realizaron aireación en el caso del silo 1 y la aplicación de aire frío en el caso del silo 7.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.4 (Continuación). Promedio de temperatura intergranular en los silos.

Día	Silo 1			Silo 7				Silo 5		
	MC			EA				Testigo		
	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Ajuste de la máquina (°C-°C)	Fecha	Temperatura (°C)	CV
53	*14/01/2012	32	3,84	22/01/2012	25	17,97				
54	15/01/2012	32	3,41	23/01/2012	25	18,14				
55	*16/01/2012	32	3,41	24/01/2012	25	18,28				
56	*17/01/2012	32	4,26	25/01/2012	25	18,34				
57	18/01/2012	32	4,32	26/01/2012	25	18,26				
58	19/01/2012	33	4,47	27/01/2012	26	16,73				
59	20/01/2012	33	4,53	28/01/2012	26	15,83				
60	21/01/2012	33	4,54	29/01/2012	27	-				
61	22/01/2012	34	4,75	30/01/2012	28	7,49				
62	23/01/2012	34	5,10	31/01/2012	28	4,35				
63	24/01/2012	34	5,51	01/02/2012	28	3,56				
64	25/01/2012	35	5,70	02/02/2012	27	3,87				
65	26/01/2012	35	5,99	03/02/2012	27	4,60				
66	27/01/2012	36	6,22	04/02/2012	27	5,09				
67	28/01/2012	36	7,00	05/02/2012	27	5,38				
68	29/01/2012	36	-	06/02/2012	27	5,61				
69	30/01/2012	36	6,31	07/02/2012	28	5,97				
70	*31/01/2012	37	6,83	08/02/2012	28	6,70				
71	*01/02/2012	36	9,58	09/02/2012	28	7,37				
72	*02/02/2012	35	10,54	10/02/2012	28	8,00				
73	*03/02/2012	34	10,18	11/02/2012	29	8,51				
74	*04/02/2012	33	7,47	12/02/2012	29	9,12				
75	05/02/2012	32	5,17	13/02/2012	29	10,61				
76	*06/02/2012	32	4,98	14/02/2012	29	10,28				
77	*07/02/2012	32	3,97	15/02/2012	29	11,05				
78	*08/02/2012	32	3,78	*16/02/2012	30	11,96	17-19			
79	*09/02/2012	32	4,02	*17/02/2012	29	11,70	17-19			
80	10/02/2012	32	4,19	*18/02/2012	28	12,18	17-19			

Nota: Se señala con un asterisco en las respectivas columnas, las fechas en que se realizaron aireación en el caso del silo 1 y la aplicación de aire frío en el caso del silo 7.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.4 (Continuación). Promedio de temperatura intergranular en los silos.

Día	Silo 1			Silo 7				Silo 5		
	MC			EA				Testigo		
	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Ajuste de la máquina (°C-°C)	Fecha	Temperatura (°C)	CV
81	11/02/2012	33	4,35	*19/02/2012	27	12,68	17-19			
82	12/02/2012	34	4,72	*20/02/2012	26	12,72	17-19			
83	13/02/2012	34	5,03	*21/02/2012	25	11,07	17-19			
84	*14/02/2012	35	5,18	*22/02/2012	25	9,62	17-19			
85	*15/02/2012	35	7,03	*23/02/2012	24	6,41	17-19			
86	*16/02/2012	35	8,62	*24/02/2012	24	5,67	17-19			
87	*17/02/2012	34	8,11	*25/02/2012	24	5,80	17-19			
88	*18/02/2012	33	6,57	*26/02/2012	24	6,63	17-19			
89	19/02/2012	33	4,59	*27/02/2012	24	7,41	17-19			
90	*20/02/2012	33	5,30	*28/02/2012	24	7,90	17-19			
91	*21/02/2012	34	6,35	*29/02/2012	24	8,43	17-19			
92	*22/02/2012	34	7,18	*01/03/2012	24	8,81	17-19			
93	*23/02/2012	34	7,49	*02/03/2012	24	8,96	17-19			
94	*24/02/2012	34	7,83	*03/03/2012	23	9,03	17-19			
95	*25/02/2012	34	6,57	*04/03/2012	23	10,20	17-19			
96	26/02/2012	35	6,60	*05/03/2012	23	10,94	17-19			
97	*27/02/2012	35	7,53	*06/03/2012	23	10,30	17-19			
98	*28/02/2012	35	10,20	07/03/2012	23	11,27				
99	*29/02/2012	35	9,53	08/03/2012	23	12,27				
100	*01/03/2012	35	9,30	09/03/2012	23	13,25				
101	*02/03/2012	35	8,65	10/03/2012	24	14,50				
102	*03/03/2012	35	7,61	11/03/2012	24	15,59				
103	04/03/2012	36	7,48	12/03/2012	24	16,56				
104	*05/03/2012	38	7,50	13/03/2012	25	17,68				
105	*06/03/2012	38	8,77	14/03/2012	25	18,47				
106	*07/03/2012	38	9,47	15/03/2012	26	19,35				
107	*08/03/2012	38	9,43	16/03/2012	26	19,88				
108	*09/03/2012	37	9,98	17/03/2012	26	20,29				

Nota: Se señala con un asterisco en las respectivas columnas, las fechas en que se realizaron aireación en el caso del silo 1 y la aplicación de aire frío en el caso del silo 7.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.4 (Continuación). Promedio de temperatura intergranular en los silos.

Día	Silo 1			Silo 7				Silo 5		
	MC			EA				Testigo		
	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Fecha	Temperatura (°C)	CV	Ajuste de la máquina (°C-°C)	Fecha	Temperatura (°C)	CV
109	*10/03/2012	36	9,58	18/03/2012	27	20,83				
110	11/03/2012	37	8,61	19/03/2012	27	21,13				
111	12/03/2012	38	7,72	20/03/2012	28	21,12				
112	13/03/2012	38	8,40	21/03/2012	28	21,44				
113	14/03/2012	38	8,87	22/03/2012	29	21,34				
114	15/03/2012	38	8,33	23/03/2012	29	21,12				
115	16/03/2012	38	7,98	24/03/2012	30	21,11				
116	17/03/2012	37	7,57	25/03/2012	30	-				
117	18/03/2012	37	6,47	26/03/2012	31	20,52				
118	19/03/2012	38	5,52	27/03/2012	31	20,24				
119	20/03/2012	38	7,95	28/03/2012	31	19,83				
120	21/03/2012	38	7,94	29/03/2012	32	19,77				
121	22/03/2012	38	8,70	30/03/2012	32	17,63				
122	23/03/2012	37	8,08							
123	24/03/2012	37	7,02							
124	25/03/2012	38	-							
125	26/03/2012	38	4,98							
126	27/03/2012	38	7,27							
127	28/03/2012	38	7,27							
128	29/03/2012	38	7,18							
129	30/03/2012	38	5,82							

Nota: Se señala con un asterisco en las respectivas columnas, las fechas en que se realizaron aireación en el caso del silo 1 y la aplicación de aire frío en el caso del silo 7.

Fuente: Elaboración propia.

IV. Control de aireación del sistema MC.

Tabla A.5. Registro horario de la primera etapa de aireación del silo 1.

Inicio		Final		Horas de operación	Ambiente	
Fecha	Hora	Fecha	Hora		Temperatura Promedio	Humedad relativa promedio
15/12/2011	10:00 p.m.	16/12/2011	01:00 a.m.	3	25,6	89,5
19/12/2011	10:00 p.m.	20/12/2011	01:00 a.m.	3	24,6	89,8
20/12/2011	10:00 p.m.	21/12/2011	01:00 a.m.	3	25,2	92,5
21/12/2011	10:00 p.m.	22/12/2011	01:00 a.m.	3	26,6	86,8
22/12/2011	10:00 p.m.	23/12/2011	01:00 a.m.	3	25,2	96,0
23/12/2011	10:00 p.m.	24/12/2011	01:00 a.m.	3	25,6	89,5
26/12/2011	10:00 p.m.	27/12/2011	01:00 a.m.	3	25,2	88,3
27/12/2011	10:00 p.m.	28/12/2011	01:00 a.m.	3	25,1	89,8
28/12/2011	10:00 p.m.	29/12/2011	01:00 a.m.	3	25,6	85,5
29/12/2011	10:00 p.m.	30/12/2011	01:00 a.m.	3	26,4	88,8
30/12/2011	08:00 p.m.	30/12/2011	10:00 p.m.	2	23,3	93,3
02/01/2012	10:00 p.m.	03/01/2012	01:00 a.m.	3	23,3	90,8
03/01/2012	10:00 p.m.	04/01/2012	01:00 a.m.	3	25,8	86,0
04/01/2012	10:00 p.m.	05/01/2012	01:00 a.m.	3	26,2	88,0
05/01/2012	10:00 p.m.	06/01/2012	01:00 a.m.	3	25,6	83,0
06/01/2012	10:00 p.m.	07/01/2012	01:00 a.m.	3	25,4	83,5
10/01/2012	10:00 p.m.	11/01/2012	02:00 a.m.	4	26,2	86,2
12/01/2012	12:00 a.m.	12/01/2012	05:00 a.m.	5	28,5	81,2
12/01/2012	08:00 p.m.	13/01/2012	12:00 a.m.	4	24,8	87,8
13/01/2012	10:00 p.m.	14/01/2012	12:00 a.m.	2	25,9	86,7
14/01/2012	10:00 p.m.	15/01/2012	12:00 a.m.	2	24,9	87,3
16/01/2012	10:00 p.m.	17/01/2012	12:00 a.m.	2	-	-
			Promedio	-	25,5	88,1
			CV		4,19	3,84
			Total	66		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.6. Registro horario de la segunda etapa de aireación del silo 1.

Inicio		Final		Horas de operación	Ambiente	
Fecha	Hora	Fecha	Hora		Temperatura Promedio	Humedad relativa promedio
31/01/2012	10:00 p.m.	01/02/2012	08:00 a.m.	10	23,3	90,9
01/02/2012	10:00 p.m.	02/02/2012	08:00 a.m.	10	23,3	90,1
02/02/2012	10:00 p.m.	03/02/2012	08:00 a.m.	10	24,0	89,5
03/02/2012	10:00 p.m.	04/02/2012	08:00 a.m.	10	24,5	91,6
04/02/2012	10:00 p.m.	05/02/2012	08:00 a.m.	10	24,5	94,8
06/02/2012	10:00 p.m.	07/02/2012	08:00 a.m.	10	23,9	93,8
07/02/2012	10:00 p.m.	08/02/2012	08:00 a.m.	10	24,7	89,6
08/02/2012	10:00 p.m.	09/02/2012	08:00 a.m.	10	24,4	94,1
09/02/2012	10:00 p.m.	10/02/2012	08:00 a.m.	10	23,6	88,6
			Promedio	-	24,0	91,5
			CV		2,07	2,34
			Total	90		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.7. Registro horario de la tercera etapa de aireación del silo 1.

