



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL MÉTODO DE SECADO
NATURAL Y ARTIFICIAL PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS
DE FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris L.*) EN PLANTA PROCESADORA DEL INTA-
CNIA, EN EL DEPARTAMENTO DE MANAGUA, NICARAGUA”.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Luis Mariano Corrales Zapata

Br. Ingrid Dayana Maliaño Peralta

Tutor

M. Sc. Ing. Guillermo Acevedo Ampié

Asesor

Ing. Carlos Moisés Mendieta Téllez

Lic. Gabriela Videa Araica

Managua, Nicaragua

Octubre 2021

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por darme la oportunidad de concluir con éxito mis estudios, por la sabiduría que me ha dado durante todo este proceso de aprendizaje, por la fuerza y la oportunidad de seguir adelante.

A mi mamá Aida del Rosario Zapata Urbina, por brindarme su apoyo incondicional, para poder cumplir mis sueños y metas, por su corrección, enseñanzas y amor que me han formado como la persona que soy.

A mis hermanos José Luis Corrales Zapata y Karla Vanesa Corrales Zapata, por su apoyo y su ánimo todos estos años, por cuidarme de pequeño.

A mis abuelos maternos Abelardo Zapata y Concepción Urbina, por apoyarme y enseñarme el trabajo duro en el campo y por sus consejos que me regalaron desde pequeño que me han servido en mi formación.

A mi novia Sterling Carolina Alemán Rojas, a quien admiro mucho por su fortaleza y su honestidad, por su apoyo que me ha brindado y acompañado durante muchos momentos difíciles en mis estudios.

A mi compañera de monografía Ingrid Dayana Maliaño Peralta, por brindarme su amistad sincera, por su apoyo, ánimo y entrega para cumplir con nuestras metas y sueños profesionales.

A mis amigos que son como hermanos, por su amistad sincera y apoyo incondicional, a mi grupo pastoral Movimiento Calasanz y el ministerio de alabanzas Camino de Dios, por enseñarme que con perseverancia y esfuerzo se logran cumplir todas las metas y sueños

¡Muchas gracias a todos!

Luis Mariano Corrales Zapata

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este documento a Dios, ya que gracias a Él he logrado concluir mi carrera de manera satisfactoria, superando cada obstáculo que se presentó en todo este tiempo de estudio.

A mis padres, Lester José Maliaño Morales y Patricia del Socorro Peralta Martínez por ser mis pilares fundamentales, brindándome amor, apoyo y ánimos para concluir esta etapa tan importante para mí. A una persona demasiado importante que, aunque no esté entre nosotros, me apoyó y aconsejó en todo momento, Guadalupe Martínez (QEPD), siempre me brindaste amor y me llenaste de grandes expectativas, Francisco Peralta (QEPD), gracias por ayudarme a perseverar en cada momento. sinceramente lo que soy, se lo debo a ustedes. Los Quiero y Aprecio Bastante.

A mis hermanos, Francisco Javier Ojeda Peralta y Karen Sughey Ojeda Peralta que han estado en mi vida, apoyándome en cada paso y meta que me he propuesto, desarrollándome a manera personal y profesional. A mis sobrinos, que me han ayudado a mejorar en cada aspecto personal, aportándome a ser más tolerante y paciente.

Al Ing. José Rodríguez, por estar alentándome a seguir y no darme por vencida, apoyando en el proceso de estudio, por su entrega y confianza en todo momento.

Y por último y no menos importante, a mi compañero de monografía, Luis Mariano Corrales Zapata, por aventurarse en este paso que sin duda alguna estábamos esperando desde que iniciamos todo este proceso educativo. A mis compañeros y amigos que hice en el tiempo de carrera, que, sin dudar, aportaron de manera positiva cada momento vivido, logrando culminar esta fase.

Dayana Maliaño

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por la sabiduría y las fuerzas que nos ha dado para llegar hasta donde estamos el día de hoy, teniendo siempre presente que todo se lo debemos a Él.

A nuestras familias por su amor, apoyo, sacrificio y por estar siempre presentes en estos años en proceso de aprendizaje.

Agradecemos a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente, a cada uno de los profesores que compartieron sus conocimientos y técnicas, especialmente al M. Sc. Ing. Guillermo Acevedo quien nos apoyó y brindó su tiempo en todo este proceso.

De igual manera, agradecemos al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), por el apoyo brindado en la realización de este proceso de culminación de estudio, especialmente a la Lic. Gabriela Videa y al Ing. Moisés Mendieta quienes fueron de gran ayuda en cada etapa de esta investigación, compartieron con nosotros sus conocimientos, experiencias y tiempo, llegando así para concluir de manera exitosa dicho estudio.

Finalmente, agradecemos a cada uno de nuestros amigos y compañeros por el apoyo y ánimo que nos brindaron durante el tiempo que compartimos junto, y de igual forma, deseamos que ellos también puedan concluir sus estudios de manera exitosa, cumpliendo la meta de ser profesionales en este ámbito que tanto amamos.

¡Gracias y Ánimo por todo!

Luis Corrales
Dayana Maliaño

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria (CNIA) del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicada en el municipio de Managua, perteneciente al departamento de Managua, este consta de la evaluación técnica y económica del método de secado natural y artificial para el acondicionamiento de la semilla de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), desarrollados en la planta procesadora.

En el método de secado natural (secado solar en patios), se aplicaron técnicas de control de sanidad en el área de resguardo de la semilla antes y después del proceso de secado, además de la distribución y la homogenización de la semilla sobre el área del patio de 982.84 metros cuadrados y un perímetro de 133.41 metros. El lote que se procesó en este método es el proveniente de Carazo, de la finca “La Compañía”, se obtuvo como resultado una velocidad de secado de 0.74 %/hora, y un bulbo húmedo de secado 0.64 qq/%, en un tiempo de trabajo de 8 horas. Además, presento un costo total de procesamiento del lote de C\$4,388.31, es decir; un valor de C\$70.24 por quintal procesado y su equivalente en dólares de \$2.02.

