

1.1. ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS

Se puede definir el almacenamiento como la conservación de semillas viables desde el momento de la recolección hasta la siembra (Holmes y Buszewicz, 1958). Cuando las semillas son destinadas a forestación se pueden sembrar inmediatamente después de la recolección. La fecha idónea para sembrar las semillas de una determinada especie en vivero depende de:

- La fecha prevista de plantación, que a su vez depende de las condiciones climáticas estacionales, (Ramírez G, M, 1982).
- El tiempo que se necesita en el vivero para que el material de plantación de esa especie alcance el tamaño adecuado, para su plantación en el campo. Es muy poco frecuente que la fecha idónea para la siembra, coincida con la fecha idónea para la recolección de la semilla, (Ramírez G, M, 1982).

Lo más habitual es que sea necesario almacenar la semilla durante períodos de tiempo diversos, períodos que cabe clasificar de la manera siguiente:

- Hasta un año, cuando tanto la producción de semilla como la forestación se efectúan con periodicidad anual, pero es necesario esperar la temporada idónea para la siembra, (Ramírez G, M, 1982).
- De 1 a 5 años o más, cuando una especie fructifica en abundancia en intervalos de varios años y debe recolectarse en un año bueno; semilla suficiente para satisfacer las necesidades anuales de forestación en los años intermedios, en los que la producción de semilla es escasa, (Ramírez G, M, 1982).
- De largo plazo, con fines de conservación de recursos genéticos. El período de almacenamiento varía en función de la longevidad de la semilla especie de que se trate y las condiciones del almacenamiento; no obstante, en especies que se almacenan bien el tiempo de almacenamiento se suele medir en decenios, (Ramírez G, M, 1982).

Los medios que se precisan están relacionados con la cantidad de semilla que se va a almacenar y con la duración del almacenamiento, (Ramírez G, M., 1982).

1.2. TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS.

Para una conservación adecuada de granos y semillas, en cualquier parte del mundo, se deben considerar aspectos como ecología de la región, tipo y condición del material a guardar; almacén disponible y la duración del almacenamiento, (Cerovich, M.; F. Miranda, 2004).

En los países tropicales, donde la temperatura y la humedad relativa son altas y exceden los valores recomendados, aún para periodos cortos de almacenamiento, la conservación de granos y semillas constituye una labor de alto riesgo, pues esta condición no sólo acelera el deterioro fisiológico de las semillas, sino que también propicia el desarrollo de muchas plagas como hongos, bacterias, insectos, roedores y pájaros que afectan la calidad de la semilla, por lo tanto, para garantizar su conservación adecuada, a corto o largo plazo, se le debe proporcionar la mayor protección posible durante ese periodo, (Cerovich, M.; F. Miranda, 2004).

1.2.1. ALMACENAMIENTO ARTESANAL DE LAS SEMILLAS.

En pequeños predios, almacena sus mejores lotes/variedades que se van a utilizar en el próximo ciclo. Para ello, puede usar tambores desinfectados en donde se coloca la semilla bien seca, por ejemplo, el maíz con (11 a 12) % de humedad y trasvasado en envase hermético. En algunos países de Latinoamérica y África usan un "troj" que consiste de una estructura elevada, parecida a una jaula, que puede hacerse de palos, bambú, de forma variable, protegiéndolo en las bases contra roedores. Estas estructuras sin embargo, no garantizan la efectividad de almacenamiento y su principal desventaja es la absorción de humedad por la semilla y la infestación con plagas, insectos y patógenos. En general, el tiempo de permanencia bajo estas condiciones no debe exceder de unos días a unas pocas semanas, (Cerovich, M.; F. Miranda, 2004).

1.2.2. ALMACENAMIENTO CONTROLADO CORTO DE LAS SEMILLAS.

Este almacenamiento es destinado generalmente a lotes de semillas comerciales y cuya permanencia es también relativamente corta, desde su cosecha hasta el próximo ciclo de siembra (uno a nueve meses). Este tipo de almacenamiento está más relacionado con empresas productoras de semillas, oficiales o privadas, y varía en tamaño y construcción, desde pequeños silos de madera o metal, tanques o fosas de almacenamiento, hasta galpones medianos de concreto. Muchas veces, bajo estas condiciones también es difícil controlar la humedad y la temperatura, y frecuentemente ocurren grandes pérdidas por factores bióticos como insectos, hongos o roedores. Cuando estas estructuras disponen de controles para temperatura, humedad, y para garantizar un almacenamiento seguro, se recomienda usar las siguientes combinaciones de los factores físicos ambientales, (Cerovich, M.; F. Miranda, 2004):

(a) Temperatura de 30°C y 50% de humedad relativa manteniendo el contenido de humedad en 12% para los cereales y 9% en semillas oleaginosas.

(b) Temperatura de 20°C y 60% de humedad relativa cuando el contenido de humedad en cereales este cercano a 13% y 9,5% en las oleaginosas.

1.2.3. ALMACENAMIENTO CONTROLADO PROLONGADO DE LAS SEMILLAS.

Generalmente el tiempo de almacenamiento excede el año, de 18 a 30 meses, y usualmente es destinado a guardar semillas de alto valor comercial, como son las clases genética o fundación, semillas de líneas parentales, semillas ornamentales o forestales. Para garantizar un almacenamiento seguro, en cereales y oleaginosas se recomienda las combinaciones de temperatura, humedad relativa y contenido máximo de humedad, (ver Tabla I.1).

Tabla I.1

Contenido de humedad (Relación temperatura y humedad relativa)

Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Contenido de Humedad	
		Reales (%)	Oleaginosas (%)
30	40	10	7,5
20	50	12	8
10	60	12-13	9

Fuente: Cerovich, M.; F. Miranda; 2004.

Estos almacenes o bodegas especiales están equipados con aparatos de refrigeración y desecadores de aire, pero además sus paredes, techos y pisos deben estar recubiertos con materiales aislantes para controlar los intercambios de humedad y calor con el medio ambiente, (Cerovich, M.; F. Miranda, 2004).

1.2.4. ALMACENAMIENTO PARA BANCOS DE GERMOPLASMA DE SEMILLAS

La devastación de amplias áreas vegetales, la presión de selección en materiales genéticos y las modernas prácticas agrícolas han propiciado la desaparición de muchas especies silvestres y cultivos primitivos de los cultivos agrícolas, con la consecuente disminución de valiosos recursos genéticos vegetales. Esto impulsó en la década de los 40, la necesidad de evaluar métodos, para restringir esta tendencia creando organizaciones y estableciendo estructuras especializadas para ese fin. En muchos países del mundo surgieron los laboratorios de almacenamiento de semillas para recursos fitogenéticos, con estructuras y equipamientos sofisticados y en donde la mayoría de las especies de semilla mantienen su viabilidad, aún almacenadas por largos años. En algunos de ellos usan envases sellados y en otros abiertos, pero siempre a bajas humedades relativas y a bajas temperaturas, algunas de ellas menores a 18°C y un contenido de humedad de la semilla que fluctúa entre 4% y 7%, (Cerovich, M.; F. Miranda, 2004).

Las evaluaciones de viabilidad se realizan entre dos a cinco años, dependiendo de la especie, y cuando esta disminuye a niveles peligrosos, los mismos laboratorios son los encargados de multiplicar la nueva generación, (Cerovich, M.; F. Miranda, 2004).

Con las características de almacenamiento descritas, la mayoría de las especies mantendrán su viabilidad por largos períodos Sin embargo, para garantizar un adecuado almacenamiento y reducir al máximo cualquier riesgo de pérdida de calidad, se resume a continuación, (J.C. Delouche, 2014):

- Guardar siempre semillas de alta calidad.
- El contenido de humedad de la semilla y la temperatura de almacenamiento, son los factores más importantes que influyen en el almacenamiento. La temperatura se mantiene con equipos de frío (compresor- evaporador) regulados para encendido/apagado con sensores de temperatura. La humedad se mantiene con equipos deshumificadores regulados para encendido/apagado con sensores de humedad.
- El contenido de humedad está fuertemente afectado por la humedad relativa y en menor grado por la temperatura del ambiente. Porque el producto almacenado tiende a hidratarse o adsorber humedad del medio.
- El contenido de humedad es más importante que la temperatura, con altos valores de humedad relativa encuentran las mejores condiciones para desarrollarse las plagas, que reducen su calidad de la semilla.
- Disminuyendo en 1% el contenido de humedad o en 5°C la temperatura, casi se duplica el potencial de almacenamiento.
- La longevidad o mayor vida de la semilla es una característica genética de las especies.
- La calidad de la semilla es un factor determinante de la potencialidad de su almacenamiento.
- Para un almacenamiento sellado, el contenido de humedad en la semilla deberá ser de 2 a 3% inferior que cuando es almacenado en condiciones abiertas.

Para un buen almacenamiento se debe seleccionar un lugar seco y fresco, basando ésta selección en el tipo de semilla a guardar, tiempo de permanencia y su condición fisiológica, (ver Tabla I.2).

Tabla I.2

Contenido de humedad para almacenamiento seguro

Variedades	Porcentaje base humedad para almacenaje seguro	
	Por 1 Año	Por 5 Años
Cebada	13	11
Maíz	14	10-11
Avena	14	11
Arroz	12-14	10-12
Centeno	12	11
Trigo	13-14	11-12

Fuente: Cerovich, M.; F. Miranda; 2004

1.3. FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIÓTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LAS SEMILLAS

Los factores que se toman en cuenta son:

1.3.1. FACTORES FÍSICOS

Se debe considerar durante el almacenamiento la humedad de equilibrio en ese ambiente disminuye un 13,3 %. No obstante, hay que señalar que la temperatura y humedad relativa actúan en forma independiente; por tanto, si una aumenta hay que disminuir la otra, (Ramayo R. L. F, 1983).

1.3.2. FACTORES QUÍMICOS (Oxígeno, Dióxido de Carbono)

Entre ellos el oxígeno y dióxido de carbono influyen fuertemente en los granos y las semillas almacenados, lo que está relacionado con el volumen y la porosidad de las semillas, humedad relativa y temperatura de almacenamiento que la rodean, ya que estos dos son los que inciden principalmente sobre su contenido de humedad, (Ramayo R. L. F, 1983).

- ***Humedad de equilibrio y relativa del aire:*** Conocer cuáles son los mecanismos de transferencia entre las semillas y el aire que las rodea es de vital importancia, pues ayuda a tomar decisiones sobre las operaciones de almacenamiento. Las semillas son higroscópicas y absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se les coloque y su contenido de humedad final se estabiliza cuando estas se exponen a un ambiente específico por un período de tiempo determinado, lo cual se conoce como humedad de equilibrio.

Esta depende del tipo de semillas, la temperatura y humedad relativa (HR) del aire circundante. Si el contenido de humedad de la semilla es alto, mayor que el de la humedad de equilibrio para un ambiente dado, la semilla liberará humedad al ambiente; si por el contrario es menor, entonces absorberá humedad del aire.

Está demostrado que cuando la humedad relativa del aire supera el 75 %, el contenido de humedad de las semillas se incrementa rápidamente; en cambio, en climas secos donde la humedad relativa no sobrepasa ese límite, sus cambios afectan poco el contenido de humedad de las semillas, (Ramayo R. L. F, 1983).

- ***Temperatura:***El contenido de humedad de la semilla también se incrementa cuando aumenta la temperatura, siempre y cuando la humedad relativa permanezca estable. Pero cuando la temperatura del aire se calienta, las semillas disminuirán su humedad de equilibrio: por ejemplo, las semillas de arroz con una humedad relativa de 70 % y temperatura de 15°C tendrán una humedad relativa de equilibrio de 13,8 %, pero si se aumenta la temperatura a 25°C a la misma humedad relativa, la capacidad de retención de agua de ese ambiente y la humedad de equilibrio de la semilla almacenada también aumenta, así como los procesos de respiración, (Ramayo R. L. F, 1983).

Como se señaló anteriormente, las semillas son organismos conformados por células vivas, que respiran para producir la energía necesaria para los diversos procesos metabólicos, (Ramayo R. L. F, 1983).

1.3.3. FACTORES BIÓTICOS

Finalmente, los insectos y microorganismos pueden causar serios problemas, cuando se encuentran asociados a la masa de semillas, llegando inclusive a ocasionar serios problemas al valor agrícola y comercial de estas. La presencia de hongos, bacterias e insectos, y sus ciclos reproductivos están muy vinculados con la humedad relativa y la temperatura del almacén. En países tropicales, donde las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa son siempre altas y continuas, se favorece la presencia de plagas y microorganismos. Por tanto, para un buen almacenamiento es imprescindible mantener bajo el contenido de humedad de los granos y las semillas, (Ramayo R. L. F, 1983).

Además de los factores previamente señalados, también se debe considerar otros que de alguna manera inciden en el almacenamiento de semillas, como son:

- a) ***Características genéticas de la especie almacenada:*** En iguales condiciones de almacenamiento, la longevidad de las semillas varía entre especies, cultivares de una misma especie, lotes y hasta entre individuos de un mismo lote. Los cereales, la avena y cebada tienen alto potencial de almacenamiento; el maíz y trigo tienen longevidad intermedia, mientras que el centeno se considera de vida corta. Así mismo, el maíz dulce tiene mayores problemas de almacenamiento que el maíz blanco o amarillo, (Ramayo R. L. F, 1983).
- b) ***Historia pre-cosecha del cultivo:*** Antes de la cosecha, el cultivo está expuesto a una serie de factores que pueden mermar su calidad y ningún almacenamiento por muy bueno que sea puede mejorarla. Para garantizar un buen almacenamiento, es recomendable guardar siempre semillas maduras, con baja incidencia de daños mecánicos o patógenos y que no hayan sido sometidas a excesivo estrés de temperatura y humedad durante su maduración y cosecha, (Ramayo R. L. F, 1983).
- c) ***Estructura y composición química de la semilla:*** Ciertas estructuras como las glumas en los cereales, ayudan a prolongar la longevidad de las semillas; las cáscaras, aristas o ambas, parecen tener un efecto inhibitorio sobre el desarrollo

de hongos en los cereales almacenados; el tamaño, arreglo de las estructuras esenciales de las semillas y la composición química de estas, también son factores que afectan el almacenamiento. Por ejemplo, semillas ricas en aceites y proteínas son más susceptibles al deterioro que las semillas ricas en carbohidratos, (Ramayo R. L. F, 1983).

