

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OPTIMIZACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL CONTROL DE
LOS PARÁMETROS EN EL ALMACENAMIENTO-
CONSERVACIÓN EN SACOS DE SEMILLA PARA LA CÁMARA
“D” DE LA UNIDAD DE SERVICIOS A TERCEROS DE TOTAL
CITRUS S.A.**

POR:

FRANCISCO FUENTES JURADO

Modalidad de graduación (Proyecto de grado) presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química

Mayo 2016

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Juan Pablo Herbas
DOCENTE GUIA

.....
Msc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....
Msc. Ing. Silvana Paz Ramírez
VICEDECANA
FACULTAD
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

.....
Msc.Ing. Ignacio Velásquez Soza
TRIBUNAL

.....
Ing. Miguel Rivera Choque
TRIBUNAL

.....
Ing. Erick Ramírez Ruiz
TRIBUNAL

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia, madre, padre, hermanos y amigos. Que siempre supieron darme el apoyo y confianza para lograr obtener esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por el don de la vida, por haber puesto en mí la fe y sabiduría necesaria. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, por cobijarme los años de vida universitaria.

Al Plantel Docente de la Carrera de Ingeniería Química, por todos los conocimientos impartidos y el apoyo que me brindaron durante toda mi formación profesional.

PENSAMIENTO:

La vida nos enseña a luchar, a levantarse si nos caemos, a ser fuertes para darle a nuestra familia un mejor mañana.

Lilian C.

ÍNDICE

Página

Advertencia

Dedicatorias

Agradecimientos

Pensamiento

Resumen

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	1
Justificación.....	2
Deterioro de las semillas.....	2
Análisis técnico económico social ambiental.....	5
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.Almacenamiento de semillas.....	8
1.2.Tipos de almacenamiento de semillas.	9
1.2.1. Almacenamiento artesanal de semillas.	9
1.2.2. Almacenamiento controlado corto de las semillas.....	10
1.2.3. Almacenamiento controlado prolongado de las semillas.....	10
1.2.4. Almacenamiento para bancos de germoplasma de semillas.....	11
1.3.Factores físicos, químicos y bióticos que afectan la calidad de las semillas.....	13
1.3.1. Factores físicos.....	13
1.3.2. Factores químicos.....	13
1.3.3. Factores bióticos.....	15

	Página
1.4.Los granos son materiales higroscópicos.....	17
1.5.Principales métodos de almacenamiento de las semillas.....	18

CAPÍTULO II

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1.Concepción y definición del problema.....	20
2.2.Detalle de los almacenes de la unidad de servicios a terceros.....	22
2.3.Control biológico en las cámaras frías de almacenamiento de semilla híbrida.....	26
2.4.Control de roedores.....	26
2.5.Mercadería con larvas y/o insectos.....	27
2.6.Control de calidad de la semilla híbrida en la cámara fría.....	27
2.7.Márgenes de calidad de semilla que se almacena en las cámaras frías.....	28
2.8.Control de temperatura y humedad.....	30

CAPÍTULO III

ESPECIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

3.1.Descripción de la cámara D.....	31
3.1.1. Dimensiones de la cámara fría “D”.....	31
3.2. Base de datos de temperatura y humedad de la cámara D.....	34
3.3.Balance de masa y energía de la cámara D.....	36
3.3.1. Balance de masa de la cámara D.....	36
3.3.1.1. Entrada o recepción de semilla y material de embalaje en campaña alta de la Cámara D (A).....	37
3.3.1.2. Salida o despacho de semilla y material de embalaje de la cámara D en campaña alta (B).....	38