En el método de secado artificial (secadora de columna vertical), en el se realizó la limpieza del área del resguardo, también se realizaron revisiones técnicas sobre la secadora antes del funcionamiento. La secadora trabajó a una temperatura constante de 60°C, el cual permitió un proceso de secado más controlado y constante. El lote que se procesó en este método es el proveniente de Masaya, de “Campos Azules”, se obtuvo como resultado una velocidad de secado de 1 %/hora, y un bulbo húmedo de secado 2.24 qq/%, en un tiempo de trabajo de 6 horas. Además, presento un costo total de procesamiento del lote de C\$3,409.11, es decir; un valor de C\$39.73 por quintal procesado y su equivalente en dólares de \$1.14.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	JUSTIFICACIÓN.....	3
IV.	OBJETIVOS.....	4
4.1.	Objetivo general	4
4.2.	Objetivos específicos.....	4
V.	MARCO TEÓRICO.....	5
5.1.	Cultivo del frijol	5
5.1.1.	Generalidades e importancia socioeconómicas	5
5.2.	Secado de la semilla	6
5.2.1.	Objetivo del secado de la semilla	7
5.2.2.	Secado de los lotes de semilla.....	8
5.3.	Condiciones generales del secado.....	8
5.3.1.	Velocidad de secado por lotes	9
5.3.2.	Pruebas de secado	9
5.3.3.	Bulbo húmedo del grano	10
5.3.4.	Humedad del grano	11
5.3.5.	Humedad relativa.....	11
5.3.6.	Niveles seguros de humedad.....	11
5.4.	Métodos de secado	12
5.5.	Secado natural	13
5.5.1.	Secado solar en patios	14
5.5.2.	Secado solar rotativo	15
5.6.	Secado artificial	16
5.6.1.	Secado a bajas temperaturas	17
5.6.2.	Secado con aire movido por convección natural.....	18
5.6.3.	Secado de lecho fino	18
5.6.4.	Secadores de columna	19
5.6.5.	Secadores de flujos cruzados	20
5.6.6.	Secadores de tipo cascada o canaletas	20

5.6.7.	Secadores para secado intermitente	21
5.6.8.	Secado combinado	22
5.7.	Control de calidad durante el secado	23
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO	25
6.1.	Localización.....	25
6.2.	Metodología del estudio por objetivo	26
6.2.1.	Descripción de los métodos utilizados en el secado de la semilla de frijol.....	26
6.2.2.	Comparación de las variables que presentan los métodos de secado en la semilla de frijol	27
6.2.3.	Determinación de los costos de operación en el secado de la semilla de frijol.....	33
VII.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	35
7.1.	Descripción de los métodos de secado	35
7.1.1.	Disposición de la semilla de frijol para el secado	35
7.1.2.	Diagrama de proceso de disposición de la semilla de frijol.....	36
7.1.3.	Preparación y acondicionamiento de la semilla	37
7.1.4.	Recopilación de los datos del volumen del lote	37
7.1.5.	Datos de entrada de la humedad de la semilla	38
7.1.6.	Método de secado natural (secado solar en patios)	39
7.1.7.	Método de secado artificial (secadora de columna vertical).....	41
7.2.	Comparación de las variables que presentan los métodos de secado..	43
7.2.1.	Variables del método de secado natural (Lote finca la Compañía).	44
7.2.2.	Variables del método de secado artificial (Lote Campos Azules) ...	48
7.3.	Costos de operación de métodos de secado	52
7.3.1.	Costos de operación del método de secado natural	52
7.3.2.	Costos operacionales método secado artificial	57
VIII.	CONCLUSIONES	62
IX.	RECOMENDACIONES.....	63
X.	BIBLIOGRAFÍA	64
XI.	GLOSARIO	66

XII. ANEXOS.....	i
Anexos: Hoja de trabajo N°1-A	ii
Anexos: Hoja de Trabajo N°1-B	iii
Anexos: Hoja de Trabajo N°2-A.....	iv
Anexos: Hoja de Trabajo N°2-B.....	v
Anexos: Depreciaciones de activos o bienes en labor de secado	vi
Anexos: Cálculo del costo de mochila motobomba.....	vii
Anexos: Cálculo del costo de báscula de piso	x
Anexos: Cálculo del costo de montacargas	xiii
Anexos: Cálculo del costo de la secadora de columna	xvi
Anexos: Cálculo del costo de medidor de humedad	xix
Anexos: Figuras	xxii
Anexos: Planos	xxviii
Plano 1: Patio de secado.....	xxviii
Plano 2: Secadora de columna	xxix

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de datos del secado solar en patios	44
Tabla 2. Resumen de datos de secadora de columna vertical	48
Tabla 3. Costo de mano de obra en el secado natural	53
Tabla 4. Costo de insumos y materiales en método de secado natural	54
Tabla 5. Costos de maquinaria en el método de secado natural	55
Tabla 6. Costo del equipo de protección en el método de secado natural	56
Tabla 7. Costo total del método de secado natural	56
Tabla 8. Costo de mano de obra en el secado artificial	57
Tabla 9. Costos de insumos y materiales en el método de secado artificial	58
Tabla 10. Costos de maquinaria en el método de secado artificial	59
Tabla 11. Costo del equipo de protección en el método de secado artificial	60
Tabla 12. Costo total del método de secado artificial	61
Tabla 13. Datos iniciales del lote N° 1	ii
Tabla 14. Datos iniciales del lote N° 2	iii
Tabla 15. Tabla de resultados del método de secado natural	iv
Tabla 16. Comportamiento de las variables en el método de secado natural	iv
Tabla 17. Tabla de resultados del método de secado artificial	v
Tabla 18. Comportamiento de las variables en el método de secado artificial	v
Tabla 19. Depreciaciones de activos o bienes en el secado natural	vi
Tabla 20. Depreciaciones de activos o bienes en el secado artificial	vi
Tabla 21. Ficha técnica de mochila motobomba	vii
Tabla 22. Costo del uso de mochila motobomba	ix
Tabla 23. Especificaciones técnicas de la báscula de piso	x
Tabla 24. Costos del uso de la báscula de piso	xii
Tabla 25. Ficha técnica de montacargas	xiii
Tabla 26. Costos del uso de montacargas	xv
Tabla 27. Ficha técnica de la secadora de columna	xvi
Tabla 28. Costos del uso de la secadora de columna	xviii
Tabla 29. Especificaciones técnicas del medidor de humedad	xix
Tabla 30. Costo de uso del medidor de humedad	xxi