- d) *Grado de madurez:*** Cuando las semillas están fisiológicamente maduras presentan la máxima calidad en todos sus atributos como tamaño, peso, germinación y vigor, por lo tanto semillas llenas, sanas y maduras se almacenan mejor que aquellas que no hayan alcanzado su total grado de madurez, (Ramayo R. L. F, 1983).
- e) *Presencia de latencia:*** Muchas semillas pueden desarrollar cierto grado de latencia cercano al momento de la cosecha. Esta latencia puede ser debida a diversas causas, como barreras físicas causadas por tegumentos, glumas, pericarpio u otra estructura; por aspectos fisiológicos relacionados con el embrión, por presencia de inhibidores o como sucede en muchos casos, una combinación de factores. En cualquiera de estas expresiones, la latencia ayuda a prolongar la vida de las semillas y de acuerdo a las temperaturas de almacenamiento, este fenómeno puede aumentar o desaparecer, (Ramayo R. L. F, 1983).
- f) *Daños mecánicos:*** Los daños mecánicos en las semillas son producto del uso excesivo y/o inadecuado de maquinarias, que no solo producen magulladuras y abrasiones que se manifiestan por un rápido descenso y pérdidas de vigor, dando origen a plántulas débiles y anormales, sino que hacen a las semillas más vulnerables a infecciones secundarias por hongos e insectos, provocando un rápido deterioro del material, (Ramayo R. L. F, 1983).
- g) *Vigor:*** El vigor de las semillas es un factor determinante en la longevidad de estas durante el almacenamiento. A mayor vigor, mayor potencialidad de permanecer almacenados, (Ramayo R. L. F, 1983).

1.4. LOS GRANOS SON MATERIALES HIGROSCÓPICOS

Tienden a recibir o entregar humedad al ambiente que los circunda, es decir tiende a equilibrar su humedad con la de los espacios intergranular, (Estudios y Diseños Agroindustriales Ltda., 2006).

Se han estudiado las humedades de equilibrio en diferentes valores de temperatura y humedad para los granos de maíz. Estas gráficas, se denominan isotermas, (ver Tabla I.3).

Tabla I.3

Humedad segura para el almacenaje de granos higroscópicos

Temperatura		Porcentaje de humedad relativa (%)								
°F	°C	10	20	30	40	50	60	70	80	90
35,6	2	6,30	8,30	9,90	11,30	12,60	13,90	15,30	16,90	19,10
39,2	4	6,10	8,20	9,70	11,10	12,40	13,70	15,10	16,60	18,80
44,6	7	6,00	8,00	9,60	10,90	12,20	13,40	14,80	16,40	18,50
50,0	10	5,90	7,90	9,40	10,70	12,00	13,20	14,60	16,10	18,20
55,4	13	5,80	7,70	9,20	10,50	11,80	13,00	14,30	15,90	17,90
60,8	16	5,70	7,60	9,10	10,40	11,60	12,80	14,10	15,60	17,70
64,4	18	5,60	7,50	9,00	10,20	11,40	12,60	13,90	15,40	17,40
69,8	21	5,60	7,40	8,80	10,10	11,30	12,50	13,70	15,20	17,20
75,2	24	5,50	7,30	8,70	9,90	11,10	12,30	13,50	15,00	17,00
80,6	27	5,40	7,20	8,60	9,80	11,00	12,10	13,40	14,80	16,80
84,2	29	5,30	7,10	8,50	9,70	10,80	12,00	13,20	14,60	16,60
89,6	32	5,20	7,00	8,40	9,60	10,70	11,80	13,10	14,50	16,40
95,0	35	5,20	6,90	8,30	9,40	10,60	11,70	12,90	14,30	16,20
100,4	38	5,10	6,80	8,20	9,30	10,40	11,60	12,80	14,10	16,00

Fuente: Estudios y Diseños Agroindustriales, 2006.

*Resaltado con negrilla es la humedad segura de almacenaje para grano higroscópico.

1.5. PRINCIPALES MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO DE LAS SEMILLAS.

El principio de un buen almacenamiento y conservación de granos y semillas es el empleo de bodegas secas, limpias y libres de plagas; donde se almacenen granos o semillas secas, enteras, sanas y sin impurezas, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

Independientemente del tipo de almacén o de recipiente que se utilice, el producto almacenado debe mantenerse fresco, seco y protegido de insectos, pájaros, hongos y roedores, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

Algunos de los métodos de almacenamiento de mayor uso son:

✓ Almacenamiento de semillas en sacos.

Los sacos se hacen de yute, fibras locales y sintéticas. Son relativamente costosos, tienen poca duración, su manipulación es lenta y no proporcionan buena protección contra la humedad, insectos y roedores. Su rotura ocasiona pérdidas del producto almacenado y facilita la infestación por plagas, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

No obstante su manejo es fácil, permiten la circulación del aire cuando se colocan apropiadamente y pueden almacenarse en la casa del agricultor, sin requerir áreas especiales, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

Antes de utilizarse, los costales deben limpiarse perfectamente, exponerse al sol y asegurarse de que no estén rotos, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

Los productos ensacados deben inspeccionarse al menos cada dos semanas, introduciendo la mano a su interior para revisar el calentamiento del grano o la semilla, el cambio en olor o de color, así como la presencia de insectos. Si algún problema de este tipo se presenta, el grano debe vaciarse de nuevo, limpiarlo, secarlo y de ser necesario tratarlo con productos especiales, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

Los sacos deben estibarse sobre plataformas de metal, madera o de ladrillos, evitando con ello el contacto directo con el suelo. Debe dejarse una separación de 0,50 metros con relación a las paredes del almacén, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

✓ **Almacenamiento de semillas a granel.**

El almacenamiento a granel es una práctica común. Este método tiene la ventaja que es mecanizable, la manipulación de granos y semillas es rápida. Por el contrario, la posibilidad de ataque por roedores aumenta y hay poca protección contra la reinfestación, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

✓ **Almacenamiento de semillas hermético.**

Consiste en almacenar el producto en recipientes que evitan la entrada de aire y humedad al producto. En estas condiciones, la respiración de la semilla y de los insectos (cuando los hay) agota el oxígeno existente, provocando la muerte de estos últimos y la reducción de la actividad de la semilla, por lo que el almacenamiento puede durar mucho tiempo sin que exista deterioro. El nivel de humedad de los granos o semillas por almacenar debe ser menor del 9%, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

Son recipientes herméticos (sacos de plásticos y tambores metálicos) fáciles de manejar, protegen al grano o semilla contra insectos y son apropiados para fumigar cantidades pequeñas de grano y semilla. Sus desventajas son que pueden romperse con facilidad por la presencia de roedores. La humedad del producto por almacenar debe ser inferior al 9%, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

Algunas de las precauciones que deben tomarse al usar tambores son:

- Al depositar el grano o la semilla, los tambores deben estar limpios, secos y sin agujeros; de existir algunos orificios, deben soldarse o taparse con cera. Agitar el tambor para que se llene completamente, sin dejar espacios vacíos, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).
- Cerrar los tambores herméticamente, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

- No deben quedar expuestos al sol, para evitar cambios en la temperatura y humedad del producto almacenado, (Lindblad, C. y L. Druben, 1979).

2.1. CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Totaí Citrus S.A. tiene como actividad principal la producción, comercialización e industrialización del limón. La Unidad de Servicios a Terceros que pertenece a Totaí Citrus S.A., es la que brinda servicios de almacenamiento, logística de semilla híbrida y agroquímicos a la empresa Dow Agrosience S.A. en los diferentes almacenes con/sin control de temperatura y humedad, que se encuentran en el parque industrial manzana número 34 en el departamento de Santa Cruz, (Totaí Citrus S.A., 2014).

La semilla híbrida que importa la empresa Dow Agrosience S.A., tiene en cada bolsa unas etiquetas que indican sus datos de calidad internacional aprobados en origen. Como ser porcentaje de germinación, pureza, año de cosecha. La semilla previo a su envasado es tratado con inhibidores para evitar el desarrollo de cualquier actividad biológica, secado y envasado en bolsas. Los embalajes o bolsas para la semilla presentan dos capas de papel y una capa de plástico que impermeabiliza la semilla con el medio exterior, La unidad de medida por bolsa es de 60000 unidades de semilla por bolsa. Las semillas de maíz, girasol tienen un número de grado (tamaño de semilla) y una letra que lo identifica si es redondo (R) o plano (C), el sorgo y soya no tiene grado, (Totaí Citrus S.A., 2014).

Cada variedad se distingue por su lote de origen que los asigna la planta de origen, semilla nueva que llega a los almacenes lo asigna INIAF un número de importado a cada lote de las diferentes variedades de semilla importada y su posterior extracción de muestra para cuantificar los datos de calidad (ver Tabla II.1), (Totaí Citrus S.A., 2014).

Tabla II.1

Detalle de tipo de producto y número de semilla por kilo

PRODUCTO	BUSINESS	TIPO PRODUCTO	LOTE DOW	LOTE ORS	VENCIMIENTO	GRADO	SEMILLA POR BOLSA	PESO KG
1G100 SOR	SORGO	Comercial	C352D8AF24	IM: 278-14	11-febrero-2015	S/G	0	20,00
1G244 SOR	SORGO	Comercial	C352DB6F27	IM: 279-14	12- febrero-2015	S/G	0	20,00
1G282 SOR	SORGO	Comercial	C352DALF02	IM: 361-14	27- febrero-2015	S/G	0	20,00
2B587 C18	MAIZ	Comercial	1G3147MVPL	IM: 1591-14	04-marzo-2015	C18	61125	15,13
2B688 C19	MAIZ	Comercial	C050E98L06	IM: 1775-14	19-marzo-2015	C19L	60486	19,30
2B710 C18	MAIZ	No Comercial	1B0147MVPH	IM: 451-12	28-octubre-2014	C18	63309	13,82
50A70 SOR	SORGO	No Comercial	C352D8LF27	IM: 277-14	08-julio-2014	S/G	0	15,70
740 SOR	SORGO	No Comercial	WK2444D415	IM: 537-09	02-septiembre-2014	C1	0	20,42
DAS5000 SOR	SORGO	No Comercial	C045CANPT1	IM: 27-13	02-diciembre-2014	S/G	0	20,00
MG303 G2	GIRASOL	Comercial	C045D9IPT1	IM: 173-14	13-mayo-2015	G2	182494	17,60
MG303 G2	GIRASOL	No Comercial	C045DA1PT1	IM: 171-14	20-junio-2014	G2	186416	17,70
MG310 G3	GIRASOL	No Comercial	C045D8DPT1	IM: 223-14	18-febrero-2014	G3	186416	13,40
MG360 G2	GIRASOL	No Comercial	C045D3UPT4	IM: 221-14	26-junio-2014	G2	186416	17,20
MG52 G1	GIRASOL	Comercial	C045D93PT1	IM: 192-14	27-enero-2015	G1	177005	17,20
SS318 SOR	SORGO	Comercial	C352D8VF44	IM: 338-14	27-febrero-2015	S/G	0	10,00

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

2.2.DETALLE DE LOS ALMACENES DE LA UNIDAD DE SERVICIOS A TERCEROS

La Unidad de Servicio a Terceros de Totai Citrus S.A. cuenta con un depósito para el almacenamiento de agroquímicos y cinco cámaras frías para el almacenamiento de semilla híbrida los cuales están ubicados en el parque industrial manzana número 34 en el departamento de Santa Cruz, (Totai Citrus S.A., 2014).

- Cámara “A” para almacenamiento de semilla híbrida (maíz, sorgo, girasol).
- Cámara “B” para almacenamiento de semilla híbrida (maíz, sorgo, soya).
- Cámara “C” para almacenamiento de semilla (chía negra).
- Cámara “D” para almacenamiento de semilla híbrida (maíz, sorgo, girasol).
- Cámara “E” para almacenamiento de semilla soya.
- Depósito de Agroquímico número uno.

Una semana antes que llegue la semilla de la empresa Dow Agroscience S.A., hace llegar por medio virtual el listado y el número de factura de los productos que corresponde. El momento que llega el container, reefer, camiones con remolque se realiza la recepción verificando las condiciones físicas como ser:

- Embalajes rotos
- Embalajes sucio
- Embalajes manchados
- Embalaje con peso físico inferior al peso neto que indica la lista de empaque

Esta mercadería se registra en la guía de recepción, se toma fotografía y se elabora un informe de las causas y cantidad de los embalajes observados para enviar vía e-mail a la empresa Dow Agroscience S.A. para que tome en cuenta en sistema de control de la mercadería que se tiene en los almacenes de la Unidad de Servicio a Terceros de Totai Citrus S.A. Luego se procede al descarguío por número de lote y variedad o tipo de producto. Terminado la recepción se procede a la identificación con unas hojas de identidad donde indica la cantidad por tarima, número de lote, variedad, grado o tamaño de la semilla (ver Figura II.1), (Totai Citrus S.A., 2014).

Figura II.1

Modelo de hoja de identidad de una tarima con girasol

CAMARA : D	TOTAI CITRUS
HIBRIDO: MG52	
BATCH	C045D67PT4
LOTE INIAF IM: 322-15	
TOTAL BLS.:	43
<small>RETIRADO:</small>	

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

En caso de agroquímicos termina su proceso de recepción. El producto está en espera para el despacho, (Totai Citrus S.A., 2014).