Inicio		Final		Horas de operación	Ambiente	
Fecha	Hora	Fecha	Hora		Temperatura Promedio	Humedad relativa promedio
14/02/2012	10:00 p.m.	15/02/2012	08:00 a.m.	10	23,6	86,7
15/02/2012	10:00 p.m.	16/02/2012	08:00 a.m.	10	23,6	86,5
16/02/2012	10:00 p.m.	17/02/2012	08:00 a.m.	10	23,9	89,6
17/02/2012	10:00 p.m.	18/02/2012	08:00 a.m.	10	24,5	87,6
18/02/2012	10:00 p.m.	19/02/2012	08:00 a.m.	10	24,7	89,6
20/02/2012	10:00 p.m.	21/02/2012	08:00 a.m.	10	24,1	84,6
21/02/2012	10:00 p.m.	22/02/2012	08:00 a.m.	10	24,3	88,8
22/02/2012	10:00 p.m.	23/02/2012	08:00 a.m.	10	24,1	84,5
23/02/2012	10:00 p.m.	24/02/2012	08:00 a.m.	10	24,4	83,4
24/02/2012	10:00 p.m.	25/02/2012	08:00 a.m.	10	25,1	88,5
25/02/2012	10:00 p.m.	26/02/2012	08:00 a.m.	10	24,5	90,7
27/02/2012	10:00 p.m.	28/02/2012	08:00 a.m.	10	24,1	80,7
28/02/2012	10:00 p.m.	29/02/2012	08:00 a.m.	10	23,9	86,3
29/02/2012	10:00 p.m.	01/03/2012	08:00 a.m.	10	23,7	84,4
01/03/2012	10:00 p.m.	02/03/2012	08:00 a.m.	10	24,4	84,6
02/03/2012	10:00 p.m.	03/03/2012	08:00 a.m.	10	25,4	86,1
03/03/2012	10:00 p.m.	04/03/2012	08:00 a.m.	10	25,6	87,4
05/03/2012	10:00 p.m.	06/03/2012	08:00 a.m.	10	24,7	88,1
06/03/2012	10:00 p.m.	07/03/2012	08:00 a.m.	10	24,6	89,8
07/03/2012	10:00 p.m.	08/03/2012	08:00 a.m.	10	24,8	89,2
08/03/2012	10:00 p.m.	09/03/2012	08:00 a.m.	10	24,4	83,9
09/03/2012	10:00 p.m.	10/03/2012	08:00 a.m.	10	23,9	85,9
10/03/2012	10:00 p.m.	11/03/2012	08:00 a.m.	10	24,8	86,1
			Promedio	-	24,4	86,7
			CV		2,16	2,80
			Total	230		

Fuente: Elaboración propia.

V. Información técnica del abanico del sistema MC.

FAN AIRFLOW RATINGS

VANE AXIAL FANS - 3450 RPM

Model	H.P.	Fan Dia.	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
AF-12	1	12"	2,200	1,450	700	300			
AF-14	1	14"	3,500	2,500	1,350	820			
AF-1.5	1.5	18"	5,500	4,330	2,750	1,500			
AF-3	3	18"	6,900	6,210	4,830	3,150	1,870		
AF-5	5	24"	13,075	12,025	10,750	8,850	6,430		
AF-7	7	24"	14,000	12,800	11,500	10,000	7,400	4,800	
AF-10	10	24"	15,300	13,810	12,240	10,540	7,580	3,950	
AF-15B	15	28"	21,500	19,800	18,000	16,000	13,600	10,700	7,000

GSI fans are engineered for the highest level of performance, durability, and energy efficiency. Each fan is factory tested for optimal operation.
Charts: cfm @ static pressure in inches.

INLINE CENTRIFUGAL FANS - 3450 RPM

Model	H.P.	Wheel Dia.	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
ILC-1.5	1.5	18"	2,850	2,450	2,300	2,100	1,850	1,500						
ILC-318	3	18"	4,550	4,300	4,000	3,750	3,500	3,100	2,700					
ILC-324	3	24"	5,000	4,725	4,450	4,200	3,950	3,600	3,200	2,900				
ILC-7	7	24"	5,400	5,150	4,900	4,650	4,400	4,100	3,800	3,400				
ILC-10	10	28"	6,150	5,950	5,800	5,600	5,450	5,250	5,050	4,850	4,650	4,400	4,200	3,900
ILC-15	15	28"	7,950	7,700	7,500	7,250	7,000	6,800	6,500	6,250	6,000	5,700	5,400	

3500 RPM CENTRIFUGAL FANS

Model	H.P.	Wheel Dia.	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0
CHS-3	3	15"	3,350	2,900	2,450	2,150	1,750	950						
CHS-5	5	15"	4,900	4,450	4,000	3,500	2,900	1,500						
CHS-7.5	7.5	18"	5,000	4,700	4,500	4,200	3,900	3,700	3,250	2,300				
CHS-10	10	18"	7,250	6,900	6,300	5,800	5,450	4,900	4,300	3,000				
CHS-15	15	18"	10,100	9,500	9,000	8,400	7,900	7,400	6,600	4,600				
CHS-20	20	22"	10,900	10,400	9,850	9,350	8,800	8,100	7,550	6,800	6,500	5,900	4,000	
CHS-30	30	22"	14,500	13,750	13,100	12,350	11,500	10,900	10,400	9,800	9,100	8,300	6,000	
CHS-40	40	22"	19,000	18,400	17,750	17,125	16,500	15,750	15,000	14,125	13,125	12,000	9,000	
CHS-50	50	24"	22,600	21,100	20,500	19,750	19,000	18,400	17,600	16,800	16,000	15,000	13,500	11,500

1750 RPM CENTRIFUGAL FANS

Model	H.P.	Wheel Dia.	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
CF-3	3	24"	6,000	5,500	5,000	4,500	4,000	2,500						
CF-5	5	24"	9,500	8,950	7,750	6,750	6,100	5,350						
CF-7.5	7.5	24"	12,200	11,600	10,800	10,000	9,100	8,000						
CF-10	10	27"	16,050	15,000	14,150	13,300	12,400	11,350	10,000	7,800	3,400			
CF-20	20	30"	23,700	22,850	21,850	20,600	19,550	18,600	17,200	15,850	14,600			
CF-30	30	33"	28,100	26,900	25,600	24,600	23,600	22,500	21,000	20,100	19,700	17,800	16,000	11,500
CF-40	40	33"	32,750	31,750	30,750	29,750	28,750	27,750	26,750	25,750	24,250	22,750	20,250	15,000
CF-50	50	33"	36,680	35,560	34,440	33,320	32,200	31,080	29,960	28,840	27,160	25,480	22,680	16,800
CF-40*	40	33"	47,400	45,700	43,700	41,200	39,100	37,200	34,400	31,700	29,200			
CF-50*	50	33"	48,000	47,500	45,500	43,500	42,000	40,000	38,000	35,500	32,000	28,000		

* = double Inlet Fan

HEATER BTU

VANE AXIAL HEATER BTU RATINGS

Model	Heater Dia.	Fuel	BTU Ranges
VHS-18 LP	18"	Liquid Propane	50,000 to 1,400,000
VHS-18 V*	18"	Propane Vapor	50,000 to 1,400,000
VHS-18 N*	18"	Natural Gas	50,000 to 1,400,000
VHS-24 LP*	24"	Liquid Propane	100,000 to 2,100,000
VHS-24 V*	24"	Propane Vapor	100,000 to 2,100,000
VHS-24 N*	24"	Natural Gas	100,000 to 2,100,000
VHS-24 LP*	26"	Liquid Propane	100,000 to 2,700,000
VHS-26 V*	26"	Propane Vapor	100,000 to 2,700,000
VHS-26 N*	26"	Natural Gas	100,000 to 2,700,000
VHS-28 LP*	28"	Liquid Propane	100,000 to 3,000,000
VHS-28 V*	28"	Propane Vapor	100,000 to 3,000,000
VHS-28 N*	28"	Natural Gas	100,000 to 3,000,000



High Low Fire "H" or Modulating Valve "M" can be added.
May be used Upstream on Centrifugal Fans.
* = Deluxe model available.

CHI-TOWN UPSTREAM HEATER BTU RATINGS

Model	Matching Fan HP	Fuel	BTU Ranges
CRH-26VN	5-40 hp	Propane Vapor	500,000 to 1,100,000
CRH-26VN	5-40 hp	Natural Gas	500,000 to 1,100,000

CENTRIFUGAL DOWNSTREAM HEATER BTU RATINGS

Model	Matching Fan HP	Fuel	BTU Ranges
CHD-15-LP	10-15 hp	Liquid Propane	800,000 to 2,300,000
CHD-15-V	10-15 hp	Propane Vapor	800,000 to 2,300,000
CHD-15-N	10-15 hp	Natural Gas	800,000 to 2,300,000
CHD-30-LP	20-30 hp	Liquid Propane	1,200,000 to 3,300,000
CHD-30-V	20-30 hp	Propane Vapor	1,200,000 to 3,300,000
CHD-30-N	20-30 hp	Natural Gas	1,200,000 to 3,300,000
CHD-40-LP	40-50 hp	Liquid Propane	1,500,000 to 4,200,000
CHD-40-V	40-50 hp	Propane Vapor	1,500,000 to 4,200,000
CHD-40-N	40-50 hp	Natural Gas	1,500,000 to 4,200,000





GS-042

www.gsiag.com

1004 East Illinois Street | Assumption, IL 62510 USA
 Ph: 217-226-4421 | Int'l Tel: 1-217-226-4401
 Fax: 800-800-5329 | Int'l Fax: 1-217-226-3404

TOTAL VALUE. TOTAL SYSTEMS.™
 GS-042 MAR/09 Copyright ©2009 by The GSI Group, LLC.
 Printed in the USA | Due to continual improvements, The GSI Group, LLC.
 reserves the right to change designs and specifications without notice.



Fuente: www.gsiag.com

VI. Control de aireación del sistema EA.

Tabla A.8. Registro horario de operación del equipo CONSERFRIO®.

Primer Ciclo							
Ajuste (°C-°C)		Inicio	Fin	Contador		Horas trabajadas	Horas no trabajadas
				Inicio	Fin		
20-22	Fecha	30/11/11	06/12/11	6275	6359	84	47
	Hora	8:00 p.m.	7:00 a.m.				
15-17	Fecha	06/12/11	15/12/11	6359	6515	156	67
	Hora	7:00 a.m.	2:00 p.m.				
12-15	Fecha	15/12/11	23/12/11	6515	6662	147	44
	Hora	2:00 p.m.	1:00 p.m.				
				Sub total		387	158
Segundo Ciclo							
17-19	Fecha	16/2/12	6/3/12	7173	7379	206	238
	Hora	8:00 p.m.	8:00 a.m.				
				Sub total		206	238
				TOTAL		593	396

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.9. Control de horas de paro del equipo CONSERFRIO®.