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Velocidad de secado solar en patios	45
Gráfica 2. Bulbo húmedo secado solar en patios	46
Gráfica 3. Relación tiempo, humedad y volumen en el secado solar en patios ..	47
Gráfica 4. Velocidad de secado en la secadora de columna vertical	49
Gráfica 5. Bulbo húmedo en la secadora de columna vertical	50
Gráfica 6. Relación tiempo, humedad y volumen en la secadora de columna vertical	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de frijol (INTA sequía precoz)	5
Figura 2. Manejo del secado de patios	14
Figura 3. Macro Localización	25
Figura 4. Micro Localización	25
Figura 5. Diagrama de proceso de disposición de la semilla de frijol	36
Figura 6. Diagrama de proceso del secado natural	39
Figura 7. Diagrama de proceso del secado artificial	41
Figura 8. Disposición y manipulación de la semilla	xxii
Figura 9. Descargue y traslado de la semilla	xxii
Figura 10. El efecto de la temperatura de las semillas	xxiii
Figura 11. Distribución de la materia prima	xxiii
Figura 12. Remoción y homogenización de la semilla	xxiii
Figura 13. Secado en patio traslado de la semilla	xxiv
Figura 14. Patio de secado INTA-CNIA	xxiv
Figura 15. Determinación del tamaño del patio de secado	xxiv
Figura 16. Vista frontal de la secadora de columna	xxv
Figura 17. Vista lateral de la secadora de columna	xxv
Figura 18. Vista superficial de la secadora de columna	xxv
Figura 19. Panel de control del motor y el ventilador de la secadora.	xxvi
Figura 20. Motor de secadora KONGSKILDE.	xxvi
Figura 21. Ventilador y motor de la secadora	xxvi
Figura 22. Montacargas	xxvii
Figura 23. Interior de la secadora	xxvii
Figura 24. Mochila motobomba	xxvii

I. INTRODUCCIÓN

El secado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de diversos materiales orgánicos e inorgánicos. Es un proceso copiado de la naturaleza; el ser humano ha mejorado ciertas características de la operación. El secado es el método de conservación de alimentos más ampliamente usado.

En general el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de cierto material. En el secado, el agua casi siempre se elimina en forma de vapor con el aire. La rapidez de este proceso depende del aire (la velocidad con la que éste circule alrededor del producto, su grado de sequedad, etcétera), y de las características del producto (su composición, su contenido de humedad, el tamaño de las partículas, entre otras).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA), presenta en sus instalaciones una planta procesadora de la semilla de diferentes rubros del país, los cuales antes de su almacenamiento pasan por un proceso de secado en donde, la semilla pierde humedad hasta un punto óptimo (13°C-15°C), en el cual se emplean los métodos de secado de forma técnica.

Para evaluar los métodos de secados aplicados en esta planta procesadora es necesario evaluar lotes de semilla, en este caso el rubro del frijol, como información sobre el trabajo que se realiza en dicha planta; las variables que se presentan en los métodos y los costos que generan la actividad del secado, que se desarrollan en esta instalación de trabajo.

II. ANTECEDENTES

Hasta avanzada la década de los 50, todos los granos de nuestro país se cosechaban casi seco. Los cuales al recolectarse se dejaban secar por acción del aire ambiente. Los vientos predominantes se llevaban la humedad excesiva en unos dos meses. Ante el trabajo de mano de obra que representaba el manejo de los granos envasados y los respectivos costos crecientes, hacia el principio de la década del 60 comenzó a generalizarse el manejo a granel de la producción de granos, eliminándose poco a poco el empleo de sacos.

El INTA, fue creada en Nicaragua 1993, años más tarde se creó el CNIA. El 12 de octubre 2012 por medio del convenio con Unión Europea, se construye en las instalaciones del INTA-CNIA, la planta procesadora de semilla. (Delegación Europea en Nicaragua, 2012)

A partir del funcionamiento de la planta procesadora de semilla en el 2012, empezó a recibir materia prima (semillas), para su procesamiento aplicando el secado natural en el patio de secado. Una estructura en forma de embudo revestido la superficie de concreto.

En el noviembre del 2020 se realizó el armado técnico de la secadora de columna vertical, siendo un método de secado artificial y se empezó hacer uso de este método a partir de enero del 2021. De esta forma en la actualidad el INTA-CNIA presenta dos métodos de secado para el almacenamiento de la semilla, uno natural (secado solar) y el otro artificial (secado columna vertical).

III. JUSTIFICACIÓN

El frijol en Nicaragua ha alcanzado gran importancia socioeconómica como base de la alimentación básica en la dieta del nicaragüense, en la actualidad la producción y aprovechamiento para la alimentación no ha disminuido, al contrario, se ha incrementado el uso y consumo que se le da, esto especialmente en las regiones del pacífico y del centro de Nicaragua.

En el CNIA, inicialmente se empleaba el secado natural (secado solar), como medio para que la semilla de frijol, pierda humedad para que luego se almacene como materia prima, de esta forma en la búsqueda de mejorar las técnicas aplicadas, se pone en práctica el método de secado artificial (secadora de columna vertical).

Es necesario la evaluación de ambos métodos mediante lotes de semillas, para comparar el comportamiento de las variables como lo es; el tiempo, cantidad o volumen y pérdida de humedad, con respecto al método empleado. Además, es importante conocer el costo operacional que se genera al aplicar el método de secado al lote de semilla de frijol.

De esta forma, este estudio será la primera documentación local, que se presentará en las instalaciones del centro, aportando al conocimiento técnico y formativo de los métodos de secado que se emplean en la planta procesadora de semilla.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar técnica y económicamente del método de secado natural y artificial para el acondicionamiento de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), en la planta procesadora del INTA-CNIA, en el Departamento de Managua, Nicaragua.

4.2. Objetivos específicos

- Describir los métodos de secados que son empleados en la planta procesadora INTA-CNIA, para la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).
- Comparar las variables de los métodos de secado evaluados en la planta procesadora del INTA-CNIA, para la semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).
- Determinar los costos de operación de los métodos de secado utilizados en la planta procesadora del INTA-CNIA.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Cultivo del frijol

La semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), es la especie más conocida del género *Phaseolus* en la familia *Fabaceae*. Es una especie anual nativa de Mesoamérica, y sus numerosas variedades se cultivan en todo el mundo para el consumo, tanto de sus vainas verdes como de sus semillas frescas o secas (El Frijol, 2019).

5.1.1. Generalidades e importancia socioeconómicas

Figura 1. Cultivo de frijol (INTA sequía precoz)



Fuente: INTA-CNIA

El frijol es uno de los componentes más básico en la dieta alimenticia del pueblo nicaragüense, constituyendo no solamente base energética sino también base proteica en la alimentación. La semilla de frijol tiene un alto contenido de proteína aproximadamente el 22.7% superada únicamente por la soya (38%) y es

también fuente importante de hierro (7.9%) y vitamina b (2.2%). Las leguminosas como el frijol, constituyen una fuente importante de aminoácidos como el triptófano, esencial en el crecimiento de las personas y aunque no pueden reemplazar completamente a las proteínas de origen animal, en muchas regiones tropicales como Nicaragua estos suplen la mayor cantidad de estos aminoácidos (Socio-Económica, 2000).

Aunque la planta de frijol se adapta a una amplia gama de suelos, los más indicados son suelos ligeros, con textura silíceo-limosa, buen drenaje y ricos en materia orgánica. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6 y 7,5, aunque en

suelo arenoso se desarrolla bien con valores de hasta 8,5 (Socio-Económica, 2000).