Terminado la recepción de semilla se solicita a la empresa Dow Agrosience S.A. (dueño de la semilla) que INIAF se presente a los almacenes para la asignación del número de importado a cada uno de los lotes de las diferentes variedades de semilla, terminado la asignación del lote proceden a la extracción (por medio de un cono extraen los granos de las bolsas) de semilla de dos kilos por lote, como muestra para realizar las pruebas de calidad (porcentaje de germinación, vigor, pureza, impureza y número de semilla por kilo) por personal de laboratorio de INIAF. Los resultados de las pruebas de calidad de la semilla son registrados e impresos las etiquetas (ver Figura II.2), (Totai Citrus S.A., 2014).

Los datos de calidad tienen un lapso promedio de 3 a 4 meses de vigencia. Las etiquetas con quince días antes que biena sus datos de calidad se solicitan por medio de un listado de los productos a vencer a la empresa Dow Agrosience S.A. que INIAF realice el muestreo para la actualización de las etiquetas, (Totai Citrus S.A., 2014).

Para el despacho de los productos se engrampa a cada bolsa la etiqueta que le corresponde, según pedido variedad, lote, importado y cantidad (ver Figura II.2), (Totai Citrus S.A., 2014).

Figura II.2

Modelo de etiqueta que emite Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal a la semilla certificada



Fuente:Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal, 2014.

La empresa Dow Agroscience S.A. por medio virtual envía a la Unidad de Servicios a Terceros de Totai Citrus S.A. las cantidades y productos que quieren comprar los clientes, (Totai Citrus S.A., 2014).

Para la asignación de los lotes se consideran los siguientes datos:

- Si el producto se encuentra en el pasillo de la Cámara “D”.
- La etiqueta este dentro la fecha de vencimiento y con los valores dentro lo comercial según parámetros de calidad de INIAF y la empresa Dow Agroscience S.A.
- Número de documento único de importación (DUI).

- Número de factura.
- Número de bolsas importada.
- Se re-envía por medio virtual a la empresa Dow Agroscience S.A. para la programación del despacho.
- Los datos de chofer, camión, transportadora, el día y hora que va ir a los Almacenes de la Unidad de Servicio a Tercero de Totai Citrus S.A. para recoger el pedido lo envía por medio virtual. Para preparar anticipadamente (sacar el producto que no esté con embalaje roto, embalaje sucio, del pedido a la pre cámara con sus respectivas etiquetas.

Llegado el camión a los predios de los AST se procede al carguío y la toma de los datos (nombre del chofer, placa, marca del camión, transportadora, número de celular), (Totai Citrus S.A., 2014).

Terminado el carguío se procede a realizar la baja (guía de despacho) en el sistema de AST. Por medio virtual se envía la guía a la empresa Dow Agrosciences S.A., (Totai Citrus S.A., 2014).

Si el destino de la mercadería es:

- Dentro la ciudad se lo despacha con la guía de despacho.
- Para una provincia se solicita a la empresa Dow Agroscience S.A. la factura del producto para que pase la tranca sin ningún problema. Llegado la factura se despacha con la guía de despacho y factura.

Las diferentes cámaras de almacenamiento de semilla tienen los mismos parámetros de control temperatura y humedad relativa, (Totai Citrus S.A., 2014).

Según los Controladores Lógicos Programables (PLC), tienen un intervalo de 12°C para apagado y 16°C para encendido. Según lecturas que registren cada uno de los sensores que tienen los equipos de frio de la Cámara “D”, (Totai Citrus S.A., 2014).

Los equipos deshumificadores portátiles que se encuentran distribuidos en el interior de la Cámara “D” tienen una capacidad de 6 litros/día*equipo, (Totai Citrus S.A., 2014).

Los parámetros promedios de temperatura y humedad que la empresa Dow Agroscience S.A. y la Unidad de Servicios a Terceros de Totai Citrus S.A. firmaron contrato (**Anexo Cuadro A-III.1**) para la prestación de servicios de almacenamiento con un intervalo de temperatura de **6°C a 15°C**, humedad relativa de **45% a 55%** y logística, (Totai Citrus S.A., 2014).

2.3. CONTROL BIOLÓGICO EN EL ALMACENAMIENTO DE SEMILLA HIBRIDA DE LA CÁMARA “D”.

Las larvas, polillas afectan negativamente los parámetros de calidad de la semilla que se encuentran en el interior de la Cámara “D”, (Totai Citrus S.A., 2014).

Para la eliminación o control de larvas, polillas en el interior de la Cámara “D” y pre-Cámara “D”, lo realiza una empresa calificada en el área (Mip S.R.L.) para la fumigación mensual. Previa programación del día con la empresa, (Totai Citrus S.A., 2014).

La dosificación de los insecticidas para la fumigación en el interior de la Cámara “D” y pre-Cámara “D” es la siguiente:

- Reldan plus 450ml.
- Actellic 450ml.
- Creolina 450ml.

2.4. CONTROL DE ROEDORES.

La presencia de roedores en el interior de la Cámara “D” y pre-Cámara “D”, son motivo de alarma, porque utilizan como fuente de alimento la semilla. Para la eliminación o control de roedores lo realiza mensualmente una empresa especialista (Mip S.R.L.) en el área, (Totai Citrus S.A., 2014).

Consiste en colocar trampas en diferentes puntos del perímetro interno y externo de la Cámara “D” y pre-Cámara “D”, las trampas son platillos de plástico que contienen veneno como ser; sebos, anticoagulantes en líquido y sólidos, (Totai Citrus S.A., 2014).

2.5. MERCADERÍA CON LARVAS Y/O INSECTOS.

En el proceso de recepción se constata la presencia de larvas. En caso de existencia de larvas se procede a colocar la mercadería en la pre Cámara “D”. Terminado la recepción de la semilla se procede a cubrir con una carpa de plástico toda la mercadería para impermeabilizar con el medio, (Totai Citrus S.A., 2014).

La dosificación del insecticida (pastillas de fostox) para garantizar la mortandad de todos los insectos es de tres a cuatro pastillas por tonelada de semilla, (Totai Citrus S.A., 2014).

El tiempo mínimo de contacto del fostox con la semilla es de siete días. Transcurrido el tiempo se procede a retirar la carpa y posterior traslado de la semilla en el interior de la Cámara “D”, (Totai Citrus S.A., 2014).

2.6. CONTROL DE CALIDAD DE LA SEMILLA HÍBRIDA EN LA CÁMARA “D”.

La entidad gubernamental encargada de realizar el control de calidad es el **INIAF**. El control de los parámetros de calidad de la semilla híbrida son el porcentaje de germinación, número de semilla por kilo, porcentaje de pureza, los mismo datos están impresos en la etiqueta (ver Figura II.2), (Totai Citrus S.A., 2014).

Para la obtención los datos de calidad actualizados de la semilla se realizan los muestreos cada quince días antes que termine su fecha de vencimiento, (Totai Citrus S.A., 2014).

2.7. MÁRGENES DE CALIDAD DE LA SEMILLA QUE SE ALMACENA EN LA CÁMARA “D”

Los lotes con resultados de calidad menor a los permitidos por INIAF y la empresa Dow Agroscience S.A. son sellados **prohibida su venta e identificados con color rojo en la base de datos**, los lotes que están con los datos de calidad en el límite de lo aceptable se los identifica con color amarilló, los que están dentro los rangos de calidad se los identifica con color verde, en la base de datos de la empresa Dow Agroscience S.A. (ver Tabla II.2. y Tabla II.2.1), (Totai Citrus S.A., 2014).

Tabla II.2.

Calidad de semilla almacenada en cámara fría

Material	Material Descripción	Hibrido	Batch	Lote INIAF	PG %	Vigor	Status	Observaciones	Estándar DOW	Estándar INIAF
11087119	1G282 SOR CT BAG20KGBOL	1G282	C352DB5F22	IM: 387-14	89	-	OK	PG \geq 82%	PG \geq 82%	PG \geq 80%
11087140	50A70 SOR CT BAG20KGBOL	50A70	C352D8IF06	IM: 348-14	81	-	OK CON SR	PG \geq 80% < 82%	PG \geq 82%	PG \geq 80%
11087140	50A70 SOR CT BAG20KGBOL	50A70	C352D8LF27	IM: 277-14	84	-	OK / BLOCKED	PG \geq 82% / BG FISICA NO APTA PARA LA VENTA	PG \geq 82%	PG \geq 80%
11023239	M734 G3 SUN TR BAG1BGBOL	M734	XJ2247MCA1	IM: 281-11	97	95	OK / BLOCKED	PG \geq 87% / BG FISICA NO APTA PARA LA VENTA	PG \geq 85% Y VIGOR \geq 77%	PG \geq 80%
11023239	M734 G3 SUN TR BAG1BGBOL	M734	ZA2647MCA2	IM: 218-12	89	92	OK	PG \geq 87%	PG \geq 85% Y VIGOR \geq 77%	PG \geq 80%
11023239	M734 G3 SUN TR BAG1BGBOL	M734	ZA2647MCA2	IM: 401-12	86	97	OK CON SR	PG \geq 80% < 87%	PG \geq 85% Y VIGOR \geq 77%	PG \geq 80%

Fuente:Dow Agroscience S.A., 2014.

Tabla II.2.1
Calidad de semilla almacenada en cámara fría

Material	Material Descripción	Hibrido	Batch	Lote INIAF	PG %	Vigor	Status	Observaciones	Estándar DOW	Estándar INIAF
373153	DON MARIO 6.8I SOY BAG1BG MC1	DM6.8I	A984E8 1B87	IM: 1514-14	88	-	OK	PG ≥ 85%	PG ≥ 85%	-
349807	POTENCIA COMERCIAL SOY CT BAG1BG MC1	POTENCIA	A984E7 1A01	IM: 1387-14	80	-	SR GENERICO	PG ≥ 80% < 85%	PG ≥ 85%	-
356675	CONVERT HD364 CT GRASS BAG10KG BRA	CONVERT HD364	ZI2486D T21	IM: 2416-12	54	-	OK CON SR	PG ≥ 60%	PG ≥ 60%	PG ≥ 30%
356675	CONVERT HD364 CT GRASS BAG10KG BRA	CONVERT HD364	ZI2486D T21	IM: 2416-12	54	-	OK CON SR / BLOCKED	PG ≥ 60% / BG FISICA NO APTAS PARA LA VENTA	PG ≥ 60%	PG ≥ 30%
356675	CONVERT HD364 CT GRASS BAG10KG BRA	CONVERT HD364	ZJ0286D T22	IM: 2417-12	67	-	OK	PG ≥ 60%	PG ≥ 60%	PG ≥ 30%
11023765	2B688 C25 COR TR BAG1BG BOL	2B688	1G2547 MVEH	IM: 2081-12	95	92	OK	PG ≥ 92% Y VIGOR ≥ 82%	PG ≥ 92% Y VIGOR ≥ 82%	PG ≥ 85%
11023765	2B688 C25 COR TR BAG1BG BOL	2B688	C050D1 9P12	IM: 1453-13	99	87	OK / BLOCKED	PG ≥ 92% Y VIGOR ≥ 82% / BG FISICA NO APTA PARA LA VENTA	PG ≥ 92% Y VIGOR ≥ 82%	PG ≥ 85%
11023765	2B688 C25 COR TR BAG1BG BOL	2B688	C050D8 SP07	IM: 602-14	93	89	OK CON SR	PG ≥ 85% < 92% Y VIGOR < 82% / Prom. Con IM: 695-14(mismo batch)	PG ≥ 92% Y VIGOR ≥ 82%	PG ≥ 85%

Fuente:Dow Agriscience S.A., 2014.

“Código de colores”:

Verde: Semilla apta para la venta.

Amarillo: Semilla con especie relic o semilla en espera de aprobación.

Rojo: Semilla no apta para la venta.

2.8. CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA CÁMARA “D”.

Se realiza la lectura de temperatura y humedad tres veces al día. Los datos leídos en los visores de los compresores (equipos de frío) se anotan en una planilla de control de temperatura y humedad luego son cargados a la base de datos de Totai Citrus S.A., (Totai Citrus S.A., 2014).

Los horarios de lectura de temperatura y humedad son:

- Control se realiza a las 8:00am.
- Control se realiza a las 12:00pm.
- Control se realiza a las 18:00pm.
- En la noche no se realiza ninguna lectura.

Como segunda opción de control de temperatura y humedad lo realiza un equipo portátil llamado data logger. Dicho equipo se encuentra ubicada dentro la Cámara “D”. Los registros de temperatura y humedad es continuo los mismos son almacenados en la memoria interna, La información almacenada en el data logger es descargado mensualmente por personal de la empresa Dow Agrosience S.A., los resultados de las fluctuaciones son informados al encargado de los almacenes de la Unidad de Servicios de Terceros de Totai Citrus S.A. para corregir las desviaciones, (Totai Citrus S.A., 2014).

3.1.DESCRIPCIÓN DE LA CÁMARA “D”.

La Cámara “D” se encuentra ubicada en el parque industrial manzano número 34 de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

La Cámara “D” tiene forma rectangular construida con ladrillo macizo, techo de calamina con dos caídas de agua con una inclinación de 13 grados, en el interior las paredes y techo tiene una capa de espuma de poliuretano. La esquina lado nor-este hay un ambiente para limpieza de personal, que está dentro de la Cámara “D”. Lado oeste tiene una pre-Cámara “D” para la preparación de los pedidos de semilla y evitar los choques térmicos (temperatura interna de la Cámara “D” y temperatura del medio ambiente).