Ajuste (°C-°C)	Fecha	Horario	Horas
20-22	3/12/11	1:00 a.m. - 10:00 a.m.	9
		1:00 p.m. - 6:00 p.m.	5
		10:00 p.m. - 12:00 a.m.	2
	4/12/11	12:00 a.m. - 6 a.m.	6
		8:00 a.m. - 12:00 a.m.	16
	5/12/11	12:00 a.m. - 9:00 a.m.	9
	Sub Total		
15-17	9/12/11	2:00 a.m. - 6:00 a.m.	4
		5:00 p.m. - 10:00 p.m.	5
	10/12/11	12:00 p.m. - 12:00 a.m.	12
	11/12/11	2:00 p.m. - 12:00 a.m.	10
	12/12/11	12:00 a.m. - 6:00 a.m.	6
		10:30 a.m. - 10:00 p.m.	11,5
	13/12/11	12:00 a.m. - 1:30 p.m.	13,5
14/12/11	3:00 a.m. - 8:00 a.m.	5	
Sub Total			67

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.9 (Continuación). Control de horas de paro del equipo CONSERFRIO®.

Ajuste (°C-°C)	Fecha	Horario	Horas
12-15	15/12/11	7:00 p.m.-10:00 p.m.	3
	16/12/11	10:00 a.m.-11:00 a.m.	1
	17/12/11	4:00 p.m.-10:00 p.m.	6
	18/12/11	4:00 p.m.-12:00 a.m.	8
	19/12/11	12:00 a.m.-1:00 p.m.	13
	20/12/11	8:00 p.m.- 10:00 p.m.	2
	21/12/11	10:00 a.m.-11:00 a.m.	1
		6:00 p.m.-10:00 p.m.	4
	22/12/11	2:00 p.m.-4:00 p.m.	2
		7:00 p.m.-11:00 p.m.	4
	Total	44	
17-19	17/2/12	8:00 a.m.- 12:30 p.m.	4,5
		5:00 p.m.- 12:00 a.m.	7
	18/2/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.- 12:00 a.m.	7
	19/2/12	12:00 a.m.-12:00 a.m.	24
	20/2/12	12:00 a.m.-8:00 a.m.	8
		10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-10:00 p.m.	5
	21/2/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	22/2/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	23/2/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	24/2/12	8:00 a.m.-12:30 p.m.	4,5
		5:00 p.m.-10:00 p.m.	5
	25/2/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	26/2/12	12:00 a.m.-12:00 a.m.	24
	27/2/12	12:00 a.m.-12:30 p.m.	12,5
		5:00 p.m.-10:00 p.m.	5
	28/2/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	29/2/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	1/3/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	2/3/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
		5:00 p.m.-12:00 a.m.	7
	3/3/12	10:00 a.m.-12:30 p.m.	2,5
4:30 p.m.-12:00 a.m.		7,5	
4/3/12	12:00 a.m.-12:00 a.m.	24	
5/3/12	12:00 a.m.-8:00 a.m.	8	
	10:00 a.m.-1:30 p.m.	3,5	
	5:00 p.m.-10:00 p.m.	5	
	Total	238	

Fuente: Elaboración propia.

VII. Mediciones de caudal del enfriador industrial.

Tabla A.10. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo nocturno ajustada en 20°C-22°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	02:17 a.m.	Temp ambiente	24,6°C
Ajuste de máquina	20/22	RPM de abanico		3309	
Presión estática (cm H ₂ O)	4,7	Presión estática (Pa)		460,90	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	12,80	1,01	20,15	2,49
3	5,84	15,10	1,40	20,00	2,45
4	9,04	15,05	1,39	20,70	2,63
5	13,68	19,65	2,37	21,10	2,73
6	26,32	22,35	3,07	21,55	2,85
7	30,96	21,40	2,81	20,35	2,54
8	34,16	20,75	2,64	18,85	2,18
9	36,72	19,20	2,26	16,75	1,72
10	38,96	17,30	1,84	15,05	1,39
Sumatoria		163,6	18,78	174,5	20,99
V prom (m/s)		18,78	CV		14,33
Vp prom (cm)		2,21	Caudal (m ³ /h)		8493,07
Presión total (cm H ₂ O)		6,91	Presión total (Pa)		677,56

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.
Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.11. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo diurno ajustada en 20°C-22°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	12:15 p.m.	Temp ambiente	31,2°C
Ajuste de máquina	20/22	RPM de abanico		3312	
Presión estática (cm H₂O)	4,5	Presión estática (Pa)		441,28	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	14,10	1,22	15,10	1,40
3	5,84	14,60	1,31	17,00	1,77
4	9,04	15,70	1,51	17,85	1,96
5	13,68	18,55	2,11	20,20	2,50
6	26,32	19,40	2,31	20,60	2,60
7	30,96	21,40	2,81	19,30	2,29
8	34,16	20,80	2,65	19,15	2,25
9	36,72	20,50	2,58	18,95	2,20
10	38,96	16,30	1,63	14,00	1,20
Sumatoria		161,35	18,14	162,15	18,18
V prom (m/s)		17,97	CV		13,36
Vp prom (cm)		2,02	Caudal (m³/h)		8126,32
Presión total (cm H₂O)		6,52	Presión total (Pa)		639,11

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.

Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.12. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo nocturno ajustada en 17°C-19°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	02:56 a.m.	Temp ambiente	23,8°C
Ajuste de máquina	17/19	RPM de abanico		3309	
Presión estática (cm H₂O)	4,3	Presión estática (Pa)		421,67	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	13,10	1,05	19,10	2,24
3	5,84	14,55	1,30	19,65	2,37
4	9,04	14,90	1,36	20,10	2,48
5	13,68	17,80	1,94	22,00	2,97
6	26,32	22,25	3,04	23,45	3,37
7	30,96	21,75	2,90	22,85	3,20
8	34,16	22,20	3,02	21,40	2,81
9	36,72	21,25	2,77	20,20	2,50
10	38,96	17,50	1,88	16,25	1,62
Sumatoria		152,20	19,27	185,00	23,57
V prom (m/s)		18,73	CV		16,15
Vp prom (cm)		2,38	Caudal (m³/h)		8470,46
Presión total (cm H₂O)		6,68	Presión total (Pa)		655,08

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.
Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.13. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo diurno ajustada en 17°C-19°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	01:30 p.m.	Temp ambiente	30,0°C
Ajuste de máquina	17/19	RPM de abanico		3310	
Presión estática (cm H₂O)	4,5	Presión estática (Pa)		441,28	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	15,35	1,45	16,10	1,59
3	5,84	17,10	1,79	19,55	2,35
4	9,04	17,55	1,89	19,60	2,36
5	13,68	19,80	2,41	19,80	2,41
6	26,32	19,95	2,44	19,45	2,32
7	30,96	18,10	2,01	18,10	2,01
8	34,16	14,95	1,37	17,45	1,87
9	36,72	14,30	1,25	14,20	1,24
10	38,96	12,30	0,93	12,05	0,89
Sumatoria		149,40	15,54	156,30	17,03
V prom (m/s)		16,98	CV		14,95
Vp prom (cm)		1,81	Caudal (m³/h)		7679,18
Presión total (cm H₂O)		6,31	Presión total (Pa)		618,72

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.

Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.14. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo nocturno ajustada en 15°C-17°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	03:19 a.m.	Temp ambiente	23,6°C
Ajuste de máquina	15/17	RPM de abanico		3309	
Presión estática (cm H₂O)	4,3	Presión estática (Pa)		421,67	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	13,05	1,05	18,45	2,09
3	5,84	13,65	1,14	19,55	2,35
4	9,04	14,70	1,33	19,45	2,32
5	13,68	16,35	1,64	21,05	2,72
6	26,32	22,20	3,02	21,15	2,74
7	30,96	23,10	3,27	19,60	2,36
8	34,16	21,75	2,90	17,85	1,96
9	36,72	17,05	1,78	15,55	1,48
10	38,96	15,20	1,42	12,95	1,03
Sumatoria		157,05	17,56	165,60	19,04
V prom (m/s)		17,93	CV		17,71
Vp prom (cm)		2,03	Caudal (m³/h)		8104,97
Presión total (cm H₂O)		6,33	Presión total (Pa)		621,08

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.

Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.15. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo diurno ajustada en 15°C-17°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	01:51 p.m.	Temp ambiente	30,0°C
Ajuste de máquina	15/17	RPM de abanico		3312	
Presión estática (cm H₂O)	4,2	Presión estática (Pa)		411,86	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	16,00	1,57	17,35	1,85
3	5,84	16,55	1,68	19,10	2,24
4	9,04	17,95	1,98	20,75	2,64
5	13,68	19,50	2,33	20,45	2,57
6	26,32	20,10	2,48	19,85	2,42
7	30,96	18,80	2,17	18,05	2,00
8	34,16	16,75	1,72	17,15	1,80
9	36,72	16,25	1,62	15,65	1,50
10	38,96	12,35	0,94	12,00	0,88
Sumatoria		154,25	16,49	160,35	17,90
V prom (m/s)		17,48	CV		13,88
Vp prom (cm)		1,91	Caudal (m³/h)		7902,75
Presión total (cm H₂O)		6,11	Presión total (Pa)		599,22

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.

Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.16. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo nocturno ajustada en 12°C-15°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	03:50 a.m.	Temp ambiente	23,3°C
Ajuste de máquina	12/15	RPM de abanico		3308	
Presión estática (cm H₂O)	4,3	Presión estática (Pa)		421,67	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	13,85	1,18	19,05	2,23
3	5,84	14,15	1,23	19,00	2,22
4	9,04	16,50	1,67	19,15	2,25
5	13,68	19,55	2,35	20,05	2,47
6	26,32	21,10	2,73	20,45	2,57
7	30,96	20,00	2,45	19,85	2,42
8	34,16	18,15	2,02	19,25	2,27
9	36,72	18,70	2,15	15,80	1,53
10	38,96	16,25	1,62	12,70	0,99
Sumatoria		158,25	17,40	165,30	18,94
V prom (m/s)		17,98	CV		13,46
Vp prom (cm)		2,02	Caudal (m³/h)		8127,58
Presión total (cm H₂O)		6,32	Presión total (Pa)		619,62

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.

Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.17. Caudal y presión del equipo CONSERFRIO® en periodo diurno ajustada en 12°C-15°C.

Fecha	11/07/2012	Hora	02:25 p.m.	Temp ambiente	29,3°C
Ajuste de máquina	12/15	RPM de abanico		3310	
Presión estática (cm H₂O)	4,4	Presión estática (Pa)		431,48	
Punto	Profundidad teórica (cm)	Lectura vertical		Lectura Horizontal	
		V (m/s)	Vp (cm)	V (m/s)	Vp (cm)
1	1,04	-	-	-	-
2	3,28	15,95	1,56	16,55	1,68
3	5,84	16,90	1,75	18,25	2,04
4	9,04	18,10	2,01	19,80	2,41
5	13,68	19,30	2,29	20,35	2,54
6	26,32	20,10	2,48	19,65	2,37
7	30,96	18,45	2,09	17,60	1,90
8	34,16	16,40	1,65	15,65	1,50
9	36,72	14,90	1,36	12,40	0,94
10	38,96	14,05	1,21	11,20	0,77
Sumatoria		154,15	16,40	151,45	16,16
V prom (m/s)		16,98	CV		15,06
Vp prom (cm)		1,81	Caudal (m³/h)		7676,68
Presión total (cm H₂O)		6,21	Presión total (Pa)		608,86

Nota: Mediciones realizadas con una columna de arroz en granza de 14,05 m.