Destaca por su capacidad de fijar nitrógeno al suelo donde es cultivado y por lo tanto es ideal para la rotación de cultivos en procura del mantenimiento fértil de las tierras.

5.2. Secado de la semilla

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones de deterioración.

Una definición clara y completa de lo que es el secado puede ser la siguiente, el secado del grano es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimento, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla (Secado del grano, 2015).

Cuando la semilla llega a la madurez fisiológica se tiene que proceder a realizar la cosecha, el lote de semillas se encuentra con una humedad de más del 32%, esto implica que la semilla tiene que pasar por el proceso de secado para evitar su deterioro al manipular y almacenarla para su acondicionamiento.

Otro factor a determinar es que la semilla es un organismo vivo y respira, generando calor, la temperatura de las semillas no puede llegar más allá de los 40°C, por esta razón se debe controlar la temperatura de las semillas al momento de la recepción de las mismas en la planta de acondicionado. Al momento del secado, se tiene que mantener la temperatura del aire de secado a

menos de los 40°C. Si el contenido de humedad del lote de semillas es mayor al 18% se aconseja no dejar que la temperatura del aire de secado pase los 35°C.

La tolerancia de las semillas al daño mecánico o a las altas temperaturas depende de la humedad de equilibrio, por ejemplo, las semillas de frijoles son sensibles al daño mecánico cuando estas se han expuesto a altas temperaturas, contrario el arroz que es más resistente. Con los métodos tradicionales de producción de granos de los pequeños agricultores se producen considerables pérdidas antes y durante el almacenamiento. Una de las principales fuentes de pérdidas es la falta de un secado adecuado, ya que la mayoría de los agricultores deja secar sus productos en el campo, expuestos a la intemperie y sujetos al ataque de insectos. A pesar de las pérdidas, los pequeños agricultores continúan empleando este método por su bajo costo y también debido al desconocimiento de otras técnicas (FAO, 2015).

5.2.1. Objetivo del secado de la semilla

El objeto fundamental del secado es el de disminuir el contenido de agua de sólidos húmedos hasta dejarlos en un límite conveniente para garantizar su conservación en el almacenamiento y comercialización. (AYALA & FLORES, 2003)

En el caso de materiales biológicos el secado se usa como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer ni multiplicarse en ausencia de agua. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en los alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 56 % en peso en los alimentos, para preservar el sabor y el valor nutritivo. Los alimentos secos pueden almacenarse durante periodos bastantes largos.

5.2.2. Secado de los lotes de semilla

Cuando la semilla llega a la madurez fisiológica se tiene que proceder a realizar la cosecha, el lote de semillas se encuentra con una humedad de más del 32%, esto implica que la semilla tiene que pasar por el proceso de secado para evitar su deterioro al manipularla y almacenarla para su acondicionamiento. Otro factor a determinar es que la semilla es un organismo vivo y respira, generando calor, la temperatura de las semillas no puede llegar más allá de los 40°C, por esta razón se debe controlar la temperatura de las semillas al momento de la recepción de las mismas en la planta de acondicionado. Al momento del secado, se tiene que mantener la temperatura del aire de secado a menos de los 40°C. Si el contenido de humedad del lote de semillas es mayor al 18% se aconseja no dejar que la temperatura del aire de secado pase los 35°C.

El operador del equipo de secado, tiene que conocer los conceptos sobre el contenido de humedad de equilibrio de las semillas, la humedad de equilibrio la obtienen las semillas cuando la humedad interna se iguala a la humedad del ambiente donde se encuentran almacenadas las semillas. La tolerancia de las semillas al daño mecánico o a las altas temperaturas depende de la humedad de equilibrio. (Schmidt, 2000)

5.3. Condiciones generales del secado

El secado de sólidos incluye dos procesos fundamentales y simultáneos:

- a) Se transmite calor para evaporar el líquido
- b) Se transmite masa en forma de líquido a vapor dentro del sólido y como vapor desde de la superficie.

Los factores que regulan las velocidades de este proceso determinan la rapidez o el índice de secado. En la mayoría de secadores industriales los métodos de transferencia de calor utilizados difieren fundamentalmente entre sí, ya que la

transferencia de calor puede ser por convección, conducción, radiación o una combinación de estos. Sin embargo, en cada caso, el calor debe fluir hacia la superficie externa y luego hacia el interior del sólido. La única excepción es el secado dieléctrico y de microondas, en donde la electricidad de alta frecuencia genera calor internamente creando una temperatura elevada dentro del material y la superficie.

5.3.1. Velocidad de secado por lotes

Con el fin de fijar horarios de secado y determinar el tamaño del equipo, es necesario saber el tiempo que se requerirá para secar una sustancia a partir de un contenido de humedad a otro en condiciones específicas. También si se desea calcular el efecto que tendrán las diferentes condiciones de secado en el tiempo del secado.

Las curvas de velocidad de secado son una forma gráfica de representar la velocidad de secado de un producto con respecto al contenido de humedad libre que este contiene.

El conocimiento del mecanismo del secado es tan incompleto que, salvo pocas excepciones, es necesario confiar al menos en algunas mediciones experimentales. Las mediciones de la rapidez del secado por lotes son relativamente fáciles y proporcionan mucha información no solo para la operación por lotes sino también para la operación continua (AYALA & FLORES, 2003).

5.3.2. Pruebas de secado

Para determinar experimentalmente la velocidad de evaporación de un material, se procede colocando una muestra en una bandeja. Si se trata de un material sólido, debe llenar por completo la bandeja de tal manera que quede expuesta a

la corriente de aire de secado la superficie de dicho sólido. La pérdida de peso de humedad durante el secado puede determinarse a diferentes intervalos sin interrumpir la operación, colgando la bandeja en una balanza adaptada a un gabinete o a un ducto a través del cual fluye el aire de secado.