En las dos partes laterales están instalados diez evaporadores a una altura de tres metros. En el pasillo principal se encuentran distribuidos ocho deshumificadores portátiles.

La puerta principal de la Cámara “D” (dentro la pre-Cámara “D”) están instalados en la parte superior de la puerta dos cortinas de aire, cuya función principal es reducir la pérdida de frío por renovación de aire.

La semilla que se recepciona es acomodado en el interior de la Cámara “D” en filas de tres niveles y separados por variedad (maíz, sorgo y girasol). La semilla vienen acomodados en tarimas de sesenta, setenta idos, noventa bolsas y vienen protegidos con cartón en la parte superior e inferior. En el perímetro de la tarima viene protegido con film de embalaje.

La salida de semillas se realiza con los mismos materiales de embalaje como ser las tarimas con las bolsas embaladas, con los dos cartones y el film de embalaje.

La semilla sobrante o stop queda almacenada en la Cámara “D” en espera para el próximo despacho.

3.1.1. DIMENSIONES DE LA CÁMARA “D”.

Las dimensiones de largo, alto, ancho de la Cámara “D” y el ambiente de limpieza para personal, (ver Tabla III.1).

Tabla III.1

Dimensión de la Cámara “D”

Ítem	Cámara	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
1	Cámara “D”	46,15	25,55	6,40
2	Puerta principal	-	2,93	3,00
3	Techo Cámara “D”	46,15	25,55	2,95
4	Ambiente limpieza personal	5,00	1,40	2,50

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Para la determinación del volumen y área de los componentes de la Cámara “D” se utilizó la Ecuación (3.1) y Ecuación (3.2). (Formulas y Ecuaciones de Figuras Geométricas, 1903).

$$\text{Vol} = L * A * H \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

$$\text{Área} = L * A \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

L: Largo (m).

A: Ancho (m).

H: Altura (m).

Área: Área (m²).

Vol.: Volumen (m³).

Cálculo de área, volumen de la Cámara “D” según datos de la Tabla III.1 con la Ecuación (3.1) y Ecuación (3.2), (ver Tabla III.2 y Tabla III.2.1).

Tabla III.2

Detalle de volumen de la Cámara “D”

Ítem	Vol _{CDALP} (m ³)	Vol _{ALP} (m ³)	Vol _{CDD} (Vol _{CDALP} - Vol _{ALP}) (m ³)
1	9285,67	17,50	9266,17

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Vol_{CDALP}: Volumen Cámara “D” y volumen ambiente de limpieza para personal (m³).

Vol_{ALP}: Volumen ambiente de limpieza para personal (m³).

Vol_{CDD}: Volumen Cámara “D” disponible (m³).

Tabla III.2.1

Detalle de volumen de la Cámara “D”

Ítem	Área _{PPCD} (m ²)	Área _{PCD} (m ²)	Área _{TALP} (m ²)	Área _{PCD} (m ²)	Área _{TCDD} (m ²)	Área _{PCDD} (Área _{PCD} -Área _{PPCD}) (m ²)
1	8,80	917,76	7,00	101,53	1210,05	507,27

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Área_{PCD}: Área pared Cámara “D” (m²).

Área_{PPCD} : Área puerta principal Cámara “D” (m²).

Área_{PCDD} : Área pared Cámara “D” disponible (m²).

Área_{TALP}: Área techo ambiente limpieza para personal (m²).

Área_{PALP}: Área piso ambiente limpieza para personal (m²)

Área_{PCD}: Área piso Cámara “D” (m²).

Área_{PCDD}: Área piso Cámara “D” disponible (m²).

Área_{TCDD} : Área techo Cámara “D” disponible (m²).

3.2.BASE DE DATOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA CÁMARA “D”.

Los registros diarios de temperatura y humedad relativa son almacenados en la base de datos de la Unidad de Servicios a Terceros de Totai Citrus S.A.

Los reportes de temperatura y humedad de los meses de campaña alta (septiembre, octubre y noviembre) indican en anexos, (ver Anexo II.1, Anexo II.2 y Anexo II.3).

Los resultados estadísticos de media, mediana, varianza, mínimo y máximo de temperatura y humedad relativa, (ver Tabla III.3, Tabla III.4 y Tabla III.5).

Tabla III.3

Resultados estadísticos del mes septiembre 2014

Parámetros estadísticos	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)
Media	63,51	16,23
Mediana	64,12	16,18
Varianza	5,58	0,18
Mínimo	59,00	15,40
Máximo	68,65	17,02

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Tabla III.4

Resultados estadísticos del mes octubre 2014

Parámetros estadísticos	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)
Media	63,63	16,14
Mediana	63,82	16,21
Varianza	1,65	0,17
Mínimo	61,68	15,55
Máximo	65,32	16,68

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Tabla III.5

Resultados estadísticos del mes noviembre 2014

Parámetros estadísticos	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)
Media	67,26	15,90
Mediana	65,92	15,99
Varianza	13,25	0,35
Mínimo	62,48	15,03
Máximo	76,53	16,93

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Según los datos estadísticos de temperatura y humedad relativa están por encima de los parámetros (temperatura 6°C-15°C y humedad relativa 45%-55%) convenidos en contrato con la empresa Dow Agrosience S.A.y Totai Citrus S.A., (ver Anexo Figura A-III.1).

3.3.BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DE LA CÁMARA “D”.

Para realizar el balance de masa y energía se tomaron en cuenta lo siguiente:

3.3.1. BALANCE DE MASA DE LA CÁMARA “D”.

Parte del proceso de logística de la Cámara “D” sería la entrada o recepción de masa (sorgo, maíz, girasol, tarima, cartón y film de embalaje); salida o despacho de masa (sorgo, maíz, girasol, tarima, cartón y film de embalaje).

La semilla recepcionada viene embalada en tarimas en número de 72 bolsas, 60 bolsas, 90 bolsas protegidas en la base y en la parte superior con cartón, la parte lateral viene protegido con film de embalaje, (ver Anexo Figura A-IX.2, Anexo Figura A-IX.1, Anexo Cuadro A-IV.1, Anexo Cuadro A-IV.2 y Anexo Cuadro A-IV.3).

La semilla y materiales despachada son en las mismas condiciones que ingreso a la Cámara “D”, (ver Anexo Figura A-V.1, Anexo Figura A-V.2 y Anexo Figura A-V.3).

La semilla disponible en la Cámara “D” seria la semilla (sorgo, maíz y girasol) en espera para su despacho, (ver Anexo Cuadro A-VI.1, Anexo Cuadro A-VI.2 y Anexo Cuadro A-VI.3).

El balance másico de entrada, salida y acumulación de semilla y material de embalaje (tarima, film de embalaje y cartón) de la Cámara “D” en campaña alta (septiembre, octubre y noviembre) de la gestión 2014 se describe en la Ecuación (3.3):

$$A - B = C \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

A: Flujo másico de entrada o recepción de semilla de maíz, semilla de sorgo, semilla de girasol y material de embalaje de la Cámara “D” (Tn/hr).

B: Flujo másico de salida o despacho de semilla de maíz, semilla de sorgo, semilla de girasol y material de embalaje de la Cámara “D” (Tn/hr).

C: Flujo másico de acumulación o semilla disponible de maíz, semilla disponible de sorgo, semilla disponible de girasol y material de embalaje de la Cámara “D” (Tn/hr).

La semilla disponible y materiales acumulados en la Cámara “D” vienen a ser la diferencia de semilla que entro en campaña alta y la salida de semilla (parte de la campaña alta de la gestión 2014 y la otra parte de las gestiones anteriores) más la semilla que sobro de las anteriores gestiones.

3.3.1.1. ENTRADA O RECEPCIÓN DE SEMILLA Y MATERIAL DE EMBALAJE EN CAMPAÑA ALTA DE LA CÁMARA “D” (A)

Reporte de recepción mensual en campaña alta de los meses de septiembre, octubre y noviembre obtenidos del sistema de la base de datos de Totai Citrus S.A., (ver Anexo Cuadro A-IV.1, Anexo Cuadro A-IV.2, Anexo Cuadro A-IV.3, Anexo Cuadro A-IV.4, Anexo Cuadro A-IV.5).

La semilla llega embalado en tarima, la mayor cantidad de semilla que llega a los almacenes de Totai Citrus S.A. es la semilla de sorgo llegan 72bolsas en una tarima con dos cartones de protección en la base y en la parte superior, en la parte lateral está protegido con film de embalaje, (ver Tabla III.6).

Tabla III.6
Detalle de materiales que se recepciona con la semilla

Ítem	Materiales	Cantidad material por 72bolsas de semilla (Pieza.)	Peso unitario materiales (Kg)
1	Tarima	1,00	29,70
2	Cartón	2,00	0,65
3	Film de embalaje (polietileno)	1,00	0,65

Fuente:Totai Citrus S.A., 2014.

Resumen mensual de los reportes de la semilla que entra a la Cámara “D” en campaña, alta, (ver Tabla III.7 y Tabla III.7.1).

Tabla III.7
Recepción de semilla a la Cámara “D” en los meses de campaña alta de la gestión 2014

Gestión 2014 (Mes)	Total de semilla entrada (Bolsa)
Septiembre	0
Octubre	9048
Noviembre	40055
Total	49103

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Tabla III.7.1

Cantidad de semilla de entrada a la Cámara “D” en campaña alta de la gestión 2014

Ítem	Detalle	Bolsas
1	Maíz	41520
2	Sorgo	7583
3	Girasol	0
Total		49103

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

3.3.1.2. SALIDA O DESPACHO DE SEMILLA Y MATERIAL DE EMBALAJE DE LA CÁMARA “D” EN CAMPAÑA ALTA (B)

Reporte de despacho mensual de semilla en campaña alta los meses de septiembre, octubre y noviembre obtenidos de la base de datos de Totai Citrus S.A., (ver Anexo Cuadro A-V.1, Anexo Cuadro A-V.2 y Anexo Cuadro A-V.3).

Resumen mensual de los reportes de la semilla que sale de la Cámara “D” en campaña, alta, (ver Tabla III.8 y Tabla III.8.1).

Tabla III.8

Despacho de semilla de la Cámara “D” en campaña alta gestión 2014

Gestión 2014 (mes)	Número de días	Total semilla salida (Bolsa)
Septiembre	30,00	1447
Octubre	31,00	5894
Noviembre	30,00	25809
Total bolsas		33150

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Tabla III.8.1

Cantidad de semilla de despacho de la Cámara “D” en campaña alta de la gestión 2014

Ítem	Detalle (Semilla)	Semilla de despacho (Bolsa)
1	Maíz	31950
2	Sorgo	1200
3	Girasol	0
Total		33150

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

3.3.1.3. ACUMULACIÓN O SEMILLA DISPONIBLE EN LA CÁMARA “D” EN CAMPAÑA ALTA (C).

Reporte mensual de acumulación o semilla disponible en la Cámara “D” en los meses de campaña alta de la gestión 2014, obtenidos de la base de datos de Totai Citrus S.A., (ver Anexo Cuadro A-VI.1, Anexo Cuadro A VI.2 y Anexo Cuadro A-VI.3).

Del total de acumulación mensual de los meses de septiembre, octubre y noviembre se considera el promedio de campaña alta para cuantificar las toneladas de semilla que entra y sale de la Cámara “D”, (ver Tabla III.9 y Tabla III.9.1).

Diferencia de entrada y salida de semilla en campaña alta, se tiene saldos positivos (semilla disponible) y saldo negativo (despacho semilla disponible de campañas anteriores).

Según Tabla III.9 se tendría una acumulación de campaña alta (gestión 2014) de 17400 bolsas y saldo de acumulación de campañas anteriores 109569 bolsas.

Tabla III.9

Detalle de entrada, salida y acumulado por mes de semilla de la gestión 2014

Gestión 2014 (mes)	Numero días	Cantidad semilla disponible		Diferencia o saldo C(A-B)
		Bolsa	Tn	Bolsa
Septiembre	30,00	35805	566,63	-1447
Octubre	31,00	37512	586,32	3154
Noviembre	30,00	53652	957,71	14246
Total		126969	2110,66	-
Promedio		42323	703,55	-

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Tabla III.9.1

Detalle cuantitativo mensual promedio de semilla disponible de la Cámara “D” en campaña alta de la gestión 2014

Ítem	Detalle	Semilla disponible (Bolsa)	Peso de la semilla disponible (Tn)	Relación peso versus bolsa (Tn/Bolsa)*10 ⁻²
1	Maíz	18035	355,25	1,97
2	Sorgo	11027	191,05	1,73
3	Girasol	13261	157,25	1,18
	Total	42323	703,55	1,66

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

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

Utilizando la relación toneladas y número de bolsas (Tabla III.9.1) se determina las toneladas de semilla que entra y sale de la Cámara “D” en campaña alta de la gestión 2014, (ver Tabla III.10 y Tabla III.10.1).

Tabla III.10

Balance de semilla en los meses de campaña alta de la Cámara “D” de la gestión 2014

Ítem	Detalle	Entrada semilla		Salida semilla		Semilla disponible	
		Bolsa	Tn	Bolsa	Tn	Bolsas	Tn
1	Maíz	41520	817,87	31950	554,88	18035	355,25
2	Sorgo	7583	131,38	1200	20,84	11027	191,05
3	Girasol	0	0	0	0	13261	157,25
Total		49103	949,25	33150	575,72	42323	703,54

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Considerando la Tabla III.6, relación de número de bolsas por tarima, cartón y film de embalaje con el total de bolsas de entrada, salida y semilla disponible de determina las toneladas de materia, (ver Tabla III.10.1).