Página

3.3.1.3. Acumulación o semilla disponible en la cámara D en campaña alta(C).....	39
3.3.1.4. Cuantificación de la semilla, materiales de recepción, despacho y semilla disponible en la cámara D en los meses de campaña alta.	40
3.3.2. Balance de energía de la cámara D.....	42
3.3.2.1. Entrada de energía a la cámara D(Q1)	43
3.3.2.1.1. Entrada de energía por la pared, piso y techo de la cámara D(Q1).....	43
3.3.2.1.2. Entrada de energía por la semilla y materiales a la cámara D (Q1)	47
3.3.2.1.3. Entrada de energía por entrada de aire del exterior a la cámara D (Q1).....	50
3.3.2.1.4. Entrada de carga térmica por ventiladores de los evaporadores de la cámara D (Q1)	52
3.3.2.1.5. Entrada de energía debidas al calor transferido por las personas que se encuentran en el interior de la cámara D (Q1).....	54
3.3.2.1.6. Entrada de energía por desprendimiento de calor de los focos de la cámara D(Q1).....	55
3.3.2.1.7. Entrada de energía por desprendimiento de calor del montacarga en el interior de la cámara D(Q1).....	56
3.3.2.1.8. Entrada de energía por desprendimiento de calor por los deshumidificadores portátiles que se encuentran en el interior de la cámara D(Q1).....	57
3.3.2.2. Salida de energía o pérdida de carga de la cámara D(Q2).....	58
3.3.2.2.1. Salida de energía por despacho de semilla y materiales de la cámara D(Q2).....	58
3.3.2.3. Energía de acumulación (ΔQ_c) de la cámara D.....	60

	Página
3.3.2.3.1. Energía de acumulación por diferencia de temperatura en el interior de la cámara D (ΔQ_c)	60
3.3.2.3.2. Resumen de resultados de balance de energía de entrada, salida, acumulación de semilla y materiales de la cámara D.....	62
3.3.3. Datos técnicos de los equipos instalados en la cámara D.....	63
3.4. Diferencia de humedad relativa real versus prefijado en contrato.....	64
3.4.1. Determinación de la cantidad de agua remanente en las actuales condiciones de operación de la cámara “D”.....	65
3.4.2. Detalle flujo másico óptimo versus flujo másico real del aire en el interior de la cámara D en los meses de campaña alta.....	66

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Análisis de la capacidad de los deshumidificadores en el interior de la cámara D.....	70
4.2. Detalle de la capacidad de los equipos deshumidificadores portátiles propuestos para la cámara D.....	70
4.2.1. Determinación del costo total de los deshumidificadores propuestos para la cámara D.....	71
4.3. Detalle de semilla almacenada en la cámara D con baja calidad de la gestión 2014.....	72
4.4. Precio de venta de semilla comercial al mercado nacional de Bolivia.....	74
4.5. Relación costo beneficio.....	75
4.5.1. Beneficio.....	76

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones de la cámara D	78
5.1.1 Balance de energía de la cámara D.....	76
5.1.2. Deshumidificadores portátiles distribuidos en el interior de la cámara D.....	76
5.2. Recomendaciones de la cámara D	77
5.2.2. Balance de energía de la cámara D	77
5.2.3. Deshumidificadores portátiles propuestos para la cámara D	77

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS	Página
Tabla I. 1: Contenido de humedad (Relación temperatura y humedad relativa).....	11
Tabla I. 2: Contenido de humedad para almacenamiento seguro.....	13
Tabla I.3: Humedad segura de almacenaje de granos higroscópicos.....	17
Tabla II.1: Detalle de tipo de producto y número de semilla por kilo.....	21
Tabla II. 2: Calidad de semilla almacenada en cámara fría.....	28
Tabla II. 2.1: Calidad de semilla almacenada en cámara fría.....	29
Tabla III.1: Dimensión de la cámara D.....	32
Tabla III.2: Detalle de volumen de la cámara D.....	33
Tabla III.2.1: Detalle de volumen de la cámara D.....	33
Tabla III. 3: Resultados estadísticos del mes de septiembre 2014.....	34
Tabla III. 4: Resultados estadísticos del mes octubre 2014.....	35
Tabla III.5: Resultados estadísticos del mes noviembre 2014.....	35
Tabla III. 6: Detalle de materiales que se recepcionada con la semilla.....	37
Tabla III. 7: Recepción de semilla a la cámara D en los meses de campaña alta de la gestión 2014.....	37
Tabla III. 7.1: Cantidad de semilla de entrada a la cámara D en campaña alta de la gestión 2014.....	38
Tabla III. 8: Despacho de semilla de la cámara D en campaña alta gestión 2014.....	38
Tabla III. 8.1: Cantidad de semilla de despacho de la cámara D en campaña alta de la gestión 2014.....	39
Tabla III. 9: Detalle de entrada y acumulado por mes de semilla de la gestión 2014.....	39
Tabla III. 9.1: Detalle cuantitativo mensual promedio de semilla disponible de la cámara D en campaña alta de la gestión 2014.....	40