Al realizar experimentos de secado por lotes, deben observarse ciertas precauciones para obtener datos útiles en condiciones que se asemejen lo más posible a las que imperarán en las operaciones a gran escala. La muestra no debe ser demasiado pequeña y debe introducirse en una bandeja similar a la que se usará en producción. La relación de superficie de secado a superficie de no secado (superficie aislada) así como la profundidad del lecho del sólido deben ser idénticas. La velocidad, la humedad, la temperatura y la dirección del aire deben ser los mismos y constante para simular un secado en condiciones invariables. (Gómez G, 2001)

5.3.3. Bulbo húmedo del grano

El bulbo húmedo del grano o la humedad contenida en la masa del grano, es el valor existente cuando el grano contiene un peso en el que se le conoce como peso más humedad contenida del mismo. Es importante en el desarrollo del secado conocer el peso inicial del grano con cierta humedad, y el peso a través del secado cambia, no solo su forma, sino que también va variando la humedad del mismo, de esta forma, luego del final del secado se obtiene un peso con la humedad requerida para su almacenamiento. El peso varía a través del tiempo que el secado transcurre y pierde humedad, hasta los requeridos para el almacenamiento. Es importante tener en cuenta la pérdida de la humedad del grano, ya que su valor comercial aumenta mientras menos humedad este posea, con fines de almacenamiento. Mientras la velocidad del secado es la relación entre el tiempo y la humedad, el bulbo húmedo del grano es la relación entre la masa del grano y el contenido de humedad que retiene a través del proceso de secado. (Moratinos, 2012)

5.3.4. Humedad del grano

El aire también contiene humedad, ésta se encuentra en forma de vapor. Así como el grano retiene diferentes cantidades de agua, el aire también lo hace. El aire caliente puede retener más humedad en el ambiente. En un día caluroso puede haber mucha humedad en el aire, al atardecer la temperatura decrece y el aire (más frío) no puede retener toda la humedad que retenía durante el día, de tal manera que la humedad del aire decrece y se forma lo que se conoce como con el nombre de rocío sobre la superficie del suelo. Al estar el aire expuesto al sol durante el día, su temperatura aumenta y puede retener más humedad. El aire toma la humedad del suelo en forma de vapor (Secamiento de los Granos Importancia y prácticas comunes, 2017).

5.3.5. Humedad relativa

La humedad relativa es el porcentaje de la cantidad del aire con relación a la cantidad máxima de humedad que puede retener el aire a esa temperatura. Si el contenido de la humedad del aire permanece igual y su temperatura aumenta, la humedad relativa decrece. La humedad relativa tiene importancia sólo para aquellos que pueden medirla y emplear estos conocimientos en los tiempos de secado (Almacenamiento y conservación del Grano, 2017).

5.3.6. Niveles seguros de humedad

Los granos almacenados no deben de tener más que una cierta cantidad de humedad. Aunque la cantidad de humedad que el grano puede retener durante el almacenamiento cambia, dependiendo de las condiciones de éste, se han establecido algunos porcentajes de seguridad en relación con lo que pueden contener los granos.

La semilla de frijol puede ser almacenado con certeza a una humedad de 13.5% (o sea que el 13.5% del peso total de la semilla puede ser agua), rodeado por aire con una temperatura de entre 25°C y 30°C y con una humedad relativa del 70% (es decir, que el aire a esta temperatura puede retener 30% más de agua que la que está reteniendo). En este punto el frijol y el aire no van a intercambiar humedad, a esto se le llama punto de equilibrio. Este equilibrio, es la condición que tiende a establecer un buen almacenamiento de la semilla, pero es muy difícil mantener almacenado la semilla en condiciones que se mantengan en equilibrio (Almacenamiento y conservación del Grano, 2017).

5.4. Métodos de secado

El secado de granos frecuentemente es el eje del proceso integral de cosecha y postcosecha. El método de secado generalmente es el principal factor que determina la selección de otros componentes del sistema de manejo de granos. En los países en desarrollo, los métodos disponibles para secar los productos agrícolas a nivel del agricultor están limitados, la mayoría de las veces, al uso de una combinación de radiación solar y el movimiento natural del aire ambiente: o sea, el secado natural. Otros métodos de secado son, en cierto modo, complejos y requieren de una mayor experiencia y esfuerzo de parte del agricultor; éstos corresponden al secado artificial.

Los métodos para el secado artificial de granos se dividen, de una manera general, en dos clases principales: aquélla en la que el grano se seca por lotes y aquélla en que el grano se seca por medio de un flujo continuo. Los métodos de secado se deben elegir en función del clima, economía y circunstancias sociales bajo los cuales van a ser empleados. Esto es especialmente importante cuando existen métodos que ya han sido empleados desde hace mucho tiempo por los agricultores de una comunidad. Los métodos alternativos no pueden ser recomendados sin una investigación previa de todas las posibles consecuencias, ya sea positivas o negativas, para los agricultores. (FAO, 2015)

5.5. Secado natural

Se entiende por secado natural aquél en que el movimiento del aire de secado se debe a la acción de los vientos, y la energía para evaporar la humedad proviene de la capacidad de secado del aire y de la incidencia directa de la energía solar.

Generalmente se realiza esta actividad al inicio del día, evitar la exposición de las semillas a las horas extremas durante el mediodía, a partir de las once de la mañana a las tres de la tarde. (Guía Técnica Buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos, 2014)

Para reducir el tiempo de secado es común construir patios de secado o secadores simples que aprovechan la acción del viento y la energía solar. Este método de secado es muy utilizado por la mayoría de los agricultores de los países en vías de desarrollo, a veces por desconocimiento de técnicas más modernas y porque las condiciones climáticas permiten su uso a un costo muy reducido.

Otra gran limitante para el uso de tecnologías más elaboradas lo constituye el nivel de inversiones que se requiere y que, por lo general, se encuentran muy por encima de las posibilidades de muchos productores rurales.

Existen algunas estructuras simples para el secado natural de granos, cuyo uso ha sido comprobado en algunas regiones de América Latina. Su utilización depende, en general, del clima del lugar y tienen en común que son simples y fáciles de construir; su costo es bajo y los materiales de construcción se encuentran fácilmente en la localidad (FAO, 2015), de tal forma el tipo de secado de modo natural se tiene el secado de patio.

5.5.1. Secado solar en patios

El patio es un piso de ladrillos, de hormigón o de tierra compactada que se construye en un lugar plano y soleado. Cuando es de ladrillos, se cubre con una mezcla de cemento y arena, y en sus bordes se construye un pequeño muro de 10 centímetros de alto. El piso de los patios debe tener una inclinación mínima de 1,5 por ciento para facilitar el deslizamiento de las aguas de lluvia. El secado en patios es un proceso natural, que consiste en esparcir el producto sobre un piso, en capas generalmente de menos de 10 centímetros de espesor.

El secado se realiza por la acción del viento y la energía solar que incide sobre la superficie de los granos; por ello es necesario mezclar frecuentemente el producto para que el secado sea homogéneo (FAO, 2015). El uso de patios para el secado de granos está muy difundido, debido a la simplicidad de su construcción y operación, a bajo costo inicial y a su versatilidad, ya que pueden ser secados casi todos los tipos de granos.

a) Manejo del secado de patios

Figura 2. Manejo del secado de patios



Fuente: INTA-CNIA

El manejo del secado en patios es simple, dependiendo del producto que se va a secar. Se pueden secar productos a granel, espigas, mazorcas, y productos que aún no han sido separados de la planta. Para secar los productos que todavía están en la planta, como frijol, maní (cacahuate) etc., el espesor de la

capa debe ser de aproximadamente 20 centímetros y se debe mezclar periódicamente el producto para que el secado sea uniforme. En el caso del frijol, cuando el contenido de humedad del grano lo permite, se desgrana y se termina de secar en una capa de 5 centímetros de espesor.