Diámetro del ducto 0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.18. Resumen de Mediciones de caudal y presión del equipo CONSERFRIO®.

Nocturno								
Hora	Temperatura Ambiente (°C)	Ajuste (°C-°C)	RPM Abanico	Presión estática (Pa)	Velocidad promedio (m/s)	CV	Caudal (m³/h)	Caudal unitario (m³/h*Ton)
02:17 a.m.	24,6	20/22	3309	460,90	18,78	14,33	8493,07	6,34
02:56 a.m.	23,8	17/19	3309	421,67	18,73	16,15	8470,46	6,32
03:19 a.m.	23,6	15/17	3309	421,67	17,93	17,71	8104,97	6,05
03:50 a.m.	23,3	12/15	3308	421,67	17,98	13,46	8127,58	6,07
Diurno								
12:15 p.m.	31,2	20/22	3312	441,28	17,97	13,36	8126,32	6,07
01:30 p.m.	30,0	17/19	3310	441,28	16,98	14,95	7679,18	5,73
01:51 p.m.	30,0	15/17	3312	411,86	17,48	13,88	7902,75	5,90
02:25 p.m.	29,3	12/15	3310	431,48	16,98	15,06	7676,67	5,73

Fuente: Elaboración propia.

VIII. Resultados de calidad.

Tabla A.19. Resultados de los muestreos de calidad.

M	S	P	HUM	IP	IS	IT	IMP	PP	PQG	PGE	PGM	PGD	MS (g)
0	1	1	13,00%	0	2	2	4,70%	5,91%	27,59%	66,51%	0,00%	2,24%	24,72
0	1	2	13,00%	0	0	0	5,70%	4,55%	21,05%	74,40%	0,00%	2,88%	23,77
0	1	3	13,00%	0	0	0	4,10%	5,09%	24,28%	70,63%	0,00%	2,37%	23,84
0	1	4	13,00%	0	2	2	5,60%	5,32%	23,71%	70,84%	0,00%	2,47%	24,27
Prom			13,00%	0	1	1	5,03%	5,22%	24,16%	70,59%	0,00%	2,49%	24,15
CV (%)			0,00		100,00	100,00	13,15	9,33	9,62	3,96		9,48	1,58
0	7	1	13,30%	0	2	2	5,10%	7,63%	31,47%	60,90%	1,01%	1,04%	25,99
0	7	2	13,00%	0	0	0	4,90%	7,32%	28,33%	64,36%	1,52%	0,52%	26,12
0	7	3	13,00%	2	0	2	5,20%	8,01%	30,26%	61,74%	1,34%	0,22%	25,93
0	7	4	13,00%	0	0	0	4,50%	6,62%	29,87%	63,51%	1,50%	0,42%	25,87
Prom			13,08%	1	1	1	4,93%	7,39%	29,98%	62,63%	1,34%	0,55%	25,98
CV (%)			0,99	173,21	173,21	100,00	5,44	6,89	3,74	2,19	15,23	55,26	0,35
1	1	1	13,80%	2	0	2	6,10%	7,12%	27,55%	65,34%	0,00%	2,15%	24,38
1	1	2	13,00%	0	4	4	6,50%	5,70%	24,73%	69,56%	0,00%	1,14%	23,96
1	1	3	13,50%	0	2	2	4,80%	5,05%	25,32%	69,63%	0,00%	0,70%	23,57
1	1	4	13,70%	0	2	2	5,60%	5,22%	31,41%	63,37%	0,40%	1,11%	23,59
Prom			13,50%	1	2	3	5,75%	5,77%	27,25%	66,97%	0,10%	1,28%	23,88
CV (%)			2,28	173,21	70,71	34,64	11,03	14,05	9,62	4,05	173,21	41,71	1,37
1	7	1	15,30%	0	0	0	5,40%	8,28%	39,44%	52,28%	2,31%	1,39%	25,49
1	7	2	13,50%	2	0	2	5,10%	7,11%	34,38%	58,52%	1,49%	2,11%	25,86
1	7	3	13,10%	0	0	0	5,00%	7,45%	29,79%	62,76%	1,33%	1,43%	26,17
1	7	4	13,50%	4	0	4	5,40%	7,06%	31,70%	61,24%	1,18%	0,78%	26,18
Prom			13,85%	2	0	2	5,23%	7,47%	33,83%	58,70%	1,58%	1,43%	25,93
CV (%)			6,16	110,55		110,55	3,42	6,54	10,72	6,83	27,66	32,72	1,09
2	1	1	13,80%	4	16	20	5,60%	5,09%	29,64%	65,27%	0,00%	1,84%	22,96
2	1	2	13,80%	4	16	20	5,60%	5,09%	29,64%	65,27%	0,00%	1,84%	22,96
2	1	3	13,50%	0	2	2	5,80%	6,46%	31,74%	61,80%	0,00%	1,04%	23,86
2	1	4	13,80%	4	16	20	5,60%	5,09%	29,64%	65,27%	0,00%	1,84%	22,96
Prom			13,73%	3	13	16	5,65%	5,43%	30,17%	64,40%	0,00%	1,64%	23,19
CV (%)			0,95	57,74	48,50	50,29	1,53	10,94	3,01	2,33		21,17	1,67

Nota: M=Muestreo, S=Silo, P=Punto, CH=Contenido de humedad en base húmeda, IP=Infestación primaria en 1000 g, IS=Infestación secundaria en 1000 g, IT=Infestación total en 1000 g, IMP=impurezas, RP= Rendimiento de pilada, RS=Rendimiento de semolina, PP=Porcentaje de puntilla, PQG=Porcentaje de grano quebrado, PGE=Porcentaje de grano entero, RC=Rendimiento comercial, PGM=Porcentaje de grano manchado, PGD=Porcentaje de grano dañado, MS= Peso de materia seca en 1000 granos sanos.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.19 (Continuación). Resultados de los muestreos de calidad.

M	S	P	HUM	IP	IS	IT	IMP	PP	PQG	PGE	PGM	PGD	MS (g)
2	7	1	13,00%	4	2	6	5,30%	6,11%	28,65%	65,23%	1,34%	0,90%	25,87
2	7	2	12,90%	2	0	2	5,30%	7,35%	28,48%	64,17%	1,42%	1,97%	25,92
2	7	3	13,00%	0	4	4	4,80%	7,44%	26,75%	65,81%	2,79%	1,63%	25,94
2	7	4	13,00%	0	2	2	5,30%	6,33%	29,17%	64,50%	2,05%	1,99%	25,96
Prom			12,98%	2	2	4	5,18%	6,81%	28,26%	64,93%	1,90%	1,62%	25,92
CV (%)			0,33	110,55	70,71	47,38	4,18	8,72	3,22	0,98	30,64	27,13	0,14
3	1	1	13,30%	10	36	46	6,50%	5,75%	28,67%	65,58%	0,00%	1,82%	23,30
3	1	2	12,70%	2	4	6	5,90%	5,54%	31,56%	62,90%	0,00%	2,28%	23,26
3	1	3	13,30%	2	2	4	4,50%	5,87%	30,42%	63,71%	0,00%	1,88%	23,30
3	1	4	13,00%	6	12	18	6,10%	6,07%	35,69%	58,24%	0,00%	2,63%	23,99
Prom			13,08%	5	14	19	5,75%	5,81%	31,58%	62,61%	0,00%	2,15%	23,46
CV (%)			1,90	66,33	100,14	90,57	13,10	3,30	8,19	4,32		15,28	1,30
3	7	1	13,00%	0	4	4	5,20%	6,40%	23,93%	69,67%	1,84%	2,09%	25,88
3	7	2	13,00%	4	2	6	4,80%	6,77%	26,39%	66,84%	2,10%	1,83%	25,83
3	7	3	13,30%	16	50	66	4,90%	6,54%	25,71%	67,75%	1,56%	0,92%	25,49
3	7	4	13,00%	0	8	8	5,20%	6,65%	26,08%	67,27%	2,05%	2,39%	25,72
Prom			13,08%	5	16	21	5,03%	6,59%	25,53%	67,88%	1,89%	1,81%	25,73
CV (%)			0,99	131,15	123,43	123,90	3,55	2,04	3,74	1,59	11,13	30,41	0,59
3	5	1	13,00%	16	4	20	4,90%	6,54%	25,98%	67,48%	0,25%	1,12%	23,50
3	5	2	13,00%	12	2	14	3,40%	6,89%	30,46%	62,65%	0,10%	0,66%	23,95
3	5	3	13,00%	10	2	12	3,70%	6,03%	26,16%	67,81%	0,18%	1,35%	23,47
3	5	4	12,70%	10	0	10	4,00%	6,04%	29,88%	64,08%	0,39%	0,85%	23,86
Prom			12,93%	12	2	14	4,00%	6,37%	28,12%	65,51%	0,23%	1,00%	23,70
CV (%)			1,01	20,41	70,71	26,73	14,03	5,70	7,33	3,36	46,06	26,38	0,90
4	1	1	12,50%	8	20	28	4,80%	4,65%	25,78%	69,58%	0,00%	2,65%	25,27
4	1	2	13,00%	26	42	68	6,00%	5,16%	28,29%	66,56%	0,00%	2,31%	24,03
4	1	3	13,10%	2	18	20	5,40%	4,89%	25,94%	69,16%	0,00%	2,39%	23,59
4	1	4	13,00%	0	18	18	6,20%	5,07%	26,54%	68,39%	0,00%	2,07%	23,70
Prom			12,90%	9	25	34	5,60%	4,94%	26,63%	68,42%	0,00%	2,36%	24,15
CV (%)			1,82	113,86	41,37	60,50	9,78	3,94	3,73	1,69		8,76	2,76

Nota: M=Muestreo, S=Silo, P=Punto, CH=Contenido de humedad en base húmeda, IP=Infestación primaria en 1000 g, IS=Infestación secundaria en 1000 g, IT=Infestación total en 1000 g, IMP=impurezas, RP= Rendimiento de pilada, RS=Rendimiento de semolina, PP=Porcentaje de puntilla, PQG=Porcentaje de grano quebrado, PGE=Porcentaje de grano entero, RC=Rendimiento comercial, PGM=Porcentaje de grano manchado, PGD=Porcentaje de grano dañado, MS= Peso de materia seca en 1000 granos sanos.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.19 (Continuación). Resultados de los muestreos de calidad.