Tabla III.10.1

Balance de materia en los meses de campaña alta de la Cámara “D” de la gestión 2014

Ítem	Detalle	Entrada materia		Salida materia		Materia disponible	
		Numero pieza	Tn	Numero pieza	Tn	Numero pieza	Tn
1	Tarima	682	20,25	460	13,67	588	17,46
2	Cartón	1364	0,89	921	0,60	1176	0,76
3	Film de embalaje	682	0,44	460	0,30	588	0,38

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Para determinar el flujo másico por hora de los materiales (semilla, tarima, cartón y film de embalaje) se divide el total de horas de los meses de campaña alta (ver tabla III.9). Para determinar el flujo másico de la semilla disponible se divide el número de horas promedio por mes, (ver Tabla III.10.2 y Tabla III.10.3).

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

Ítem	Detalle	Flujo de entrada semilla		Flujo salida semilla		Flujo semilla disponible	
		Bolsa	Tn	Bolsa	Tn	Bolsa	Tn
1	Maíz	19	0,37	15	0,29	25	0,49
2	Sorgo	3	0,06	1	0,01	15	0,26
3	Girasol	0	0	0	0	25	0,49
Total		22	0,43	16	0,30	25	0,49

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Tabla III.10.3

Balance de flujo materia en los meses de campaña alta de la Cámara “D” de la gestión 2014

Ítem	Detalle	Flujo másico entrada		Flujo másico salida		Flujo másico disponible	
		Numero pieza	Tn*10 ⁻³	Numero pieza	Tn*10 ⁻³	Numero pieza	Tn*10 ⁻³
1	Tarima	0,31	9,27	0,21	6,26	0,81	23,92
2	Cartón	0,62	0,41	0,42	0,27	1,61	1,05
3	Film de embalaje	0,31	0,20	0,21	0,14	0,81	0,52

Fuente: Totai Citrus S.A.,2014.

3.3.2. BALANCE DE ENERGÍA DE LA CÁMARA “D”

Las fuentes de calor que aportan calor a la Cámara “D” son debidas por diferencia de temperatura del interior con el medio exterior y materiales que emiten calor en el interior de la Cámara “D”.

La pérdida de frío por conducción por las paredes, techo, piso y pérdida de calor por entrada, salida de semilla con sus materiales, por renovación o infiltración de aire y fuentes de calor por motores, personal, montacarga y luminarias que se encuentran dentro la Cámara “D”.

El objetivo del balance de energía es cuantificar la cantidad de trabajo que tendría que aportar los equipos de frío para mantener una temperatura promedio de quince grados centígrados.

Según la Ecuación (3.4) de balance de energía general detalla la entrada, salida, trabajo, acumulación y energía de reacción, (Heinz López, Balance de Energía, 2009).

$$Q_1 \text{Transferencia de energía al sistema a través de su frontera} - Q_2 \text{Transferencia de energía hacia afuera del sistema a través de su frontera} +/- Q_{rx} \text{Generación o consumo de energía dentro del sistema} + Q_w \text{Energía de transferencia hacia el sistema del entorno o viceversa} = \Delta Q_c \text{Acumulación o diferencia de energía total de sistema} \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

En el interior de la Cámara “D” no se produce ninguna reacción química

$$Q_w = \Delta Q_c - Q_1 + Q_2 \quad \text{Ecuación (3.5)}$$

ΔQ_c : Diferencia de energía total de sistema (acumulación) durante un proceso (W).

Q_w : Trabajo o energía de transferencia hacia el sistema del entorno o viceversa (W).

Q_1 : Energía que entra al sistema (W).

Q_2 : Energía que sale del sistema (W).

Q_{rx} Generación o consumo de energía por producto de una reacción química (W).

3.3.2.1. ENTRADA DE ENERGÍA A LA CÁMARA “D” (Q1)

Para cuantificar las cargas térmicas de entrada se tomó en cuenta lo siguiente:

3.3.2.1.1. ENTRADA DE ENERGÍA POR LA PARED, PISO Y TECHO DE LA CÁMARA “D” (Q1)

La energía que ingresa por la sumatoria de superficies de espesor “ x_i ”, en régimen estacionario, a cuyos lados existe una temperatura interna y externa la cual viene dado por la Ecuación (3.7) y Ecuación (3.6), (Elton F. Morales Blancas, 2010).

$$Q_{\text{ceramiento}} = K \cdot S \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación(3.6)}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{x_1}{h_1} + \frac{x_2}{h_2} = \frac{1}{U_c} \quad \text{Ecuación(3.7)}$$

Dónde:

$Q_{\text{ceramiento}}$: Es el calor total que atraviesa la pared por unidad de tiempo (W o Kjul/hr).

K: Coeficiente de transmisión de calor (W/ m² *°K o Kjul/m²*°C).

x_i : Espesor del material de cerramiento (m).

h_i : Coeficiente de transferencia de calor (W/m*°C).

S: Superficie de transmisión (m²).

ΔT : Es la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior (°K o °C).

La carga térmica en los cerramientos resultante sale de aplicar la expresión anterior a cada uno de los cerramientos y luego obtener la sumatoria de todas ellas.

Los coeficientes de transferencia de calor de algunos materiales de la Cámara “D” como ser; concreto, ladrillo macizo y la espuma de poliuretano. (Wolfgang M. Willems. Wikipedia, 2009)

$$h_{\text{Concreto}}: \frac{1,39W}{m \cdot ^\circ K}, \quad h_{\text{Ladrillo macizo}}: \frac{0,72W}{m \cdot ^\circ K}, \quad h_{\text{Espuma de poliuretano}}: \frac{0,028W}{m \cdot ^\circ K}$$

El coeficiente de transferencia de calor del techo (chapa galvanizado) de la Cámara “D”. (Prieto, Esteban, 2010)

$$h_{\text{Chapa galvanizado}} = \frac{60,00W}{m \cdot ^\circ C}$$

Para efectos de cálculo se consideró el promedio de las mediciones de espesor del aislante (espuma de poliuretano) que se encuentra en la pared, techo del interior de la Cámara “D”. La temperatura del suelo en el exterior de la Cámara “D” se consideró la temperatura promedio para efectos de cálculo, (ver Tabla III.11).

Tabla III.11

Detalle de lecturas aleatorias de temperatura en el suelo y espesor (espuma de poliuretano)

Ítem	Espesor aislante (m)	Temperatura suelo (°C)
1	0,090	28,30
2	0,110	30,10
3	0,100	29,30
4	0,105	28,70
5	0,070	30,50
6	0,080	30,30
7	0,075	30,00
8	0,090	29,70
9	0,086	28,00
10	0,074	28,90
Promedio	0,088	29,38

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

La temperatura óptima (15°C) para la conservación de la semilla se consideró la prefijada en el contrato, (ver Anexo Cuadro A-III.1), la temperatura exterior fuera de la Cámara “D” se consideró la temperatura máxima (36°C) en campaña alta, (ver anexo Cuadro A-X.1). y la temperatura del piso de la Cámara “D” se consideró la temperatura promedio, (ver Tabla III.11).

El coeficiente de transmisión de calor se calculó con la Ecuación (3.7) de los diferentes materiales, (ver Tabla III.12).

Tabla III.12

Detalle de los coeficientes de transferencia de calor de los materiales de la Cámara “D”

Ítem	Material		Espesor (m*10 ⁻²)	Coeficiente de transferencia de calor		Coeficiente de transmisión de calor (K)
				W/(m*°C)	W/(m*°K)	
1	Piso	Piso concreto	20,00	-	1,390	6,950W/m ² *°K
2	Pared	Ladrillo común	11,00	-	0,720	0,303W/m ² *°K
		Espuma de poliuretano	8,80	-	0,028	
3	Puerta principal	Espuma de poliuretano	8,80	0,034	-	0,386W/m ² *°C
		Chapa galvanizado	0,15	60		
4	Techo	Chapa galvanizado	0,15	60	-	0,386W/m ² *°C

Fuente: Elaboración propia, 2014

Entradas de energía por conducción se determinó con la Ecuación (3.6) para los diferentes materiales, (ver Tabla III.13)

Tabla III.13

Detalle de los coeficientes de transferencia de calor de los materiales de la Cámara “D”

Ítem	Cámara “D”	Material	Espesor (m*10 ⁻²)	Área (m ²)	Diferencia de temperatura (ΔT)		Coeficiente de transmisión de calor (Ce)	Energía <small>-W(Q_{transmisión}=K*S*ΔT)</small>
					Temperatura (interior)	Temperatura (exterior)		
1	Pared	Ladrillo	11,00	507,27	288,15°K	309,15°K	0,303W/(m ² *°K)	3227,76
		Espuma de poliuretano	8,80					
2	Piso	Concreto	20,00	94,53	288,15°K	302,53°K	6,950W/(m ² *°K)	9447,42
3	Puerta principal	Chapa acero galvanizado	0,15	8,80	288,15°K	309,15°K	0,386 W/(m ² *°C)	71,33
		Espuma de poliuretano	8,80					
3	Techo	Chapa acero galvanizado	0,15	1210,05	15,00°C	36,00°C	0,386W/(m ² *°C)	9808,67
		Espuma de poliuretano	8,80					
Energía total de entrada								22555,18

Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.3.2.1.2. ENTRADA DE ENERGÍA POR LA SEMILLA Y MATERIALES A LA CÁMARA “D” (Q1)

La energía que ingresa por el calor específico de la semilla y los materiales de embalaje, aportan calor a la Cámara “D”, se cuantifica con la Ecuación (3.8), (Miguel Devesa y Vicente Sellés Benlloch, 2011).

$$Q_{\text{Genero}} = K_{\text{Genero}} * Ce * \Delta T \quad \text{Ecuación (3.8)}$$

Dónde:

Q_{Genero} : Carga térmica por enfriamiento de la mercadería ($\frac{Kjul}{hr}$)

K_{Genero} : Son los kilogramos de entrada de semilla y materiales de embalaje ($\frac{Tn}{hr}$).

Ce : La capacidad calorífica de la semilla y productos de embalaje ($\frac{Kjul}{Kg * T}$).

ΔT : El gradiente de temperatura que experimenta la semilla ($^{\circ}C$ o $^{\circ}K$)

T : Temperatura ($^{\circ}C$ o $^{\circ}K$)

La capacidad calorífica de la semilla de sorgo, maíz, girasol que se almacena en la Cámara “D”. (Español answers, 2011)

$$Ce_{\text{Maiz}}: \frac{1,15Kjul}{Kg * ^{\circ}C}, Ce_{\text{Sorgo}}: \frac{1,70Kjul}{Kg * ^{\circ}C}, Ce_{\text{Girasol}}: \frac{1,60Kjul}{Kg * ^{\circ}C}$$

La capacidad calorífica de film de embalaje, tarima y cartón que viene como material de embalaje de la semilla que se almacena en la Cámara “D”. (Español Wikipedia, 2011)

$$Ce_{\text{Film de embalaje}}: \frac{0,42Kjul}{Kg * ^{\circ}K}, Ce_{\text{Tarima}}: \frac{1,20Kjul}{Kg * ^{\circ}K}, Ce_{\text{Carton}}: 0$$

Parámetros óptimos de temperatura y humedad relativa se consideró lo convenido en contrato la empresa Totai Citrus S.A.y Dow Agroscience S.A., (ver Anexo Figura A-III.1 y Tabla III.12).

Los reportes del periódico el deber para los meses de septiembre, octubre, noviembre se consideró para cálculo el promedio máximo, (ver Tabla III.14 y Anexo Cuadro A-X.1).

Tabla III. 14

Parámetros óptimos a considerar para el balance de energía de la Cámara “D”

Ítem	Parámetro óptimo	Temperatura		Humedad relativa	
		Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Mínimo (%)	Máximo (%)
1	Parámetro optimo	6,00	15,00	45	55

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Tabla III.15

Temperatura exterior de la Cámara “D” para el mes de octubre 2014

Parámetro	Frecuencia	Temperatura (°C)
Media		31,00
Mínimo	1	26,00
Máximo	1	36,00

Fuente: SENAMHI, 2014.

Detalle de entrada de calor por la semilla de maíz, semilla de sorgo, semilla de girasol y materiales (film de embalaje, cartón y tarima) a la Cámara “D”, (ver Tabla III.16).

Temperatura ambiente o exterior 36°C (309,15°K), (ver Tabla III.15). Temperatura en el interior de la Cámara “D” 15°C (288,15°K), (ver Tabla III.14).

El flujo másico de entrada, flujo másico salida y flujo másico de semilla disponible (ver Tabla III.10.2 y Tabla III.10.3) para utilizar la Ecuación (3.8).

Tabla III.16

Detalle de entrada de calor por la mercadería y materiales a la Cámara “D”

Ítem	Material	Entrada de materia (kg/hr)	Gradiente de temperatura (ΔT)	Capacidad calorífica (C_e)	Entrada de calor $-(Q_{\text{Genero}})$	
					Kjul/hr	W
1	Maíz	370,00	21°C	1,50Kjul/Kg*°C	11655,00	3237,50
2	Sorgo	60,00	21°C	1,70 Kjul/Kg*°C	2142,00	593,09
3	Girasol	0	21°C	1,60 Kjul/Kg*°C	0,00	0,00
4	Film Embalaje	0,20	21°K	0,42Kjul/Kg*°K	1,76	0,49
5	Tarima	9,27	21°K	1,20Kjul/Kg*°K	233,60	64,68
6	Cartón	0,41	21°K	0,00	-	-
Entrada de energía total					14032,36	3895,76

Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.3.2.1.3. ENTRADA DE ENERGIA POR ENTRADA DE AIRE DEL EXTERIOR A LA CÁMARA “D” (Q1)

Entrada de aire a mayor temperatura hacia el interior de la Cámara “D”, se traduce en perdida de frio, (Elton F. Morales Blancas, 2010).

$$Q_i = \frac{A_p}{2} * v * \rho_s (h_e - h_s) F \quad \text{Ecuación (3.9)}$$

$$A_p = h * a \quad \text{Ecuación (3.10)}$$

$$F = 0,12 * \frac{n}{24} \quad \text{Ecuación (3.11)}$$

$$\rho_i = (1 + W_e) * \frac{1}{V_e} \quad \text{Ecuación(3.12)}$$

$$v = 5,91 * \left(\frac{h(1-S)}{(1+S(\exp 0,33))} \right) \exp^{0,5} \quad \text{Ecuación(3.13)}$$

$$S = \frac{\rho_e}{\rho_s} \quad \text{Ecuación(3.14)}$$

Dónde:

Q_i : Energía por entrada de aire a alta temperatura $\left(\frac{\text{Kjul}}{\text{hr}} \right)$.

h_s : Entalpia del interior de la Cámara “D” a 15°C $\left(\frac{\text{Kjul}}{\text{hr}} \right)$.

h_e : Entalpia del exterior de la Cámara “D” a 36°C $\left(\frac{\text{Kjul}}{\text{hr}} \right)$.