5.5.2. Secado solar rotativo

El secador solar rotativo consta de una caja de madera con el frente y el fondo de tela de alambre. La caja tiene un eje central, que es un tubo de hierro galvanizado de 3/4 de pulgada, que se apoya en dos pequeños pilares de madera, que permiten la rotación. El secador es de inclinación variable, y su eje de rotación está alineado en la dirección norte-sur. La inclinación debe acompañar los movimientos del sol para aprovechar mejor la energía solar, por lo que el secador se debe mover de posición varias veces durante el día (FAO, 2015).

Las variables que influyen en el proceso de secado, en el secador rotativo, son las mismas que en el secado de patios. La diferencia principal radica en que los secadores rotativos, además de aprovechar mejor la energía solar, aprovechan también la acción del viento. El secador solar rotativo es una opción para el secado de granos a nivel del pequeño agricultor y puede sustituir totalmente el uso de los patios (FAO, 2015).

El secador solar rotativo puede ser utilizado para todo tipo de granos; sin embargo, se debe tener cuidado de que los orificios de la malla de alambre que se utiliza en su construcción sean lo suficientemente pequeños para evitar la salida del producto que va a secarse (FAO, 2015).

a) Manejo del secado rotativo

Los granos húmedos se colocan en el secador solar rotativo por medio de un embudo. Los secadores deben colocarse en dirección norte-sur y cambiar su posición cuatro veces al día. Antes de poner el secador en la posición indicada, llevar a cabo durante el día, siempre que se cambie la posición de los secadores.

Durante la noche hay que cubrir el secador con una lona de plástico para impedir que el grano de frijol se vuelva a humedecer por acción del rocío de la noche y protegerlo de las lluvias. Cuando los granos tienen un contenido de humedad

entre 13-15 por ciento aproximadamente se descargan los secadores, ya que el producto está listo para ser almacenado.

5.6. Secado artificial

Es el proceso artificial mediante el cual se elimina cierta cantidad de agua del grano que sería perjudicial para el almacenamiento mismo. Durante el secado se establece un proceso de intercambio de humedad y energía, entre el producto con un alto contenido de humedad y el aire de secado con una temperatura alta y bajo contenido de humedad (Almacenamiento y conservación del Grano, 2017).

Para el secado artificial de granos existen básicamente dos métodos: uno que emplea altas temperaturas (entre 45 y 120°C, o más en algunos casos) y el otro, que emplea bajas temperaturas. El secado a bajas temperaturas (con o sin calentamiento suplementario del aire de secado) es un proceso de gran eficiencia energética, con el cual se obtiene un producto final de óptima calidad cuando se realiza en forma adecuada, ya que la temperatura sólo se incrementa unos pocos grados más arriba de la temperatura ambiente (1 -5°C) (FAO, 2015).

El principal problema que se presenta en el secado de granos a bajas temperaturas lo constituye el peligro de deterioración del producto debido al largo tiempo que se requiere para el secado. El secado artificial con altas temperaturas es más rápido; sin embargo, la eficiencia energética es menor.

Los sistemas para el secado artificial de granos están constituidos por un ventilador que mueve el aire y que lo fuerza a pasar por la masa de granos, una cámara para contener el grano y un quemador que permite aumentar la temperatura del aire de secado. Cuando el grano se va a secar en flujos continuos, los secadores requieren equipos especiales para llenarlos con granos húmedos y para vaciarlos cuando los granos están secos. En los secadores estacionarios o por lotes, el grano se retira del secador después que se ha

secado y enfriado. Cuando el secado se realiza a bajas temperatura, el grano puede ser almacenado en el lugar del secado (FAO, 2015).

5.6.1. Secado a bajas temperaturas

El secado a bajas temperaturas es el método artificial de secado que utiliza aire natural o ligeramente caliente. Generalmente, este proceso se realiza en silos secadores-almacenadores, donde el producto permanece almacenado después del secado. Para poder utilizar un silo se requieren algunas características especiales que no son necesarias para los silos que se emplean solamente para el almacenamiento.

La primera característica se refiere al piso que debe consistir en una placa metálica que tenga por lo menos el 10 por ciento del área perforada para facilitar la distribución uniforme del aire, lo cual es muy importante para la eficiencia del proceso. El ventilador debe proveer la cantidad suficiente de aire para secar toda la masa de granos, sin que se presente deterioro. Las dimensiones del silo (diámetro y altura) se tienen que elegir de acuerdo a la potencia del ventilador.

El secado a bajas temperaturas es similar al secado natural en el campo. El producto pierde humedad hasta que se establece el equilibrio entre la humedad del aire y la humedad del grano. Como este proceso es lento, al final casi toda la masa de granos queda en equilibrio térmico e higroscópico con las condiciones psicrométricas del ambiente. (Martínez, 2014)

La diferencia entre los dos tipos de secado lo constituye la forma de mover el aire: en el secado a bajas temperaturas, el aire es forzado a pasar por la masa de granos por medio de un ventilador, mientras que, en el campo, el secado se realiza por la acción del viento (FAO, 2015).

5.6.2. Secado con aire movido por convección natural

Los secadores cuyo aire se mueve por efecto de la convección natural pueden ser una opción para solucionar los problemas de secado en las pequeñas propiedades rurales. Estos secadores pueden construirse con materiales simples; ocupan mano de obra poco especializada; y pueden utilizar como combustible leña o subproductos agrícolas, tales como residuos de tallos, hojas y ramas para el calentamiento del aire de secado.

El aire se mueve por las variaciones de presión, sin necesidad de un ventilador. Las variaciones de presión en el aire son ocasionadas por las diferencias de temperatura y humedad del aire de secado y del aire ambiente. En este tipo de secador, los productos de combustión como la leña o los subproductos agrícolas no entran en contacto con el producto, lo que evita que se contamine con olor y sabores desagradables (FAO, 2015).

En general, este tipo de secador está formado por: una cámara para uniformar la temperatura del aire de secado; un quemador/intercambiador de calor principal; otros quemadores adicionales; chimeneas para sacar los gases de combustión; una entrada de aire; una estructura para fijar el piso perforado; un piso perforado; una puerta de entrada a la cámara de combustión; una puerta de inspección de los intercambiadores de calor; y una cámara de distribución de los gases de combustión con regulación de la salida de los mismos. En este tipo de secador se pueden secar productos a granel, tales como maíz, sorgo, arroz, frijol, además de otros granos.