M	S	P	HUM	IP	IS	IT	IMP	PP	PQG	PGE	PGM	PGD	MS (g)
4	7	1	13,50%	4	4	8	4,60%	4,86%	25,37%	69,77%	0,69%	2,22%	25,54
4	7	2	12,50%	12	8	20	4,00%	3,91%	21,58%	74,52%	0,62%	3,14%	25,81
4	7	3	12,50%	14	8	22	4,70%	6,28%	27,44%	66,28%	0,69%	2,32%	25,94
4	7	4	12,20%	18	10	28	4,40%	5,77%	21,76%	72,47%	0,53%	2,63%	25,80
Prom			12,68%	12	8	20	4,43%	5,20%	24,03%	70,76%	0,63%	2,58%	25,77
CV (%)			3,88	42,49	29,06	37,25	6,06	17,41	10,31	4,36	9,98	13,93	0,55
4	5	1	12,40%	16	40	56	4,70%	5,79%	24,48%	61,26%	0,00%	0,97%	23,45
4	5	2	13,00%	6	4	10	3,30%	6,10%	27,90%	61,71%	0,00%	0,84%	23,84
4	5	3	12,50%	0	2	2	3,50%	6,57%	29,74%	63,68%	0,00%	0,51%	24,73
4	5	4	12,00%	2	10	12	3,50%	5,78%	27,47%	66,75%	0,03%	0,63%	23,95
Prom			12,48%	6	14	20	3,75%	6,06%	27,40%	63,35%	0,01%	0,74%	23,99
CV (%)			2,86	102,74	109,26	105,59	14,79	5,32	6,90	3,42	173,21	24,09	1,93
5	1	1	13,10%	4	12	16	5,40%	6,40%	30,86%	62,75%	0,00%	2,29%	24,33
5	1	2	12,90%	2	4	6	6,50%	5,39%	26,48%	68,13%	0,00%	1,50%	24,21
5	1	3	12,90%	2	14	16	5,00%	6,14%	25,29%	68,57%	0,00%	2,73%	24,15
5	1	4	13,00%	2	16	18	5,80%	5,27%	26,72%	68,01%	0,00%	2,13%	23,98
Prom			12,98%	3	12	14	5,68%	5,80%	27,34%	66,87%	0,00%	2,16%	24,17
CV (%)			0,64	34,64	39,61	33,50	9,76	8,27	7,70	3,57		20,51	0,53
5	7	1	13,21%	19	28	47	6,07%	7,55%	34,49%	61,29%	3,27%	2,25%	25,89
5	7	2	12,59%	1	4	5	5,33%	6,69%	31,42%	58,47%	2,33%	1,15%	25,61
5	7	3	13,21%	19	28	47	6,07%	7,55%	34,49%	61,29%	3,27%	2,25%	26,07
5	7	4	12,59%	1	4	5	5,33%	6,69%	31,42%	58,47%	2,33%	1,15%	25,80
Prom			12,90%	10	16	26	5,70%	7,12%	32,95%	59,88%	2,80%	1,70%	25,84
CV (%)			2,43	92,80	72,28	80,17	6,49	6,07	4,65	2,36	16,78	32,15	0,64
6	1	1	13,21%	127	33	160	6,45%	7,19%	30,00%	66,48%	0,00%	1,62%	24,29
6	1	2	12,79%	33	7	40	5,15%	6,30%	27,03%	62,92%	0,00%	1,04%	23,59
6	1	3	13,21%	127	33	160	6,45%	7,19%	30,00%	66,48%	0,00%	1,62%	24,29
6	1	4	12,79%	33	7	40	5,15%	6,30%	27,03%	62,92%	0,00%	1,04%	23,59
Prom			13,00%	80	20	100	5,80%	6,74%	28,51%	64,70%	0,00%	1,33%	23,94
CV (%)			1,65	58,95	63,42	59,85	11,18	6,58	5,20	2,76		21,82	1,45

Nota: M=Muestreo, S=Silo, P=Punto, CH=Contenido de humedad en base húmeda, IP=Infestación primaria en 1000 g, IS=Infestación secundaria en 1000 g, IT=Infestación total en 1000 g, IMP=impurezas, RP= Rendimiento de pilada, RS=Rendimiento de semolina, PP=Porcentaje de puntilla, PQG=Porcentaje de grano quebrado, PGE=Porcentaje de grano entero, RC=Rendimiento comercial, PGM=Porcentaje de grano manchado, PGD=Porcentaje de grano dañado, MS= Peso de materia seca en 1000 granos sanos.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.19 (Continuación). Resultados de los muestreos de calidad.

M	S	P	HUM	IP	IS	IT	IMP	PP	PQG	PGE	PGM	PGD	MS (g)
6	7	1	12,50%	100	24	124	4,70%	7,76%	27,22%	65,03%	2,28%	2,58%	26,12
6	7	2	12,70%	94	6	100	3,40%	7,62%	25,97%	66,41%	2,19%	1,45%	26,12
6	7	3	12,50%	110	20	130	4,10%	6,70%	27,38%	65,92%	1,07%	0,91%	25,26
6	7	4	12,70%	64	4	68	5,10%	7,50%	26,43%	66,07%	1,41%	0,47%	26,29
Prom			12,60%	92	14	106	4,33%	7,39%	26,75%	65,86%	1,74%	1,35%	25,95
CV (%)			0,79	18,64	64,04	23,12	14,84	5,56	2,15	0,78	29,55	58,41	1,55
7	1	1	12,50%	254	32	286	3,90%	5,95%	26,86%	67,19%	0,00%	2,21%	24,92
7	1	2	12,20%	230	10	240	4,30%	5,68%	23,18%	71,14%	0,00%	0,95%	23,38
7	1	3	12,30%	254	14	268	5,10%	4,84%	24,66%	70,51%	0,00%	2,06%	23,40
7	1	4	12,90%	266	34	300	5,60%	5,04%	21,85%	73,11%	0,00%	2,42%	23,09
Prom			12,48%	251	23	274	4,73%	5,38%	24,14%	70,49%	0,00%	1,91%	23,70
CV (%)			2,15	5,21	47,19	8,20	14,07	8,45	7,70	3,02		29,73	3,02
7	7	1	12,50%	270	10	280	3,10%	8,36%	19,66%	71,98%	1,17%	0,68%	25,80
7	7	2	12,50%	196	6	202	3,20%	8,27%	24,40%	67,33%	1,12%	0,75%	26,02
7	7	3	11,60%	98	22	120	3,80%	7,24%	25,62%	67,14%	1,22%	0,54%	26,16
7	7	4	12,90%	26	14	40	3,40%	6,58%	26,69%	66,74%	0,95%	0,44%	25,93
Prom			12,38%	148	13	161	3,38%	7,61%	24,09%	68,30%	1,12%	0,60%	25,98
CV (%)			3,85	63,03	45,51	55,87	7,94	9,73	11,13	3,13	9,00	19,62	0,50
8	1	1	11,60%	50	12	62	5,90%	6,05%	21,48%	72,48%	0,00%	1,59%	24,19
8	1	2	12,70%	56	14	70	5,00%	5,43%	23,39%	71,18%	0,97%	0,56%	23,35
8	1	3	12,10%	60	10	70	5,70%	4,88%	21,19%	73,93%	0,00%	0,69%	23,72
8	1	4	12,50%	84	0	84	3,70%	5,01%	19,47%	75,52%	0,00%	1,29%	22,88
Prom			12,23%	63	9	72	5,08%	5,34%	21,38%	73,28%	0,24%	1,03%	23,53
CV (%)			3,44	20,66	59,84	11,08	16,97	8,54	6,51	2,21	173,21	41,08	2,03
8	7	1	13,32%	31	3	31	5,43%				2,86%	2,01%	26,02
8	7	2	12,68%	1	1	5	4,77%				1,94%	0,99%	25,93
8	7	3	13,32%	31	3	31	5,43%				2,86%	2,01%	26,02
8	7	4	12,68%	1	1	5	4,77%				1,94%	0,99%	25,93
Prom			13,00%	16	2	18	5,10%				2,40%	1,50%	25,98
CV (%)			2,43	92,80	72,28	71,15	6,49				19,03	33,93	0,17

Nota: M=Muestreo, S=Silo, P=Punto, CH=Contenido de humedad en base húmeda, IP=Infestación primaria en 1000 g, IS=Infestación secundaria en 1000 g, IT=Infestación total en 1000 g, IMP=impurezas, RP= Rendimiento de pilada, RS=Rendimiento de semolina, PP=Porcentaje de puntilla, PQG=Porcentaje de grano quebrado, PGE=Porcentaje de grano entero, RC=Rendimiento comercial, PGM=Porcentaje de grano manchado, PGD=Porcentaje de grano dañado, MS= Peso de materia seca en 1000 granos sanos.

Fuente: Elaboración propia.

IX. Resultados del análisis de varianza entre tratamientos.

Contenido de humedad.

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0	CH (%)	8	0,14	0,00	0,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	1	0,01	1,00	0,3559
Silo	0,01	1	0,01	1,00	0,3559
Error	0,07	6	0,01		
Total	0,08	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,18352

Error: 0,0113 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
1	13,00	4	0,05 A
7	13,08	4	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	CH (%)	8	0,07	0,00	5,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,25	1	0,25	0,45	0,5287
Silo	0,25	1	0,25	0,45	0,5287
Error	3,29	6	0,55		
Total	3,54	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,28123

Error: 0,5483 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
1	13,50	4	0,37 A
7	13,85	4	0,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	CH (%)	8	0,94	0,93	0,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,13	1	1,13	90,00	0,0001
Silo	1,13	1	1,13	90,00	0,0001
Error	0,08	6	0,01		
Total	1,20	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,19345

Error: 0,0125 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
7	12,98	4	0,06 A
1	13,73	4	0,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	CH (%)	12	0,14	0,00	1,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,06	2	0,03	0,71	0,5191
Silo	0,06	2	0,03	0,71	0,5191
Error	0,38	9	0,04		
Total	0,44	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,32976

Error: 0,0425 gl: 9

Silo	Medias	n	E.E.
5	12,93	4	0,10 A
1	13,08	4	0,10 A
7	13,08	4	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	CH (%)	12	0,18	0,00	3,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,36	2	0,18	0,96	0,4188
Silo	0,36	2	0,18	0,96	0,4188
Error	1,70	9	0,19		
Total	2,06	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,69418

Error: 0,1883 gl: 9

Silo	Medias	n	E.E.
5	12,48	4	0,22 A
7	12,68	4	0,22 A
1	12,90	4	0,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	CH (%)	8	0,03	0,00	2,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	1	0,01	0,16	0,6997
Silo	0,01	1	0,01	0,16	0,6997
Error	0,41	6	0,07		
Total	0,42	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,45334

Error: 0,0687 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
7	12,90	4	0,13 A
1	12,98	4	0,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	CH (%)	8	0,60	0,53	1,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,32	1	0,32	8,87	0,0247
Silo	0,32	1	0,32	8,87	0,0247
Error	0,22	6	0,04		
Total	0,54	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,32859

Error: 0,0361 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7	12,60	4	0,09	A
1	13,00	4	0,09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	CH (%)	8	0,02	0,00	3,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,02	1	0,02	0,10	0,7621
Silo	0,02	1	0,02	0,10	0,7621
Error	1,20	6	0,20		
Total	1,22	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,77217

Error: 0,1992 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7	12,38	4	0,22	A
1	12,48	4	0,22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8	CH (%)	8	0,52	0,44	3,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,20	1	1,20	6,45	0,0441
Silo	1,20	1	1,20	6,45	0,0441
Error	1,12	6	0,19		
Total	2,32	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,74658

Error: 0,1862 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	12,23	4	0,22	A
7	13,00	4	0,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Materia seca.