Página

Tabla III. 10: Balance de semilla en los meses de campaña alta de la cámara D de la gestión 2014.....	40
Tabla III.10.1: Balance de materia en los meses de campaña alta de la cámara D de la gestión 2014.....	41
Tabla III.10.2: Balance de flujo de semilla por hora de los meses de campaña alta de la cámara D de la gestión 2014.....	41
Tabla III.10.3: Balance de flujo de materia en los meses de campaña alta de la cámara D de la gestión 2014.....	42
Tabla III.11: Detalle de lecturas aleatorias de temperatura en el suelo y espesor(espuma de poliuretano).....	44
Tabla III.12: Detalle de los coeficientes de transferencia de calor de los materiales de la cámara D.....	45
Tabla III.13: Detalle de los coeficientes de transferencia de calor de los materiales de la cámara D.....	46
Tabla III.14: Parámetros óptimos a considerar para el balance de energía de la cámara D.....	48
Tabla III.15: Temperatura exterior de la cámara D para el mes de octubre 2014.....	48
Tabla III.16: Detalle de entrada de calor por la mercadería y materiales a la cámara D.....	49
Tabla III.17: Histórico de humedad relativa desde el año 1999 a 2008.....	51
Tabla III.18: Parámetros internos de la cámara D.....	51
Tabla III.18.1: Parámetros externos de la cámara D.....	52
Tabla III.19: Detalle de pérdidas de carga por salida de aire del exterior a la cámara.....	52
Tabla III.20: Detalle de salida de carga por despacho de semilla y materiales de la cámara D.....	59

Página

Tabla III.21: Perdidas de carga por diferencia de temperatura en el interior de la cámara D.....	61
Tabla III.22: Resumen de carga térmica de entrada, salida y acumulación de semilla y material de la cámara D.....	62
Tabla III.23: Datos de los equipos de frio que se encuentran instalados en la cámara D.....	63
Tabla III.24: Capacidad de los deshumidificadores portátiles que se encuentra en la cámara D.....	64
Tabla III.25: Condiciones de trabajo actuales y óptimas de los deshumidificadores portátiles.....	67
Tabla III.26: Resumen de resultados.....	69
TablaIV.1: Comparación número de equipos y capacidad.....	70
Tabla IV.2: Capacidad de los deshumidificadores propuestos para la Cámara D.....	71
Tabla IV.3: Cuadro comparativo de costos totales de los deshumidificadores.....	71
Tabla IV.4: Semilla almacenada en la Cámara D con baja calidad no apta para la venta – gestión 2014.....	73
Tabla IV.5: Detalle de stock y precio total por Lote Dow.....	74
Tabla IV.6: Cuadro comparativo de saldo de costo y saldo beneficio.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS**Página**

Figura II.1: Modelo de hoja de identidad de un pallet con girasol.....	23
Figura II.2: Modelo de etiqueta que emite Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal a la semilla certificada.....	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A-1.1	Carta sicrométrica
Anexo A-I.2	Densidad del agua
Anexo A-II.1	Base de datos temperatura y humedad de los lectores de los equipos y el sicrómetro (data logger)
Anexo A-II.2	Base de datos temperatura y humedad de los lectores de los equipos y el sicrómetro (data logger)
Anexo A-II.3	Base de datos temperatura y humedad de los lectores de los equipos y el sicrómetro (data logger)
Anexo A-III.1	Cláusula segunda del contrato donde indica los parámetros para el almacenamiento de semilla
Anexo A-IV.1	Reporte de recepción de semillas refrigeradas del mes de octubre 2014
Anexo A-IV.2	Reporte de recepción de semillas no refrigeradas del mes de noviembre 2014
Anexo A-IV.3	Reporte de recepción de semillas refrigeradas del mes de noviembre 2014
Anexo A-V.1	Reporte de despacho de semillas del mes de septiembre 2014
Anexo A-V.2	Reporte de despacho de semillas del mes de octubre 2014
Anexo A-V.3	Reporte de despacho de semillas del mes de noviembre 2014
Anexo A-VI.1	Reporte mensual del mes de septiembre 2014
Anexo A-VI.2	Reporte mensual del mes de octubre 2014
Anexo A-VI.3	Reporte mensual del mes de noviembre 2014
Anexo A-VII.1	Factura de semillas certificadas
Anexo A-VII.2	Semillas Certificada
Anexo A-VII.3	Consumo de energía eléctrica
Anexo A-VIII.1	Deshumificador woods MRD-14
Anexo A-VIII.2	Deshumificador TRAU DH 730
Anexo A-VIII.3	Deshumificador TRAU SUPERDRYER 62