ρ_i : Densidad interior y exterior de la Cámara “D” $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$.

v : Coeficiente de la densidad interna $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$.

h : Altura la puerta de la Cámara “D” (m).

a : Ancho la puerta de la “Cámara “D” (m).

A_p : Área de la puerta de acceso a la Cámara “D” (8,80m²).

W_e : Humedad absoluta en el exterior de la Cámara “D” $\left(\frac{\text{Kg.agua}}{\text{Kg aire}} \right)$.

W_s : Humedad absoluta en el interior de la Cámara “D” $\left(\frac{\text{Kg. agua}}{\text{Kg aire}}\right)$.

n: Número de horas abierto la puerta principal por veinticuatro horas $\left(\frac{8\text{hr}}{24\text{hr}}\right)$.

Para la altura y ancho de la puerta principal de la Cámara “D”, (ver Tabla III.1).

La humedad relativa de Santa Cruz se consideró el promedio histórico del año 1999 a 2008, (ver Tabla III.17).

Tabla III.17

Histórico de humedad relativa desde el año 1999 a 2008

Estación	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Promedio
Santa Cruz											
Santa Cruz de la Sierra	62	66	68	69	67	68	68	67	67	65	66,70
Camiri	68	69	67	63	61	62	61	62	62	66	64,10
Puerto Suarez	71	75	71	65	70	69	66	68	71	68	69,40
Roboré	71	71	68	66	70	75	72	71	70	67	70,10
San Matías	72	72	69	68	69	68	71	72	69	71	70,10
Valle Grande	72	72	78	72	69	70	70	70	69	73	71,50

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014.

Parámetros internos y externos de la Cámara “D”, con el ábaco psicométrico (ver Figura A-I.1) se obtiene la humedad relativa, humedad absoluta, entalpía saturación, volumen específico, densidad del interior y exterior de la Cámara “D”, (ver Tabla III.17, Ecuación (3.14), Tabla III.18 y Tabla III.18.1).

Tabla III.18

Parámetros internos de la Cámara “D”

Ítem	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Entalpía saturación _h (Kcal/Kg)	Humedad absoluta $\left(\frac{\text{Kg vapor de } h_2o}{\text{Kg aire seco}}\right)$	Vol. específico (m ³ /Kg)	Densidad (Kg/m ³)
1	15,00	50,00	11,00	0,005	0,853	1,18

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tabla III.18.1

Parámetros externos de la Cámara “D”

Ítem	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Entalpia saturación h_s (Kcal/Kg)	Humedad absoluta $(\frac{Kg_{vapor\ de\ h_2o}}{Kg_{aire\ seco}})$	Vol. Específico (m ³ /Kg)	Densidad (Kg/m ³)
1	36,00	66,70	30	0,027	0,94	1,09

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Detalle de entrada de calor por la puerta de la Cámara “D”. De aire a mayor temperatura por infiltración, los coeficientes se determinó con la Ecuación (3.10), Ecuación (3.11), Ecuación (3.12), Ecuación (3.13), Ecuación (3.14) para determinar la entrada de carga con la Ecuación (3.9), (ver Tabla III.19).

Tabla III.19

Detalle de pérdidas de energía por entrada de aire del exterior a la Cámara “D”

Ítem	Área puerta A_p (m ²)	Variación de entalpia (Kcal/Kg)	Coeficiente $F(0,12 \cdot \frac{n}{24})$	Coeficiente $S(\frac{\rho_e}{\rho_s})$	V $(5,91 \cdot \frac{h(1-s)}{(1+s(\exp 0,33))} \exp^{0,5})$	Energía $(\frac{A_p}{2} \cdot v \cdot \rho_s (h_c - h_e))$	
						-Kcal/hr	-W
1	8,80	19	0,04	0,92	1,98	28152	32740,78

Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.3.2.1.4. ENTRADA DE ENERGIA POR LOS VENTILADORES DE LOS EVAPORADORES DE LA CÁMARA “D” (Q1)

En el interior de una cámara frigorífica existe aportación de calor debido al funcionamiento del motor de los ventiladores (Evaporadores), así como la existencia de máquinas que realicen trabajos dentro de la Cámara “D”, (Miguel Devesa y Vicente Sellés Benlloch, 2011).

Calor por ventiladores lo podemos calcular mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{ventilador}} = \sum P \times t_{\text{ventilador}} \quad \text{Ecuación (3.15)}$$

Siendo:

P = Potencia de cada motor (W).

$t_{\text{ventilador}}$ = Tiempo de funcionamiento de los ventiladores $(\frac{24hr}{24hr})$.

$Q_{\text{ventilador}} = \text{Energía aportada por los ventiladores (W)}$.

Potencia por ventilador (ver Anexo Cuadro A-IX.7) de la Cámara “D”: $\frac{1}{4}$ hp

Para la conversión de “hp” a “W”. (Factor de conversión de unidades, Miguel Callejas O., 2000)

$$P = \frac{746\text{W}}{1\text{hp}} * \frac{1}{4}\text{hp} = 186,5\text{W}$$

Hay 26 ventiladores distribuidos en los diez evaporadores de la Cámara “D”. Utilizando la Ecuación (3.15) se determina la energía aportada por los ventiladores de los evaporadores.

Se consideró las veinticuatro horas de funcionamiento de los evaporadores porque su funcionamiento es continuo en campaña alta.

$$t_{\text{ventilador}} = \left(\frac{24\text{hr}}{24\text{hr}}\right)$$

Utilizando la Ecuación (3.15) para determinar el aporte de calor al interior de la Cámara “D”

$$\begin{aligned} Q_{\text{ventilador}} = & 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} \\ & + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} \\ & + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} \\ & + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} + 186.50 * 1 * \frac{24}{24} = 4849,00 \text{ W} \end{aligned}$$

El calor generado por los dos equipos (cortinas de aire) está instalado en la parte exterior de la Cámara “D”. Por lo tanto el calor generado no tiene aporte de energía al interior de la Cámara “D”.

3.3.2.1.5. ENTRADA DE ENERGÍA POR EL CALOR TRANSFERIDO POR LAS PERSONAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA “D” (Q1).

Este dependerá del número de personas que ingresen diariamente en la Cámara “D”, del trabajo que en ella realicen y del tiempo de permanencia en la misma, (Elton F. Morales Blancas, 2010).

El calor aportado por las personas será:

$$Q_{\text{Personal}} = N_p * q * \lambda \quad \text{Ecuación (3.16)}$$

Dónde:

Q_{Personal} : Carga térmica debido al calor desprendido por las personas que se encuentran en el interior de la Cámara “D” (W).

N_p : Número de personas (1 personas).

q : Calor emitido por cada persona en una hora (350 W).

λ : Número de horas que cada persona permanece en el interior de la Cámara “D” por día ($\frac{8hr}{24hr}$).

El personal de apoyo operador del montacarga es una persona. Las horas de trabajo pico en el interior de la Cámara “D” es de ocho horas.

Entrada de energía o calor emitido por el personal operario, se calcula con la Ecuación (3.16)

$$Q_{\text{Personal}} = 350W * 1 * \frac{8hr}{24hr} = 116,67 W$$

3.3.2.1.6. ENTRADA DE ENERGÍA POR DESPRENDIMIENTO DE CALOR DE LOS FOCOS DE LA CÁMARA “D” (Q1).

La cantidad de calor que aportan los focos cuando están encendidos en el interior de la Cámara “D” está en función de la cantidad de focos y la potencia unitaria, (Elton F. Morales Blancas, 2010).

$$Q_{\text{Illum}} = N * P_f * p_i \quad \text{Ecuación (3.17)}$$

Dónde:

Q_{Illum} Energía por iluminación (W).

N: Numero de luminarias (68 Focos tubo).

P_f : Potencia de cada foco ($\frac{40W}{\text{Foco tubo}}$).

p_i : Factor de número de horas que permanece encendido los focos en el interior de la Cámara “D” por día ($\frac{8hr}{24hr}$).

La cantidad de focos que están distribuidos en el interior de la Cámara “D” son 68focos de tubos.

Tiempo de permanencia máximo en el interior de la Cámara “D” es de ocho horas, es el mismo tiempo que permanece encendido los focos en el interior. La potencia individual de los focos es de 40W.

Determinar la energía que emiten los focos es con la Ecuación (3.17)

$$Q_{\text{Illum}} = N * P_f * p_i = (68\text{focos} * \frac{40W}{\text{foco}}) * \frac{8}{24} = 906,67W$$

3.3.2.1.7. ENTRADA DE ENERGÍA POR DESPRENDIMIENTO DE CALOR DEL MONTACARGA EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA “D” (Q1).

En el interior de la Cámara “D” existe aportación de calor debido al funcionamiento del montacarga.

La potencia del montacarga es de 5 kW. El aporte de calor del montacarga es el 30% de las ocho horas de trabajo en el día, (Elton F. Morales Blancas, 2010).

El calor lo podemos calcular mediante la Ecuación (3.18):

$$Q_{\text{montacarga}} = P_{\text{mont}} * 30\% * t_{\text{mont}} \quad \text{Ecuación (3.18)}$$

Siendo:

P_{mont} = Potencia del montacarga (5000W).

30%: Porcentaje de aporte de calor (30%).

t_{mont} = Tiempo de funcionamiento del montacarga por 24 hora ($\frac{8hr}{24hr}$).

$Q_{\text{montacarga}}$ = Energía aportada por el montacarga (W).

El tiempo de funcionamiento del montacarga en el interior de la Cámara “D” es de ocho horas.

Entrada de energía por concepto de funcionamiento del montacarga se determina con la Ecuación (3.18)

$$Q_{\text{montacarga}} = 5000 \text{ W} * 0,30 * \frac{8hr}{24hr} = 500 \text{ W}$$

3.3.2.1.8. ENTRADA DE ENERGÍA POR DESPRENDIMIENTO DE CALOR POR LOS DESHUMIFICADORES PORTÁTILES QUE SE ENCUENTRAN EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA “D” (Q1).

En el interior de la Cámara “D” existen aportaciones de calor debido al funcionamiento de los deshumificadores portátiles, (Elton F. Morales Blancas, 2010).

Calcular mediante la Ecuación (3.18).

$$Q_{\text{deshum}} = N_{\text{desh}} * P_{\text{deshm}} * p_{\text{ideshum}} \quad \text{Ecuación (3.19)}$$

Dónde:

Q_{deshum} : Energía generada por funcionamiento de los deshumificadores (W)

N_{deshum} : Numero de deshumificadores (8 equipos)

P_{deshm} : Potencia por deshumificador ($\frac{W}{\text{Equipo}}$).

p_{ideshum} : Factor de número de horas que permanece trabajando el deshumificador por día ($\frac{24\text{hr}}{24\text{hr}}$).

Hay ocho deshumificadores portátiles distribuidos en el pasillo interior de la Cámara “D”. La potencia de cada deshumificador es de 200W.

Para efectos de cálculo se consideró un tiempo de funcionamiento de veinticuatro horas.

Se consideró veinticuatro horas de funcionamiento de los ventiladores porque en campaña alta hay más movimiento de semilla.

La energía generada por el funcionamiento de los deshumificadores se determina con la Ecuación (3.18)

$$Q_{\text{deshum}} = \frac{200\text{W}}{\text{equipo}} * 8\text{equipos} * \frac{24}{24} = 1600\text{W}$$

3.3.2.2. SALIDA DE ENERGÍA DE LA CÁMARA “D” (Q2).

Para cuantificar las cargas térmicas de salida se tomó en cuenta lo siguiente:

3.3.2.2.1. SALIDA DE ENERGIA POR DESPACHO DE SEMILLA Y MATERIALES DE LA CÁMARA “D” (Q2).

Los despachos de semilla y materiales refrigerada son pérdidas de calor. Para cuantificar la pérdida por despacho de mercadería se utiliza la Ecuación (3.8).

La cantidad de semilla y materiales que sale de la Cámara “D” se obtiene de la Tabla III.10.2 y Tabla III.10.3.

La capacidad calorífica de la semilla de sorgo, semilla de maíz, semilla de girasol que se almacena en la Cámara “D”, (Español answers, 2011).

$$C_{e\text{Maiz}}: \frac{1,15\text{Kjul}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}}, C_{e\text{Sorgo}}: \frac{1,70\text{Kjul}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}}, C_{e\text{Girasol}}: \frac{1,60\text{Kjul}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}}$$

La capacidad calorífica de film de embalaje, tarima y cartón que viene con la semilla que se almacena en la Cámara “D”. (Español Wikipedia, 2011)

$$C_{e\text{Film de embalaje}}: \frac{0,42\text{Kjul}}{\text{Kg} * ^\circ\text{K}}, C_{e\text{Tarima}}: \frac{1,20\text{Kjul}}{\text{Kg} * ^\circ\text{K}}, C_{e\text{Carton}}: 0$$

La temperatura en el interior de la Cámara “D” se considera de la Tabla III.14 y la temperatura externa, (ver Tabla III.15).