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0	Materia seca (g)	8	0,92	0,90	1,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,68	1	6,68	65,26	0,0002
Silo	6,68	1	6,68	65,26	0,0002
Error	0,61	6	0,10		
Total	7,29	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,55353

Error: 0,1023 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	24,15	4	0,16	A
7	25,98	4	0,16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Materia seca (g)	8	0,92	0,90	1,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,41	1	8,41	66,79	0,0002
Silo	8,41	1	8,41	66,79	0,0002
Error	0,76	6	0,13		
Total	9,16	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,61376

Error: 0,1258 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 23,88 4 0,18 A

7 25,93 4 0,18 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Materia seca (g)	8	0,96	0,95	1,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14,99	1	14,99	146,95	<0,0001
Silo	14,99	1	14,99	146,95	<0,0001
Error	0,61	6	0,10		
Total	15,60	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,55258

Error: 0,1020 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 23,19 4 0,16 A

7 25,92 4 0,16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Materia seca (g)	12	0,95	0,94	1,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12,45	2	6,22	87,10	<0,0001
Silo	12,45	2	6,22	87,10	<0,0001
Error	0,64	9	0,07		
Total	13,09	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,42761

Error: 0,0715 gl: 9

Silo Medias n E.E.

1 23,46 4 0,13 A

5 23,70 4 0,13 A

7 25,73 4 0,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Materia seca (g)	12	0,74	0,68	2,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,78	2	3,89	12,81	0,0023
Silo	7,78	2	3,89	12,81	0,0023
Error	2,73	9	0,30		
Total	10,51	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,88137

Error: 0,3036 gl: 9

Silo Medias n E.E.

5	23,99	4	0,28	A
1	24,15	4	0,28	A
7	25,77	4	0,28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Materia seca (g)	8	0,97	0,96	0,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,61	1	5,61	193,99	<0,0001
Silo	5,61	1	5,61	193,99	<0,0001
Error	0,17	6	0,03		
Total	5,78	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,29427

Error: 0,0289 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	24,17	4	0,09	A
7	25,84	4	0,09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Materia seca (g)	8	0,88	0,86	1,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,06	1	8,06	42,44	0,0006
Silo	8,06	1	8,06	42,44	0,0006
Error	1,14	6	0,19		
Total	9,20	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,75402

Error: 0,1899 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	23,94	4	0,22	A
7	25,95	4	0,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Materia seca (g)	8	0,83	0,80	2,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,40	1	10,40	29,40	0,0016
Silo	10,40	1	10,40	29,40	0,0016
Error	2,12	6	0,35		
Total	12,52	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,02890

Error: 0,3536 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	23,70	4	0,30	A
7	25,98	4	0,30	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8	Materia seca (g)	8	0,93	0,92	1,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11,91	1	11,91	76,44	0,0001
Silo	11,91	1	11,91	76,44	0,0001
Error	0,93	6	0,16		
Total	12,84	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,68287

Error: 0,1558 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	23,54	4	0,20	A
7	25,98	4	0,20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Infestación primaria.

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0	IP	8	0,14	0,00	282,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,50	1	0,50	1,00	0,3559
Silo	0,50	1	0,50	1,00	0,3559
Error	3,00	6	0,50		
Total	3,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,22346

Error: 0,5000 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	0,00	4	0,35	A
7	0,50	4	0,35	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	IP	8	0,13	0,00	152,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,00	1	2,00	0,86	0,3903
Silo	2,00	1	2,00	0,86	0,3903
Error	14,00	6	2,33		
Total	16,00	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,64297

Error: 2,3333 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	0,50	4	0,76	A
7	1,50	4	0,76	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	IP	8	0,16	0,02	87,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,50	1	4,50	1,17	0,3202
Silo	4,50	1	4,50	1,17	0,3202
Error	23,00	6	3,83		
Total	27,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,38760

Error: 3,8333 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7 1,50 4 0,98 A

1 3,00 4 0,98 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	IP	12	0,35	0,21	70,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	130,67	2	65,33	2,45	0,1414
Silo	130,67	2	65,33	2,45	0,1414
Error	240,00	9	26,67		
Total	370,67	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,26023

Error: 26,6667 gl: 9

Silo Medias n E.E.

1 5,00 4 2,58 A

7 5,00 4 2,58 A

5 12,00 4 2,58 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	IP	12	0,10	0,00	96,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	72,00	2	36,00	0,48	0,6342
Silo	72,00	2	36,00	0,48	0,6342
Error	676,00	9	75,11		
Total	748,00	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=13,86308

Error: 75,1111 gl: 9

Silo Medias n E.E.

5 6,00 4 4,33 A

1 9,00 4 4,33 A

7 12,00 4 4,33 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	IP	8	0,26	0,13	118,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	112,50	1	112,50	2,06	0,2008
Silo	112,50	1	112,50	2,06	0,2008
Error	327,00	6	54,50		
Total	439,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=12,77325

Error: 54,5000 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 2,50 4 3,69 A

7 10,00 4 3,69 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	IP	8	0,03	0,00	47,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	288,00	1	288,00	0,17	0,6923
Silo	288,00	1	288,00	0,17	0,6923
Error	10012,00	6	1668,67		
Total	10300,00	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=70,67861

Error: 1668,6667 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
1	80,00	4	20,42 A
7	92,00	4	20,42 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	IP	8	0,38	0,27	38,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	21424,50	1	21424,50	3,65	0,1048
Silo	21424,50	1	21424,50	3,65	0,1048
Error	35255,00	6	5875,83		
Total	56679,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=132,62884

Error: 5875,8333 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
7	147,50	4	38,33 A
1	251,00	4	38,33 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8	IP	8	0,73	0,69	41,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4324,50	1	4324,50	16,56	0,0066
Silo	4324,50	1	4324,50	16,56	0,0066
Error	1567,00	6	261,17		
Total	5891,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=27,96161

Error: 261,1667 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
7	16,00	4	8,08 A
1	62,50	4	8,08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Infestación secundaria.

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0	IS	8	0,07	0,00	144,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,50	1	0,50	0,43	0,5370
Silo	0,50	1	0,50	0,43	0,5370
Error	7,00	6	1,17		
Total	7,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,86886

Error: 1,1667 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
7	0,50	4	0,54 A
1	1,00	4	0,54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	IS	8	0,50	0,42	115,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,00	1	8,00	6,00	0,0498
Silo	8,00	1	8,00	6,00	0,0498
Error	8,00	6	1,33		
Total	16,00	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,99789

Error: 1,3333 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
7	0,00	4	0,58 A
1	2,00	4	0,58 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	IS	8	0,59	0,52	70,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	220,50	1	220,50	8,54	0,0266
Silo	220,50	1	220,50	8,54	0,0266
Error	155,00	6	25,83		
Total	375,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,79414

Error: 25,8333 gl: 6

Silo	Medias	n	E.E.
7	2,00	4	2,54 A
1	12,50	4	2,54 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	IS	12	0,16	0,00	152,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	446,00	2	223,00	0,87	0,4503
Silo	446,00	2	223,00	0,87	0,4503
Error	2299,00	9	255,44		
Total	2745,00	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=25,56559

Error: 255,4444 gl: 9

Silo	Medias	n	E.E.
5	2,00	4	7,99 A
1	13,50	4	7,99 A
7	16,00	4	7,99 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	IS	12	0,30	0,15	80,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	588,67	2	294,33	1,94	0,1994
Silo	588,67	2	294,33	1,94	0,1994
Error	1366,00	9	151,78		
Total	1954,67	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=19,70660

Error: 151,7778 gl: 9

Silo Medias n E.E.

7	7,50	4	6,16	A
5	14,00	4	6,16	A
1	24,50	4	6,16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	IS	8	0,06	0,00	76,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	40,50	1	40,50	0,37	0,5659
Silo	40,50	1	40,50	0,37	0,5659
Error	659,00	6	109,83		
Total	699,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18,13303

Error: 109,8333 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1	11,50	4	5,24	A
7	16,00	4	5,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	IS	8	0,08	0,00	76,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	84,50	1	84,50	0,52	0,4980
Silo	84,50	1	84,50	0,52	0,4980
Error	975,00	6	162,50		
Total	1059,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=22,05616

Error: 162,5000 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7	13,50	4	6,37	A
1	20,00	4	6,37	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	IS	8	0,23	0,11	55,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	180,50	1	180,50	1,83	0,2246
Silo	180,50	1	180,50	1,83	0,2246
Error	591,00	6	98,50		
Total	771,50	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=17,17202

Error: 98,5000 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7 13,00 4 4,96 A

1 22,50 4 4,96 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8	IS	8	0,45	0,36	81,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	98,00	1	98,00	4,90	0,0688
Silo	98,00	1	98,00	4,90	0,0688
Error	120,00	6	20,00		
Total	218,00	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,73781

Error: 20,0000 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7 2,00 4 2,24 A

1 9,00 4 2,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Porcentaje de impurezas.

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0	Impurezas (%)	8	0,01	0,00	11,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,02	1	0,02	0,06	0,8162
Silo	0,02	1	0,02	0,06	0,8162
Error	2,04	6	0,34		
Total	2,06	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,00765

Error: 0,3392 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7 4,93 4 0,29 A

1 5,03 4 0,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Impurezas (%)	8	0,24	0,11	9,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,55	1	0,55	1,90	0,2169
Silo	0,55	1	0,55	1,90	0,2169
Error	1,74	6	0,29		
Total	2,29	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,93109

Error: 0,2896 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7 5,23 4 0,27 A

1 5,75 4 0,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Impurezas (%)	8	0,67	0,62	3,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,45	1	0,45	12,45	0,0124
Silo	0,45	1	0,45	12,45	0,0124
Error	0,22	6	0,04		
Total	0,67	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,32943

Error: 0,0362 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7	5,18	4	0,10	A
1	5,65	4	0,10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Impurezas (%)	12	0,63	0,55	12,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,19	2	3,09	7,61	0,0116
Silo	6,19	2	3,09	7,61	0,0116
Error	3,66	9	0,41		
Total	9,84	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,01971

Error: 0,4064 gl: 9

Silo Medias n E.E.

5	4,00	4	0,32	A
7	5,03	4	0,32	B
1	5,75	4	0,32	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Impurezas (%)	12	0,72	0,66	11,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,01	2	3,51	11,61	0,0032
Silo	7,01	2	3,51	11,61	0,0032
Error	2,72	9	0,30		
Total	9,73	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,87896

Error: 0,3019 gl: 9

Silo Medias n E.E.