Anexo A-IX.1	Layout de la cámara de almacenamiento de grano “D”
Anexo A-IX.2	Zona de carguío cámara D
Anexo A-IX.3	Acomodado de los pallet en la cámara D
Anexo A-IX.4	Deshumidificador portátil en uso actual en la cámara D
Anexo A-IX.5	Compresor en uso actual en la cámara D
Anexo A-IX.6	Datos técnicos de los equipos de frio manual de BOHN
Anexo A-X.1	Temperatura de la ciudad de Santa Cruz año 2014
Anexo A-XI.1	Procesos Fisiológicos y acontecimientos metabólicos asociados con el deterioro de las semillas
Anexo A-XI.2	Santa Cruz: Superficie, rendimiento y producción de la campaña agrícola
Anexo A-XI.3	Evolución de la producción de maíz en Santa Cruz y Zona Norte
Anexo A-XI.4	Evolución de la producción de soya en Santa Cruz y Zona Norte
Anexo A-XI.5	Provisión de la semilla para la siembra en Bolivia
Anexo A-XI.6	Provisión de semilla de soya y trigo en Bolivia
Anexo A-XI.7	Bolivia: Producción agrícola, según cultivo
Anexo A-XI.8	Bolivia: Producción agrícola según cultivo
Anexo A-XI.9	Bolivia: Rendimiento agrícola según cultivo
Anexo A-XI.10	Bolivia: Producción agrícola según cultivo

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

INIAF	Instituto de Innovación Agropecuaria y Forestal
Ton	Tonelada
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
HR	Humedad Relativa
T	Temperatura
°C	Grados Centígrados
°K	Grados Kelvin
Material	
Higroscópico	Capacidad de Absorber humedad del medio circundante
Te	Temperatura Interior
Ti	Temperatura interior
$Q_{\text{Cerramiento}}$	Es el calor total que atraviesa la pared por unidad de tiempo (W o Kcal/h)
K	Coefficiente de transmisión de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ o $\text{Kcal}/\text{h m}^2\text{°C}$)
S	Superficie de transmisión (m^2)
ΔT	Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior (K o °C)
Q_{Genero}	Carga térmica por enfriamiento de la mercadería
K_{Genero}	Son los kilogramos de entrada diaria de producto (Kg. /día).
C_e	El calor específico del producto congelado (Kcal. /Kg, °C).

- ΔT Gradiente de temperatura que experimenta el producto ($^{\circ}C$)
- Q_{Renov} Carga térmica por renovación de aire
- V Volumen de la cámara o recinto frigorífico (M^3).
- ΔH Diferencia entálpica entre el aire exterior y el aire de la cámara (Kcal./Kg.).
- V_e Volumen específico medio del aire entre las condiciones interiores y exteriores (m^3/Kg).
- n número de renovaciones de aire por día.
- $Q_{Personal}$ Carga térmica debido al calor desprendido por las personas
- N_p Número de personas
- $.q$ Calor emitido por cada persona en una hora (Kcal/h).
- Λ Número de horas en el interior de la cámara por día por persona
- Q_{Illum} Carga térmica de la iluminación
- N Número de luminarias
- P_f Potencia de cada artefacto (W)
- N_f Número de artefactos por luminarias
- P_i Horas de uso de la iluminación por día
- K Coeficiente de transferencia de calor
- C_p Capacidad calorífica