La cantidad de calor perdido por concepto de despacho de semilla de maíz, semilla de sorgo, semilla de girasol, tarima y film de embalaje se determinó con la Ecuación (3.8), (ver Tabla III.20).

Tabla III.20

Detalle de salida de anergia por despacho de semilla y materiales de la Cámara “D”

Ítem	Material	Salida de materia (kg/hr)	Gradiente de temperatura (ΔT)	Capacidad calorífica (Ce)	Salida de energía (G_{enero})	
					Kjul/hr	W
1	Maíz	290	21°C	1,50Kjul/Kg*°C	9135,00	2537,50
2	Sorgo	10	21°C	1,70 Kjul/Kg*°C	357,00	99,16
3	Girasol	0	21°C	1,60 Kjul/Kg*°C	0,00	0,00
4	Film embalaje	0,14	21°K	0,42Kjul/Kg*°K	1,23	0,34
5	Tarima	6,26	21°K	1,20Kjul/Kg*°K	157,75	43,81
6	Cartón	0,27	21°K	-	-	-
Salida total de energía por despacho de semilla y material de embalaje					9650,98	2680,81

Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.3.2.3. ENERGÍA DE ACUMULACIÓN (ΔQ_c) DE LA CÁMARA “D”.

Para cuantificar las cargas térmicas de acumulación se tomó en cuenta lo siguiente

3.3.2.3.1. ENERGÍA DE ACUMULACIÓN POR DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA “D” (ΔQ_c).

Según intervalo de variación de temperatura en el interior de la Cámara “D” se determina la energía que aporta la semilla de maíz, semilla de sorgo, semilla de girasol y materiales. Para determinar el aporte de energía se consideró el promedio de masa de semilla y material (ver Tabla III.8 y Tabla III.8.1) de los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Los calores específicos de la semilla de maíz, semilla de sorgo, semilla girasol, tarima y film de embalaje para los cálculos, (ver Tabla III.15).

Los márgenes de temperatura programados en el PLC para que trabajen los equipos de frío de la Cámara “D” son 12°C inferior y 16°C superior. Prácticamente se tiene un máximo de temperatura registrado de 17,02°C(septiembre) y un mínimo de 15,40°C, (ver Tabla III.4).

Para cálculo se consideró la máxima temperatura registrada en septiembre y la mínima el programado en el PLC.

Detalle de pérdida de energía por diferencia de temperatura de la semilla y materiales que se encuentra disponible en la Cámara “D”, (ver Ecuación 3.8, Tabla III.21).

Tabla III.21

Pérdida de energía por diferencia de temperatura en el interior de la Cámara “D”.

Ítem	Material	Acumulación materia (Kg/hr)	Gradiente de temperatura (ΔT)	Capacidad calorífica (Ce)	Energía por acumulación	
					Kjul/hr	W
1	Maíz	490,00	5,02°C	1,50Kjul/Kg*°C	3689,70	1024,92
2	Sorgo	260,00	5,02°C	1,70 Kjul/Kg*°C	2218,84	616,34
3	Girasol	220,00	5,02°C	1,60 Kjul/Kg*°C	1767,04	490,84
4	Film Embalaje	0,52	5,02°K	0,42 Kjul/Kg*°K	1,10	0,31
5	Tarima	23,92	5,02°K	1,20 Kjul/Kg*°K	144,09	40,03
6	Cartón	1,05	5,02°K	-	0	0
Energía total de acumulación					7820,77	2172,44

Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.3.2.3.2. RESUMÉN DE RESULTADOS DE BALANCE DE ENERGÍA DE ENTRADA, SALIDA, ACUMULACIÓN DE SEMILLA Y MATERIALES DE LA CÁMARA “D”.

Detalle cuantitativo de entrada de calor y pérdida de frío por concepto de conducción por las paredes, techo, piso y entrada de energía por la recepción de la semilla, material de embalaje y pérdida de frío por despacho (salida) de semilla y material, (ver Tabla III.22).

Tabla III.22

Resumen de energía de entrada, salida, acumulación de semilla y material de la Cámara “D”.

DETALLE	Energía entrada -W(Q1)	Energía salida W(Q2)	Energía acumulación o disponible W(ΔQ_c)
Maíz	3237,50	12537,50	1024,92
Sorgo	593,09	99,16	616,34
Girasol	0,00	490,84	490,84
Tarima	64,68	43,81	40,03
Carton	0,00	0,00	0,00
Film de Embalaje	0,49	0,34	0,31
Pared	3227,76	0,00	0,00
Techo	9808,67	0,00	0,00
Piso	9447,42	0,00	0,00
Iluminación	906,67	0,00	0,00
Montacarga	500,00	0,00	0,00
Personal	116,67	0,00	0,00
Renovación de aire por infiltración	32740,78	0,00	0,00
Ventilador de evaporador	4849,00	0,00	0,00
Deshumificador	1600,00	0,00	0,00
Total	67092,73	13171,65	2172,44

Fuente: Elaboración propia, 2014.

El aporte de energía por; iluminación, montacarga, personal, ventiladores y los deshumificadores portátiles se consideró negativo porque toda esa energía debe ser retirada por los equipos de frío, con la Ecuación (3.5) se determina el trabajo necesario para mantener las condiciones de temperatura óptima:

$$Q_w = 67092,73W + 13171,65W + 2172,44W = 82436,82W$$

3.3.3. DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS EN LA CÁMARA “D”.

Características de los equipos de frío de la Cámara “D” son los siguientes:

Cuatro evaporadores con dos ventiladores marca **BOHN** modelo BMA300 y seis evaporadores con tres ventiladores marca **BOHN** modelo BMA365, (ver Anexo Cuadro A-IX.6 y Tabla III.23).

Tabla III.23

Datos de los equipos de frío que se encuentran instalados en la Cámara “D”

Ítem	Evaporador	Capacidad Kcal/hr	Numero equipos	Capacidad total	
				Kcal/hr	W
1	BMA300	8790	4	35160	40891,08
2	BMA365	10690	6	64140	74594,82
Capacidad total instalada				99300	115485,90

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Capacidad total instalada: 115485,90W, (ver Tabla III.23).

Capacidad total requerida según balance de energía: 82436,82W.

Diferencia de capacidad instalada vs capacidad balance de energía = 115485,90W – 82436,82W.= 33049,08W.

Según resultados de balance de energía y la capacidad de los equipos de frío instalada, tiene una sobredimensión de 33049,08W.

3.4.DIFERENCIA DE HUMEDAD RELATIVA REAL VERSUS PREFIJADO EN CONTRATO.

Según resultados estadísticos de la base de datos de temperatura y humedad (ver Anexo Cuadro A- II.1, Anexo Cuadro A-II.2 y Anexo Cuadro A-II.3), los valores promedios mínimos y máximos (ver Tabla III.3, Tabla III.4 y Tabla III.5) sobrepasan los definidos en contrato, (ver Anexo Figura A-III.1).

Los deshumificadores portátiles distribuidos en el pasillo interior de la Cámara “D” tienen la misma capacidad, (ver Tabla III.24).

Tabla III.24

Capacidad de los deshumificadores portátiles que se encuentra en la Cámara “D”.

Item	Número equipos	Capacidad/deshumificador (1/24hr)	Potencia (W/equipo)	Capacidad total (1/24hr)
1	8	6	200	48

Fuente: Totai Citrus S.A., 2014.

Los ocho deshumificadores no son suficientes para extraer el agua dentro la Cámara “D”, porque los registros de humedad están superior a los 50% de humedad relativa recomendado y firmado en contrato, (ver Anexo Figura A-III.1).

3.4.1. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA REMANENTE EN LAS ACTUALES CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA CÁMARA “D”.

Para cuantificar el agua remanente en las condiciones de trabajo de campaña alta en los meses de septiembre, octubre, noviembre (gestión 2014) se consideró el promedio mensual de temperatura y humedad relativa, (ver Tabla III.3, Tabla III.4 y Tabla III.5).

La masa molecular del aire que entra a la Cámara “D”.(Español Wikipedia,1995)

$$M = \frac{28,97\text{gr}}{\text{mol}}$$

El flujo volumétrico total se determina con la ecuación de los gases, considerando el aire un gas ideal.

$$\dot{v} = \frac{\text{Vol}}{t} \quad \text{Ecuación (3.19)}$$

\dot{v} : Flujo volumétrico total ($\frac{\text{m}^3}{\text{min}}$).

t : Tiempo máximo de extracción (min).

Vol.: Volumen de la Cámara “D”.

El volumen de la Cámara “D” 9268,17m³, (ver Tabla III.2).

El tiempo máximo de extracción de la humedad se consideró doce horas. Para garantizar la extracción de la humedad en medio día y las doce horas restantes para margen de seguridad.

Con la Ecuación (3,19) se tiene:

$$\dot{v} = \frac{9268,17\text{m}^3}{720\text{min}} = 12,87 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Debido a que la presión es baja (1atm) es posible utilizar la ley de los gases ideales, (Español Wikipedia, 1995).

$$R = \frac{0,00008205 \cdot m^3 \cdot atm}{(^{\circ}K \cdot mol)}$$

$$W_i = \frac{M \cdot P \cdot \dot{v}}{(R \cdot T)} \quad \text{Ecuación (3.20)}$$

$$F_{\text{agua entrada}} = H_{\text{adsoluta}} \cdot W_i \quad \text{Ecuación (3.21)}$$

$$F_{\text{aire entrada}} = F_{\text{agua entrada}} - W_i \quad \text{Ecuación (3.22)}$$

R: Constante de los gases ($\frac{m^3 \cdot atm}{^{\circ}K \cdot mol}$).

W_i : Flujo másico entrada total ($\frac{Kg}{min}$).

M: Masa molecular del aire ($\frac{g}{mol}$).

P: Presión atmosférica (1atm).

R: Constante de los gases ($\frac{m^3 \cdot atm}{^{\circ}K \cdot mol}$).

H_{adsoluta}: Humedad absoluta ($\frac{Kg \text{ vapor agua}}{Kg \text{ aire seco}}$).

F_{agua entrada}: Flujo másico de agua entrada ($\frac{Kg}{min}$).

F_{aire entrada} : Flujo másico aire entrada ($\frac{Kg}{min}$).

3.4.2. DETALLE FLUJO MÁSIKO ÓPTIMO VERSUS FLUJO MÁSIKO REAL DEL AIRE EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA “D” EN LOS MESES DE CAMPAÑA ALTA.

Los parámetros de temperatura y humedad (ver Anexo A-III.1) óptimos versus los parámetros promedios de los meses de campaña alta, (ver Tabla III.3, Tabla III.4 y Tabla III.5).

Para los flujos másico total se determina con la Ecuación (3.20) con la temperatura promedio en el interior de la cámara “D”. Para determinar el flujo másico entrada agua y flujo másico entrada aire, ver Ecuación (3.21) y Ecuación (3.22).

El flujo másico entrada agua en las condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa sería lo aceptable. Para determinar el agua remanente sería la diferencia del flujo másico óptimo menos el flujo másico agua entrada de las condiciones no aptas para la conservación de la semilla en el interior de la Cámara “D” (ver Tabla III.3, Tabla III.4, Tabla III.5 y Tabla III.25).

Tabla III.25

Condiciones de trabajo actuales y óptimas de los deshumificadores portátiles

Ítem	Detalle	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Humedad absoluta (Kg _{agua} /Kg _{aire seco})	Flujo másico entrada total (W _i)	Flujo másico entrada		Flujo másico agua salida	
						Flujo másico agua F _{agua entrada} :	Flujo másico aire F _{aire entrada}	Flujo másico agua F _{agua salida óptima}	Flujo másico agua remanente F _{agua salidaremanente}
1	Datos Óptimos	15,00	50,00	0,0050	15,770	0,0788	15,6912	0,0788	0,0000
2	Septiembre	16,23	63,51	0,0068	15,703	0,1068	15,5962	0,0788	0,0280
3	Octubre	16,14	63,63	0,0070	15,708	0,1099	15,5981	0,0788	0,0311
4	Noviembre	15,90	67,21	0,0072	15,721	0,1132	15,6078	0,0788	0,0344

Fuente: Elaboración propia, 2014.

El máximo valor de flujo másico de agua remanente es:

$$F_{\text{agua salida remanente}} = \frac{0,0344\text{Kg}}{\text{min}}$$

La temperatura de condensación del agua a quince grados centígrados tiene una densidad $999,19 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, (ver Anexo Cuadro A-I.1).

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{vol}} \quad \text{Ecuación (3.23)}$$

$$\text{vol} = \frac{\text{masa}}{\rho} \quad \text{Ecuación (3.24)}$$

Con la Ecuación (3.24) se determina el flujo volumétrico del agua remanente.

$$\text{Volumen agua}(\text{m}^3) = \frac{0,034 \text{ Kg}}{999,19 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 3,44 * 10^{-5} \text{m}^3 \approx 0,034 \text{ Litros}$$

Relación volumen de agua por tiempo de acumulación para su extracción sería:

La capacidad de los deshumificadores en el mercado están identificados los litros de extracción por veinticuatro horas.

La cantidad de agua que se necesita retirar es 0,034 litros por minuto y la cantidad de agua que necesita retirar por día sería $\frac{48,96\text{litros}}{24\text{horas}}$

La cantidad de agua que falta extraer del interior de la Cámara “D” sería $\frac{48,96\text{litros}}{24\text{horas}}$.

Con la extracción del agua la cámara estaría trabajando dentro los márgenes de los parámetros prefijados en contratos, (ver Anexo Figura A-III.1).