5	3,75	4	0,27	A
7	4,43	4	0,27	A
1	5,60	4	0,27	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	Impurezas (%)	8	7,0E-04	0,00	9,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,2E-03	1	1,2E-03	4,2E-03	0,9503
Silo	1,2E-03	1	1,2E-03	4,2E-03	0,9503
Error	1,78	6	0,30		
Total	1,78	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,94111

Error: 0,2959 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 5,68 4 0,27 A

7 5,70 4 0,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	Impurezas (%)	8	0,57	0,49	14,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,35	1	4,35	7,82	0,0313
Silo	4,35	1	4,35	7,82	0,0313
Error	3,34	6	0,56		
Total	7,69	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,29044

Error: 0,5562 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7 4,33 4 0,37 A

1 5,80 4 0,37 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Impurezas (%)	8	0,64	0,58	14,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,65	1	3,65	10,64	0,0172
Silo	3,65	1	3,65	10,64	0,0172
Error	2,06	6	0,34		
Total	5,70	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,01259

Error: 0,3425 gl: 6

Silo Medias n E.E.

7 3,38 4 0,29 A

1 4,73 4 0,29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Muestra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8	Impurezas (%)	8	3,7E-04	0,00	14,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,2E-03	1	1,2E-03	2,2E-03	0,9641
Silo	1,2E-03	1	1,2E-03	2,2E-03	0,9641
Error	3,40	6	0,57		
Total	3,40	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,30306

Error: 0,5672 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 5,08 4 0,38 A

7 5,10 4 0,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Porcentaje de puntilla.

Muestra	Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
0	PP (%)	8	0,83	0,80	9,14	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9,48	1	9,48	28,57	0,0018
Silo	9,48	1	9,48	28,57	0,0018
Error	1,99	6	0,33		
Total	11,47	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,99684

Error: 0,3319 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 5,22 4 0,29 A

7 7,40 4 0,29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Muestra	Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
1	PP (%)	8	0,62	0,55	11,70	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,80	1	5,80	9,66	0,0209
Silo	5,80	1	5,80	9,66	0,0209
Error	3,60	6	0,60		
Total	9,40	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,34067

Error: 0,6004 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 5,77 4 0,39 A

7 7,48 4 0,39 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Muestra	Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
2	PP (%)	8	0,57	0,50	11,20	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,78	1	3,78	8,06	0,0296
Silo	3,78	1	3,78	8,06	0,0296
Error	2,82	6	0,47		
Total	6,60	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,18546

Error: 0,4694 gl: 6

Silo Medias n E.E.

1 5,43 4 0,34 A

7 6,81 4 0,34 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Muestra	Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
3	PP (%)	12	0,64	0,56	4,60	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,31	2	0,65	7,89	0,0105
Silo	1,31	2	0,65	7,89	0,0105
Error	0,75	9	0,08		
Total	2,05	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,46052

Error: 0,0829 gl: 9

Silo Medias n E.E.

1 5,81 4 0,14 A

X. Resultados de análisis de varianza al contrastar la muestra inicial con la final de cada tratamiento.

Contenido de humedad.

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	CH (%)	36	0,76	0,69	2,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,67	8	0,83	10,64	<0,0001
Muestra	6,67	8	0,83	10,64	<0,0001
Error	2,11	27	0,08		
Total	8,78	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 Vs Muestreo 8	0,78	1,20	1	1,20	15,34	0,0006
Total		1,20	1	1,20	15,34	0,0006

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	CH (%)	36	0,49	0,34	3,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,50	8	0,69	3,22	0,0106
Muestra	5,50	8	0,69	3,22	0,0106
Error	5,76	27	0,21		
Total	11,26	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 Vs Muestreo 8	0,08	0,01	1	0,01	0,05	0,8201
Total		0,01	1	0,01	0,05	0,8201

Materia seca.

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Materia seca (g)	36	0,35	0,15	2,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,90	8	0,49	1,80	0,1206
Muestra	3,90	8	0,49	1,80	0,1206
Error	7,31	27	0,27		
Total	11,22	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	0,61	0,76	1	0,76	2,79	0,1063
Total		0,76	1	0,76	2,79	0,1063

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Materia seca (g)	36	0,17	0,00	0,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,28	8	0,03	0,68	0,7011
Muestra	0,28	8	0,03	0,68	0,7011
Error	1,37	27	0,05		
Total	1,65	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	2,5E-03	1,2E-05	1	1,2E-05	2,5E-04	0,9876
Total		1,2E-05	1	1,2E-05	2,5E-04	0,9876

Infestación primaria.

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	IP	36	0,95	0,94	43,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	217722,89	8	27215,36	68,87	<0,0001
Muestra	217722,89	8	27215,36	68,87	<0,0001
Error	10669,00	27	395,15		
Total	228391,89	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	-62,50	7812,50	1	7812,50	19,77	0,0001
Total		7812,50	1	7812,50	19,77	0,0001

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	IP	36	0,70	0,61	116,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	86646,22	8	10830,78	7,85	<0,0001
Muestra	86646,22	8	10830,78	7,85	<0,0001
Error	37272,00	27	1380,44		
Total	123918,22	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	-15,50	480,50	1	480,50	0,35	0,5601
Total		480,50	1	480,50	0,35	0,5601

Infestación secundaria.

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	IS	36	0,46	0,30	76,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2220,89	8	277,61	2,85	0,0195
Muestra	2220,89	8	277,61	2,85	0,0195
Error	2627,00	27	97,30		
Total	4847,89	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	-8,00	128,00	1	128,00	1,32	0,2615
Total		128,00	1	128,00	1,32	0,2615

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	IS	36	0,37	0,18	125,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1502,00	8	187,75	1,94	0,0942
Muestra	1502,00	8	187,75	1,94	0,0942
Error	2609,00	27	96,63		
Total	4111,00	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	-1,50	4,50	1	4,50	0,05	0,8308
Total		4,50	1	4,50	0,05	0,8308

Porcentaje de impurezas.

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Impurezas (%)	36	0,26	0,04	13,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,05	8	0,63	1,17	0,3498
Muestra	5,05	8	0,63	1,17	0,3498
Error	14,51	27	0,54		
Total	19,56	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	-0,05	0,01	1	0,01	0,01	0,9239
Total		0,01	1	0,01	0,01	0,9239

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	Impurezas (%)	36	0,79	0,73	7,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14,74	8	1,84	12,64	<0,0001
Muestra	14,74	8	1,84	12,64	<0,0001
Error	3,94	27	0,15		
Total	18,67	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 8	-0,18	0,06	1	0,06	0,42	0,5223
Total		0,06	1	0,06	0,42	0,5223

Porcentaje de puntilla.

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	PP (%)	36	0,50	0,35	10,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,58	8	1,07	3,34	0,0087
Muestra	8,58	8	1,07	3,34	0,0087
Error	8,68	27	0,32		
Total	17,26	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 7	-0,16	0,05	1	0,05	0,16	0,6930
Total		0,05	1	0,05	0,16	0,6930

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	PP (%)	36	0,95	0,93	10,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	189,08	8	23,63	61,59	<0,0001
Muestra	189,08	8	23,63	61,59	<0,0001
Error	10,36	27	0,38		
Total	199,44	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 7	-0,22	0,09	1	0,09	0,25	0,6235
Total		0,09	1	0,09	0,25	0,6235

Porcentaje de grano quebrado.

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	PQG (%)	36	0,71	0,63	8,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	324,41	8	40,55	8,34	<0,0001
Muestra	324,41	8	40,55	8,34	<0,0001
Error	131,21	27	4,86		
Total	455,61	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 7	0,02	8,0E-04	1	8,0E-04	1,6E-04	0,9899
Total		8,0E-04	1	8,0E-04	1,6E-04	0,9899

Silo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	PQG (%)	36	0,96	0,95	8,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3226,98	8	403,37	84,58	<0,0001
Muestra	3226,98	8	403,37	84,58	<0,0001
Error	128,76	27	4,77		
Total	3355,75	35			

Contrastes

Muestra	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Muestreo 0 VS Muestreo 7	5,89	69,38	1	69,38	14,55	0,0007
Total		69,38	1	69,38	14,55	0,0007

XI. Registro de demanda de potencia del enfriador industrial.

Tabla A.20. Registro de demanda de potencia del equipo CONSERFRIO®.

Hora	27-08-09	28-08-09	29-08-09	30-08-09	31-08-09	01-09-09	02-09-09	Máxima Demanda (KW)
0:00:00		0,00	0,00	47,86	39,24	0,00	41,19	
0:15:00		0,00	0,00	47,93	46,51	0,00	47,62	
0:30:00		0,00	0,00	47,91	46,66	0,00	47,52	
0:45:00		0,00	0,00	47,99	46,87	0,00	47,46	
1:00:00		0,00	0,00	47,89	47,15	0,00	47,49	
1:15:00		0,00	0,00	47,70	46,87	0,00	46,96	
1:30:00		0,00	0,00	47,50	47,02	0,00	47,03	47,99
1:45:00		0,00	38,60	47,43	46,73	0,00	47,00	
2:00:00		0,00	47,38	47,51	46,56	0,00	46,86	
2:15:00		0,00	47,59	47,52	46,52	0,00	46,91	
2:30:00		0,00	47,48	47,52	46,52	35,96	47,07	
2:45:00		0,00	47,41	47,47	46,55	46,75	47,16	
3:00:00		0,00	31,32	47,46	46,29	46,72	47,08	
3:15:00		5,01	47,64	47,33	46,31	46,74	46,80	
3:30:00		46,72	47,47	47,30	46,36	47,44	46,83	
3:45:00		47,10	47,44	47,36	46,15	46,84	46,70	
4:00:00		46,99	47,78	47,29	45,88	46,61	46,74	
4:15:00		47,06	47,40	47,49	45,95	46,61	46,67	
4:30:00		46,81	47,24	47,44	45,92	46,53	46,53	
4:45:00		46,93	47,00	47,23	37,99	46,58	46,50	
5:00:00		46,87	46,77	46,97	36,65	46,48	46,68	
5:15:00		47,03	46,94	47,20	38,08	46,41	46,81	
5:30:00		47,48	46,98	47,14	36,75	46,26	46,84	
5:45:00		46,84	46,96	47,13	38,00	46,24	46,68	

Fuente: Datos suministrados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Continúa...

Tabla A.20 (Continuación). Registro de demanda de potencia del equipo CONSERFRIO®.