5.6.3. Secado de lecho fijo

El secado de lotes de granos y semillas en un secador de lecho fijo es una operación simple. El costo inicial para la instalación de este sistema de secado puede estar al alcance de la gran mayoría de los agricultores, ya que es más bajo que el de un secador comercial. Otro aspecto interesante de este tipo de

secador es su versatilidad, puesto que se pueden secar diferentes granos y semillas: café en "cereza", frijol en vaina, maíz en mazorca, yuca en trozos. Este tipo de secador también puede ser utilizado para curar bulbos de ajo y cebolla. Las partes que componen el secador de lecho fijo son:

- a) La cámara de secado.
- b) Un piso de lámina o chapa metálica perforada.
- c) Una cámara de distribución del aire con expansión gradual.
- d) Un ventilador para mover el aire.
- e) Un horno de calentamiento.

La construcción en su mayor parte es de albañilería (FAO, 2015).

5.6.4. Secadores de columna

Los secadores de columna poseen diferentes funciones, pero la principal en la que pueden usarse, son de dos maneras:

- a) Los granos permanecen sin movimiento.
- b) Los granos se recirculan mecánicamente.

Este segundo sistema permite una mayor homogeneidad del secado. El producto baja por columnas verticales, compuestas de chapas perforadas, con una capacidad de 0.30 metros de columna de granos (FAO, 2015).

En los secadores de columna, los granos están sometidos a un flujo de aire del orden de 54 a 108 m³ por minuto por tonelada de grano con temperaturas de 70 a 95°C. Esto hace que el secado sea rápido, pero la eficiencia térmica del secado es baja. Por ejemplo, para secar granos de maíz con un contenido de humedad de 25 por ciento y una humedad final de 13 por ciento, se requiere un

período de secado de dos o tres horas, seguido por un período de más o menos 30 minutos para el enfriamiento.

5.6.5. Secadores de flujos cruzados

Los secadores de flujos cruzados se caracterizan porque el aire pasa en forma perpendicular a la masa de granos, que baja lentamente entre dos láminas o chapas perforadas. En este tipo de secador, generalmente el producto que está en contacto con la superficie de la chapa perforada, a su vez está en contacto con el aire de secado, tiende a sufrir sobrecalentamiento y secado excesivo, mientras que los granos próximos a la salida del aire de la columna pueden permanecer húmedos, dependiendo de la temperatura y flujo de aire que se utilicen en el secador. Si la diferencia del contenido de humedad del grano es muy grande, se pueden presentar problemas en la conservación del producto durante el almacenamiento (FAO, 2015).

En este tipo de secador, el tiempo de retención del grano en la torre, o sea el tiempo que demora el grano en pasar a través de la secadora es bastante reducido (15 a 20 minutos). Esto significa que la reducción de humedad en cada paso es muy rápida y puede ocasionar problemas en los granos que son sensibles al calor. El control de la temperatura de secado exige mayor cuidado de parte del operador porque el producto que está en contacto con la chapa interna cercana a la entrada del aire caliente, está expuesta a un aire más seco y a temperaturas mayores.

5.6.6. Secadores de tipo cascada o canaletas

Los secadores de tipo cascada están constituidos por una serie de canaletas en forma de "V" invertida, colocadas en líneas alternadas o cruzadas, a intervalos de más o menos 0.30 metros. Los granos fluyen hacia abajo por acción de la fuerza de gravedad, encima de las canaletas invertidas. Este diseño fue

desarrollado en la Universidad del Estado de Louisiana (LSU) en los Estados Unidos.

En este tipo de secadora, el tiempo que demora en pasar el grano por la torre es bastante mayor que en el de columna, ya que el "tiempo de retención" puede ser de 30 a 45 minutos o más. El aire para el secado entra a través de un conjunto de canaletas y sale por el conjunto de canaletas superior e inferior. Al descender por el cuerpo del secador, los granos se mueven tanto en sentido concurrente como en contracorriente al aire. El producto llega al sistema de descarga con un contenido de humedad uniforme, ya que se mezcla en forma eficiente durante el proceso.

Los secadores del tipo cascada fueron los primeros modelos de secadores continuos utilizados comercialmente, pero están siendo sustituidos en los países en razón de su elevado costo inicial (gran cantidad de material para su construcción) y problemas de contaminación. Además, exigen cuidados en relación al flujo del producto (FAO, 2015).

Cuando los granos están limpios se obtiene un secado uniforme, pero si la masa de granos contiene impurezas, el flujo del producto se dificulta y hay peligro de incendio. Por esta razón, es indispensable limpiar los granos antes de someterlos al proceso de secado. Cuando se reduce el flujo del producto en el secador, porque se está secando un producto muy húmedo en un solo paso, por lo general el secado no es uniforme. Se considera que ésta es la razón para limitar la reducción del nivel de humedad de un producto en 5.0 por ciento para cada paso por el secador.

5.6.7. Secadores para secado intermitente

Los secadores continuos pueden ser usados para el secado intermitente, para lo cual basta con pasar nuevamente el producto por la secadora, después de un período de reposo. Los secadores para secado intermitente son aquellos que no

eliminan la humedad del producto en un solo paso, siendo necesario pasar el producto más de una vez por el secador para obtener la humedad deseada.

Existen secadores especialmente diseñados para el secado intermitente. En estos secadores, que tienen una cámara de reposo en la parte superior, los granos permanecen un cierto tiempo en dicha cámara y, por lo tanto, en menor contacto con el aire de secado.

El objetivo de la cámara de reposo es permitir que se homogenice la humedad de los granos, lo que facilita su secado posterior y evita las fisuras y el quebrado. Debido al hecho de que los granos permanecen poco tiempo en contacto con el aire en cada paso por la cámara de secado, la reducción de la humedad es menor (FAO, 2015).

5.6.8. Secado combinado

El secado combinado es la técnica que utiliza un sistema a altas temperaturas con el fin de bajar el contenido de humedad de los granos hasta en un 16 a 18 por ciento, para completar después el secado con un sistema a bajas temperatura (FAO, 2015).

La eficiencia térmica de los secadores de altas temperaturas aumenta considerablemente cuando forman parte de un sistema de secado combinado. Las principales razones para el aumento de la eficiencia son:

- a) Los secadores operan cuando el contenido de humedad de los granos es más fácil de evaporar.
- b) La zona de enfriamiento del secador, por lo general, no se utiliza, porque los granos deben llegar calientes a los sistemas de secado a bajas temperaturas. Muchas veces la zona de enfriamiento se puede convertir en zona de secado, lo que aumenta la capacidad de los secadores.