Detalle de los parámetros óptimos (ver Anexo Figura A-III.1) y parámetros promedios máximos (ver Tabla III.3, Tabla III.4 y Tabla III.5) para cuantificar la cantidad de agua que falta extraer de la Cámara “D”, (ver Tabla III.26).

Tabla III.26**Resumen de resultados**

Variables	Condiciones de diseño	Condición de operación máximos
Temperatura (°C)	15,00	15,90
Humedad (%hr)	50,00	67,21
Vol. Cámara "D" (m ³)	9268,17	9268,17
Masa de agua (Kg/min)	0,0788	0,1132
Masa de agua remanente(Kg/min)	0,00	0,0344

Fuente: Elaboración propia, 2015.

4.1. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LOS DESHUMIFICADORES EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA “D”.

Los parámetros en las actuales condiciones de trabajo en el interior de la Cámara “D” están por encima de cincuenta por ciento de humedad relativa. La cantidad de agua remanente que falta retirar es de aproximadamente de cuarenta y nueve litros por día.

Tomando en cuenta la extracción uniforme, distribución de los deshumificadores y capacidad de extracción, se consideró tres opciones para comparación, según oferta en el mercado se tiene las capacidades que indican en la Tabla IV.1 que son próximos a lo requerido por diseño.

Tabla IV.1

Comparación número de equipos y capacidad

Ítem	Número equipos	Capacidad diseño (1/24hr)	Capacidad (1/24hr)
1	1	48,96	52,00
2	2	24,48	30,00
3	4	12,24	14,00

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

4.2. DETALLE DE LA CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DESHUMIFICADORES PORTÁTILES PROPUESTOS PARA LA CÁMARA “D”

Según datos técnicos y cotizaciones de deshumificadores que hay en el mercado (ver Anexo Figura A-VIII.8.1, Anexo Figura A-VIII.8.2 y Anexo Figura A- VIII.8.3) se cuantifico los costos de los deshumificadores de los tres ítem que indica la Tabla IV.2.

Tabla IV.2

Capacidad de los deshumificadores propuestos para la Cámara “D”.

Ítem	Número de Equipos	Capacidad diseño (Xlitro/24hr)	Capacidad equipo (Xlitro/24hr)	Costo unidad Equipo (€)	Costo Equipo (€)	Costo Equipo (\$us)
1	1	48,96	52,00	1168,86	1168,86	1271,58
2	2	24,48	30,00	279,00	558,00	607,04
3	4	12,24	14,00	259,00	1036,00	1131,40

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tipo de cambio $\frac{1Bs}{0,14493\$us}$.

Tipo de cambio $\frac{1,08788\$us}{1€}$.

\$us: Dólar americano.

€: Moneda europea.

4.2.1. DETERMINACIÓN DEL COSTO TOTAL DE LOS DESHUMIFICADORES PROPUESTOS PARA LA CAMARA “D”.

Precio consumo de energía eléctrica según boleta de la CREE $\frac{0,087\$us}{W*hr}$ Los costos que incurren para su funcionamiento son los costos de consumo de energía eléctrica, (ver Anexo Figura A-VII.3).

Determinar costo por deshumificador portátil (ver Tabla IV.2) y costo total sería la sumatoria del precio de compra de los equipos propuestos y el costo de funcionamiento (consumo de energía eléctrica de los deshumificadores propuestos), según cuadro del ítem numero dos tiene menor costo total,(ver Tabla IV.3).

Tabla IV.3

Cuadro comparativo de costos totales de los deshumificadores para la Cámara “D”.

Ítem	Costo equipos(\$us)	Potencia unidad (W*hr)	Potencia total (W*hr)	Costo funcionamiento (\$us*hr)*10⁻¹	Costo Funcionamiento gestión 2014 (\$us)	Costo total (\$us)
1	1271,58	950,00	950,00	0,82	724,01	1995,59
2	607,04	500,00	1000,00	0,87	762,12	1369,16
3	1127,04	260,00	1040,00	0,90	792,60	1919,65

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Para el mantenimiento/limpieza lo realizan según programa el personal operario de los almacenes, por lo tanto no son cuantificables como costos de mantenimiento.

4.3.DETALLE DE SEMILLA ALMACENADA EN LA CÁMARA “D” CON BAJA CALIDAD DE LA GESTIÓN 2014.

Semilla que ingreso (gestión 2014, origen Argentina) con parámetros de calidad internacional aprobado. Según resultados de muestras tomadas por INIAF resultaron semilla no apta para la venta o semilla rechazada.

La pérdida de calidad de la semilla almacenada en la Cámara “D” se consideraría por la inapropiada condición de conservación (temperatura y humedad relativa) de la semilla, (ver Tabla IV.4).

Tabla IV.4

Semilla almacenada en la Cámara “D” con baja calidad no apta para la venta de la gestión 2014

GMID	Descripción de producto	Status	Lote dow	Lote ors	Stock	Peso unitario Kg
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8LP02	IM: 1910-14	792	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8LP03	IM: 1895-14	504	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8LP03	IM: 1896-14	275	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8LP04	IM: 1894-14	792	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8MP01	IM: 1911-14	216	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8MP01	IM: 1912-14	576	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8MP02	IM: 1913-14	720	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050E8MP03	IM: 2067-14	783	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050EAEP01	IM: 2068-14	432	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050EAEP02	IM: 2006-14	72	20
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	RECHAZADO	C050EAFP01	IM: 2004-14	1224	20
11023202	MG360 G2 SUN TR BAG1BG BOL	OK CON SR/BLOCKED	C045D3UPT4	IM: 221-14	1	17,2

Fuente: Totái Citrus S.A., 2014.

4.4.PRECIO DE VENTA DE SEMILLA COMERCIAL AL MERCADO NACIONAL (BOLIVIA)

Semilla recepcionada en la Cámara “D” (gestión 2014) con su precio de origen, (ver Anexo Figura VII.1 y Anexo Figura VII.2).

Según la base de Totai Citrus S.A. detalla el producto, lote, cantidad de bolsas y precio de venta de la semilla, (ver Tabla IV.5).

Tabla IV.5

Detalle de stock y precio total por lote dow-gestión 2014

GMID	Descripción de producto	Lote dow	Lote ors (Importado)	Stock (Bolsa)	Precio (\$us/Bolsa)	Precio total (\$us)
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8LP02	IM: 1910-14	792	86	68112
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8LP03	IM: 1895-14	504	86	43344
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8LP03	IM: 1896-14	275	86	23650
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8LP04	IM: 1894-14	792	86	68112
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8MP01	IM: 1911-14	216	86	18576
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8MP01	IM: 1912-14	576	86	49536
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8MP02	IM: 1913-14	720	86	61920
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050E8MP03	IM: 2067-14	783	86	67338
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050EAEP01	IM: 2068-14	432	86	37152
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050EAEP02	IM: 2006-14	72	86	6192
370531	DAS5000 SOR BAG20KG ARG	C050EAFP01	IM: 2004-14	1224	86	105264
11023202	MG360 G2 SUN TR BAG1BG BOL	C045D3UPT4	IM: 221-14	1	137	137
T O T A L				6387	-	549333

Fuente:Dow Agrosience S.A., 2014.

4.5.RELACIÓN COSTO BENEFICIO

Detalle de costos totales (ver Tabla IV.3) y precio de semilla comercial de origen (ver Tabla IV.5). Considerando los precios de origen de la semilla que perdió su calidad comercial, como pérdida de ganancias o capital (Dow Agrosiences S.A., 2014).

La implementación de los deshumificadores requeridos se garantizaría la conservación y se reduciría a cero las pérdidas de capital (Dow Agrosiences S.A., 2014).

Para cuantificar los beneficios de la implementación de los deshumificadores se consideró la pérdida de capital como beneficio o capital recuperado para el futuro, (ver Tabla IV.6).

Tabla IV.6

Cuadro comparativo de saldo de costo y saldo beneficio

Ítem	Número Equipos	Capacidad equipo (1/24hr)	Costo total (\$us)	Capital recuperado por gestión (\$us)	Gestión N° 1		Gestión N° 2		Relación Costo/ Beneficio
					Saldo costo (\$us)	Saldo beneficio (\$us)	Saldo costo(\$us)	Saldo beneficio (\$us)	
1	1	52	1995,59	549333,00	0,00	547337,41	0,00	549333,00	275,273
2	2	30	1369,16	549333,00	0,00	547963,84	0,00	549333,00	401,220
3	4	14	1919,65	549333,00	0,00	547413,35	0,00	549333,00	286,163

Fuente:Elaboración Propia, 2015.

La compra y puesto en funcionamiento los dos deshumificadores portátiles se tendrían los beneficios en el primer año.

Según cuadro la compra de un deshumificador, con una capacidad unitaria de $\frac{52\text{litros}}{24\text{hr}\cdot\text{equipo}}$ tendría un menor costo total en el proceso de extracción del agua remanente, no tendría una extracción homogénea en los extremos y zona media de la Cámara “D”, el cual estaría descartado la compra de un deshumificador.

La compra de cuatro deshumificadores desde el punto de vista económico sería muy alta, con relación a la extracción del agua remanente sería más homogéneo. El número actual de deshumificadores portátiles son ocho equipos con la implementación de cuatro deshumificadores sumarian doce deshumificadores el cual reduciría el área para que maniobré el Montacarga.

La compra de dos equipos deshumificadores tendría una extracción homogénea del agua remanente, su influencia sería mucho menor en el área de maniobra del montacarga.

La implementación de los equipos para retirar el agua remanente (ver Tabla IV.6) se traduciría en cero pérdidas de calidad del producto almacenado. Las pérdidas monetizadas al valor de mercado se considerarían un beneficio el cual financiaría los gastos de compra y funcionamiento de los dos deshumificadores.

4.5.1. BENEFICIO.

La semilla sale de origen, con todas las normas de calidad internacional aprobadas y garantizada para su comercialización. En el transcurso del transporte y el almacenamiento para la conservación de la semilla son dos variables. Al garantizar la temperatura y humedad relativa en el interior de la Cámara “D” de quince grados centígrados y cincuenta por ciento de humedad relativa se tendría una semilla comercial con parámetros de calidad aprobados.

Según inventario la gestión 2014 se tuvo un total de 6387 bolsas con baja calidad (prohibida su venta) que monetizado equivale a 549333 dólares americanos, dicho valor son cuantificados como pérdida de capital (Dow Agrosiences S.A.) y los costos para la incineración, costos de transporte y costos del notario se reducirían a cero con la implementación de los dos deshumificadores.

Implementando de los deshumificadores se garantizaría una humedad relativa de 50% no se tendría ninguna pérdida por calidad de la semilla, si lo hubiera sería por las deficientes condiciones de transporte de origen.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.CONCLUSIONES DE LA CÁMARA “D”.

Como conclusión del presente trabajo se tiene lo siguiente:

5.1.1. BALANCE DE ENERGÍA DE LA CÁMARA “D”.

Según la base de datos de la Unidad de Servicios a Terceros de Totai Citrus S.A., de temperatura y humedad de la Cámara “D”, nos indica que los valores registrados están por encima de los prefijados en contrato.

El problema que trabaje la Cámara “D” con valores de temperatura superior al prefijado en contrato (ver Anexo Figura A-III.1) serian:

- Por deficiencias que presentan en los sensores en los registros de temperatura.
- Los valores programados de encendido/apagado de temperatura, en los rangos superior (16°C), inferior (12°C) están por encima del valor prefijado en el contrato.”

Los sensores de encendido/apagado de los equipos de frío de la Cámara “D”faltan calibrar o remplazar por nuevos para salvar sus deficiencias.

Resultados del balance de energía (ver TablaIII.22) y la capacidad total instalada de los equipos de frío (ver Tabla II.23) estaría con 33049,08W sobredimensionado, con relación a la capacidad teórica instalada.

5.1.2. DESHUMIFICADORES PORTATILES DISTRIBUIDOS EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA “D”.

Según base de datos (ver Anexo Cuadro A-II.1, Anexo Cuadro A-II.2 y Anexo Cuadro A-II.3) y resultados estadísticos promedios (ver Tabla III.3, Tabla III.4 y Tabla III.5) hay diferencia con los parámetros prefijados en contrato con Dow Agroscience S.A., (ver Anexo Figura A-III.1). Realizado los cálculos por medio de la tabla psicométrica (ver Anexo Figura A-I.1) se determinó la cantidad de agua remanente que falta retirar (ver Tabla IV.26).

Resultados de costo/beneficio y considerando una extracción homogénea y sin reducir espacio de maniobra para el montacarga se consideró como sugerencia la compra de dos deshumificadores de una capacidad de 30 litros/24hr para la extracción de los 48,96 litros/24hr.

Con la implementación de los dos equipos se garantizaría los parámetros de humedad prefijados en contrato, (ver Anexo Figura A-III.1).

La implementación de los dos deshumificadores portátiles en el interior de la Cámara “D” se traduciría en ganancia las pérdidas que se generan por perdida de calidad de la semilla no comercial. El costo para la implementación sería de 0.25% respecto a la perdida monetaria total que se genera con la semilla no comercial.

5.2.RECOMENDACIONES DE LA CÁMARA “D”.

Se puede recomendar lo siguiente:

5.2.1. BALANCE DE ENERGÍA DE LA CÁMARA “D”.

Reprogramar el PLC con nuevos valores máximos (apagado) y mínimos (encendido) para que la Cámara “D” trabaje dentro las condiciones óptimas de temperatura.

Se recomienda cambiar los sensores de temperatura para reducir los márgenes de error de temperatura.

5.2.2. DESHUMIFICADORES PORTÁTILES PROPUESTOS PARA LA CÁMARA “D”.

Cuantificar la capacidad total de los deshumificadores portátiles para remplazar por deshumificadores industriales de mayor capacidad para aumentar el área de maniobra del montacarga.

Realizar mantenimiento a los sensores de los deshumificadores portátiles.