Hora	27-08-09	28-08-09	29-08-09	30-08-09	31-08-09	01-09-09	02-09-09	Máxima Demanda (KW)
6:00:00		46,87	47,15	47,37	36,39	46,39	46,61	
6:15:00		27,53	47,29	47,42	0,00	46,46	46,76	
6:30:00		0,00	47,16	47,46	10,30	46,58	47,46	
6:45:00		0,00	47,28	38,87	36,11	47,24	47,94	
7:00:00		0,00	47,43	0,00	12,61	47,88	33,23	
7:15:00		0,93	47,67	0,00	18,77	19,29	0,00	54,72
7:30:00		49,48	48,39	0,00	47,98	35,39	36,67	
7:45:00		52,16	48,79	0,00	49,22	50,29	50,65	
8:00:00		52,93	48,55	0,00	49,68	51,55	51,51	
8:15:00		15,65	48,67	0,00	49,95	52,93	51,75	
8:30:00		0,00	49,13	0,00	1,78	52,95	42,10	
8:45:00		0,00	49,28	0,00	14,97	53,22	52,95	
9:00:00		0,00	49,63	26,87	50,32	4,06	53,22	
9:15:00		0,00	50,18	51,63	51,28	0,00	53,65	
9:30:00		4,39	50,62	53,18	10,78	0,00	54,26	
9:45:00		52,38	51,21	53,07	29,79	0,00	54,72	
10:00:00		52,10	15,08	53,24	51,31	0,00	54,60	
10:15:00		52,40	0,00	53,33	51,52	30,06	54,61	
10:30:00		52,63	0,00	53,31	51,19	52,95	54,66	
10:45:00		52,60	0,00	54,26	51,07	53,28	55,05	55,22
11:00:00		52,64	29,82	53,21	50,73	53,30	54,96	
11:15:00		24,19	53,31	52,39	51,70	53,65	54,91	
11:30:00		38,92	53,60	51,86	51,72	53,54	55,22	
11:45:00		51,59	53,35	32,83	52,71	53,15	54,71	
12:00:00		52,56	53,47	0,00	52,75	53,94	54,87	
12:15:00		52,13	53,58	0,00	52,43	53,45	54,80	

Fuente: Datos suministrados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Continúa...

Tabla A.20 (Continuación). Registro de demanda de potencia del equipo CONSERFRIO®.

Hora	27-08-09	28-08-09	29-08-09	30-08-09	31-08-09	01-09-09	02-09-09	Máxima Demanda (KW)
12:30:00		52,64	53,20	43,47	51,50	53,21	54,80	
12:45:00		52,31	53,27	52,59	51,58	19,55	54,92	
13:00:00		52,32	53,33	52,47	51,52	0,00	54,56	
13:15:00		0,00	53,07	52,08	51,49	0,00	55,01	
13:30:00		0,00	53,38	50,81	51,87	0,00		
13:45:00		0,00	53,06	51,20	51,59	0,00		
14:00:00		18,13	53,30	51,17	51,77	0,00		55,01
14:15:00		51,71	53,09	50,88	52,05	42,86		
14:30:00		52,28	52,98	50,38	52,62	52,05		
14:45:00		50,89	52,60	49,67	51,77	52,18		
15:00:00		49,23	52,19	48,99	52,26	52,61		
15:15:00	54,13	43,51	52,22	48,39	52,20	52,53		
15:30:00	53,89	36,22	52,15	48,14	51,30	51,99		
15:45:00	53,61	39,49	51,97	48,02	0,00	1,47		
16:00:00	53,80	36,07	52,12	47,89	24,11	0,00		
16:15:00	53,76	39,51	51,87	48,00	51,08	0,00		
16:30:00	53,50	36,33	0,00	48,32	51,22	0,00		
16:45:00	53,54	39,48	0,00	0,00	40,91	0,00		
17:00:00	53,27	36,19	0,00	0,00	11,91	0,00		
17:15:00	53,46	39,97	0,00	16,42	47,46	0,00		
17:30:00	53,10	36,59	0,00	48,70	47,26	0,00		
17:45:00	52,80	40,48	0,00	49,08	40,84	0,00		
18:00:00	53,12	36,72	0,00	48,65	36,04	0,00		
18:15:00	53,24	40,61	0,00	48,50	39,59	0,00		
18:30:00	52,75	37,36	0,00	48,30	35,95	0,00		
18:45:00	51,26	40,71	0,00	48,22	39,46	0,00		53,24
19:00:00	50,38	37,33	0,00	48,05	36,09	0,00		
19:15:00	48,99	41,16	0,00	48,28	40,07	0,00		
19:30:00	47,72	37,68	0,00	48,08	36,58	0,00		
19:45:00	48,07	41,17	0,00	48,50	40,16	0,00		

Fuente: Datos suministrados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Continúa...

Tabla A.20 (Continuación). Registro de demanda de potencia del equipo CONSERFRIO®.

Hora	27-08-09	28-08-09	29-08-09	30-08-09	31-08-09	01-09-09	02-09-09	Máxima Demanda (KW)
20:00:00	48,51	37,49	0,00	48,44	36,69	0,00		
20:15:00	48,15	40,99	0,00	48,86	40,39	0,00		
20:30:00	48,36	37,42	0,00	48,10	36,85	0,00		
20:45:00	48,43	40,93	0,00	47,73	40,31	0,00		
21:00:00	48,04	37,25	0,00	8,62	36,93	0,00		
21:15:00	46,88	40,66	0,00	0,00	40,41	0,17		
21:30:00	46,94	37,60	0,00	0,00	36,82	46,66		48,86
21:45:00	47,14	40,93	0,00	0,00	40,39	48,02		
22:00:00	47,26	36,97	43,02	0,00	36,83	48,18		
22:15:00	47,10	4,08	48,03	0,00	40,53	3,01		
22:30:00	47,17	0,00	48,10	0,00	36,76	0,00		
22:45:00	46,98	0,00	48,09	0,00	20,25	0,00		
23:00:00	47,16	0,00	47,96	0,00	0,00	0,00		
23:15:00	47,59	0,00	47,86	0,00	0,00	0,00		
23:30:00	47,17	0,00	47,89	0,00	0,00	0,00		
23:45:00	22,67	0,00	47,82	0,00	0,00	0,00		

Fuente: Datos suministrados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

XII. Análisis de la sensibilidad de la inversión del enfriador.

Con la diferencia en los costos operativos entre el método EA y MC (tabla A.21) y la pérdida de peso medida en el grano del sistema MC (tabla A.22) se calcularon los ahorros anuales en un silo (tabla A.23). Los ahorros por peso expuestos son calculados en base al precio de compra al productor.

Tabla A.21. Diferencia en costos operativos.

Método	Consumo eléctrico	K-Obiol®
EA	₡ 562,00/Ton	
MC	₡ 45,60/Ton	₡ 997,37/Ton
Diferencia	\$-1,02/Ton	\$1,97/Ton

Nota: Tipo de cambio utilizado ₡ 505

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.22. Pérdida de peso medida en MC.

CH _{bh} inicial	13,00
CH _{bh} final	12,23
Porcentaje de merma por CH	0,88%
*Pérdida de materia seca	2,57%
Pérdida de peso por humedad	15,4 Ton
Pérdida de peso por materia seca	39,1 Ton

Nota: Cálculo realizado para un silo con una capacidad de 1750 Toneladas de arroz en granza.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.23. Ahorros por silo de 1750 Ton.

Peso por humedad	\$9.519
Peso por materia seca	\$24.260
Fumigación	\$3.456
Consumo eléctrico	-\$1.790
Total por almacenamiento	\$35.445
Anual (2 almacenamientos/año)	\$70.890

Nota: Precio al productor \$620/Ton (Dato suministrado por DEMASA).

Fuente: Elaboración propia.

Con base a estos ahorros y con ayuda de una hoja de cálculo del programa de cómputo Microsoft Excell 2010, se realizó un escenario de análisis de rentabilidad (tabla A.24) con un horizonte de 10 años y una tasa de descuento mínima igual a 15,00%. Al ser la Tasa Interna de Retorno (TIR) superior a la tasa de descuento mínima se determina que la inversión en el equipo es factible.

Tabla A.24. Análisis de rentabilidad para 1 silo en dólares estadounidenses.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos y costos											
Ingresos (Ahorros)		70.890	70.890	70.890	70.890	70.890	70.890	70.890	70.890	70.890	70.890
*Mantenimiento		-2.730	-2.730	-2.730	-2.730	-2.730	-2.730	-2.730	-2.730	-2.730	-2.730
Beneficio		68.160	68.160	68.160	68.160	68.160	68.160	68.160	68.160	68.160	68.160
Depreciación e impuestos											
Depreciación		-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
Beneficio Gravable		59.160	59.160	59.160	59.160	59.160	59.160	59.160	59.160	59.160	59.160
ISR		-17.748	-17.748	-17.748	-17.748	-17.748	-17.748	-17.748	-17.748	-17.748	-17.748
Beneficio Después de impuestos		41.412	41.412	41.412	41.412	41.412	41.412	41.412	41.412	41.412	41.412
Depreciación		9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000

Nota: * Dato suministrado por DEMASA.

ISR corresponde a impuesto sobre la renta.

Fuente: Elaboración propia.

Continúa...

Tabla A.24 (Continuación). Análisis de rentabilidad para 1 silo en dólares estadounidenses.

Flujos de operación											
Flujo de operación		50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412
*Inversiones inicial	-90.000										
Flujo neto de operación	-90.000	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412	50.412
Método de flujos descontados											
Flujo Descontado	-90000	43836	38119	33147	28823	25064	21794	18952	16480	14330	12461
Flujo descontado acumulado	-90000	-46164	-8045	25102	53925	78988	100783	119734	136214	150544	163005
T.I.R Real										55,33%	
V.A.N										\$163.005	
Periodo de recuperación										3 años	
Tasa de descuento mínima										15,00%	

Nota: * Dato suministrado por DEMASA.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, como los mismos supuestos se realizó el mismo análisis de rentabilidad empleando el equipo de refrigeración en 2 silos de 1750 Toneladas cada uno. La tabla A.25 resume los resultados obtenidos.

Tabla A.25. Análisis de rentabilidad para 2 silos.

T.I.R	111,09%
V.A.N	\$412.051
Periodo de recuperación	2 Años

Fuente: Elaboración propia.

Bajo los mismos supuestos realizados en la tabla A.24 y asumiendo que no se encontró diferencia alguna en el CH_{bh} del sistema MC, se determinó la pérdida de materia seca mínima que justificaría la inversión del equipo. De igual manera asumiendo que no se obtuviera pérdida en el porcentaje de materia seca, se determinó el CH_{bh} final del grano almacenado con el sistema MC que justificaría la inversión del equipo considerando un CH_{bh} inicial del grano igual a 13,00%. Estos análisis se realizaron para 1; 2 y 3 silos de 1750 Toneladas. En la tabla A.26 se resumen los resultados de dicho análisis.

Tabla A.26. Resultados de sensibilización de peso.

	1 silo		2 silos		3 silos	
	Pérdida de Materia seca	CH_{bh} Final	Pérdida de Materia seca	CH_{bh} Final	Pérdida de Materia seca	CH_{bh} Final
	-1,13 %	12,14%	-0,48 %	12,64%	-0,26 %	12,80%
T.I.R Real	15,18%	15,09%	15,31%	15,06%	15,24%	15,45%
V.A.N	\$617	\$292	\$1.053	\$213	\$826	\$1.548
Periodo de recuperación	10 Años	10 Años	10 Años	10 Años	10 Años	10 Años

Fuente: Elaboración propia.