Las ventajas de los sistemas de secado combinado necesitan explotarse mejor a nivel de grandes haciendas y cooperativas.

5.7. Control de calidad durante el secado

Cuando se recibe un lote de semillas en la planta de acondicionado, hay que proceder inmediatamente a la toma de una muestra para determinar el contenido de humedad del lote a recibir. Si el lote contiene más de la humedad permitida para una manipulación segura con esa especie en particular, se debe proceder inmediatamente a su secado. Se requiere mantener un registro para cada lote, guardar una muestra en envases herméticos para respaldo de cómo se recibe los lotes en la planta de acondicionado y otra muestra formara parte de la muestra de trabajo para los análisis de calidad que se le realicen al lote a su ingreso en el proceso de acondicionado (Bird, 2014).

Luego que un lote de semillas es secado éste guardará reposo para su enfriamiento ya sea en sacos o a granel en la secadora, esto se logra por períodos de una a dos horas. Durante el secado no se presentan problemas de daño mecánico, sino cuando las semillas son movilizadas en el sistema de transportadores, sobre todo para las semillas del frijol y maíz. Es necesario evitar trasladar trayectos largos las semillas recién se han secado utilizando los transportadores.

Se requiere tener la precaución de tomar la humedad de las semillas y la temperatura de acuerdo al tipo de secador que se esté empleando y la capacidad volumétrica para la cual éste ha sido diseñado, la altura de la masa de semillas, seguir las recomendaciones del fabricante de acuerdo a cada equipo. Tomar en cuenta que las semillas salen calientes, colocarlas en un recipiente con tapa hermética y dejarle bajar de temperatura por 10 minutos, luego proceder a determinar la humedad de la muestra. Se tiene que tener sumo cuidado con los secadores, se tienen que limpiar para evitar la contaminación del

lote de semillas con semillas de lotes anteriores, se tiene que revisar minuciosamente a lo interno de los secadores y los transportadores de semillas.

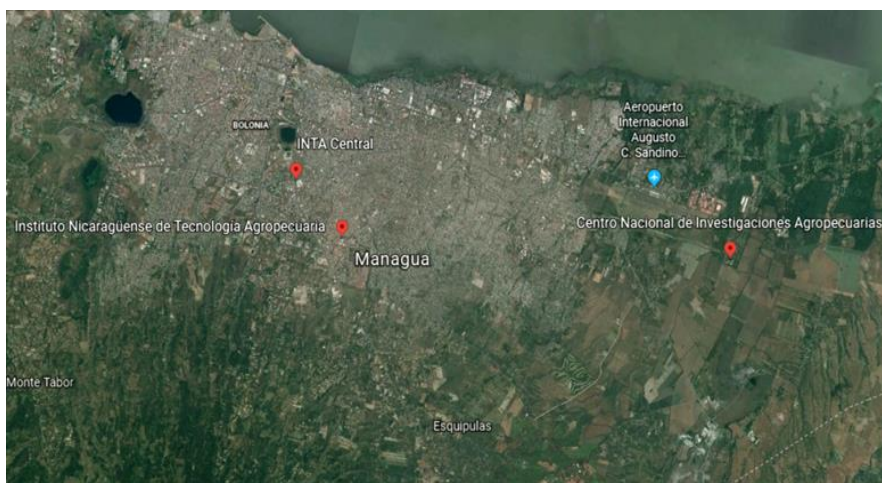
Con el secado se da una pérdida de peso por la eliminación de agua que contienen las semillas. Tomar muy en cuenta esto, ya que a vista de otros es una pérdida de peso y dinero. (Bird, 2014)

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Localización

La investigación monográfica se realizó en el Centro Nacional de Investigación y Agropecuaria (CNIA) del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicado en el km 14, carretera panamericana norte, 2 km al sur.

Figura 3. Macro Localización



Fuente: Google Earth

Figura 4. Micro Localización



Fuente: Google Earth

6.2. Metodología del estudio por objetivo

El estudio monográfico, se realizó en el CNIA, consta de la evaluación de los métodos de secado que aplican a la semilla de frijol, para su procesamiento en la planta procesadora, de tal forma, se evaluó el método de secado solar (natural) y por métodos de secado artificial (secadora vertical). Determinando así la eficiencia de los métodos para un mejor desempeño en la calidad de la semilla del frijol.

6.2.1. Descripción de los métodos utilizados en el secado de la semilla de frijol

En el CNIA, se desarrolló el secado de la semilla de frijol, mediante métodos natural y artificial, en los cuales se tiene como método natural el secado solar en patio y en el artificial, el uso de secadora de columna vertical.

Para el cumplimiento del objetivo como es la descripción de cada uno de los métodos, se planteó la evaluación y los pasos que se realizaron, por cada uno de los métodos en el INTA-CNIA, en el procesamiento de la semilla. Teniendo presente desde el equipo hasta la manipulación técnica de la semilla.

A. Métodos de Secado Natural: Secado solar en patios

B. Método de Secado Artificial: Secador de columna vertical

6.2.2. Comparación de las variables que presentan los métodos de secado en la semilla de frijol

➤ Preparación y acondicionamiento de la materia prima, como parte de la preparación antes del secado del grano

- a) La limpieza del área de recepción, se realizó antes de la llegada del lote, como preparación para mantener un área limpia en donde se resguardará la semilla, para su pronto procesamiento, haciendo uso de escobas y palas para mantener un área limpia ante la llegada del lote.
- b) La fumigación del área de trabajo se desarrolló mediante el uso de mochila motobomba e insecticida cipermetrina. Como medida de sanidad, en esta actividad para mantener un área limpia se aplicó una dosis de 1 mililitro por cada litro de agua (1ml/lit).
- c) Se realizó la preparación de los distintos equipos que se utilizaron, así como son; báscula de piso, montacargas y polines. Teniendo presente que la báscula de piso tiene la finalidad de determinar el peso de la materia prima, el montacargas que se utilizó para trasladar la materia prima y los polines que se usarán como base para que la materia prima quede libre de la superficie del suelo.
- d) Se verificó en la hoja de traslado, detalles del rubro, volumen de lote, variedad, humedad. Se utilizó la hoja de trabajo "Recolección de datos para el secado de la semilla-Hoja de trabajo N°1", en la cual, se llevó a cabo la toma de datos de los lotes, en donde se determinó los siguientes datos; Fecha de recepción, lugar de procedencia, código del lote, rubro y variedad. (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°1 A-B, pág. ii, iii). De esta forma se determinó el primer parámetro para la elección del método de secado debido a que, si el lote presenta un

volumen en peso menor de 80 qq, se procesa con el método de secado natural, pero si sobre pasa o se encuentra entre los valores de 80-90 qq se opta por el método artificial. Estos criterios pueden variar dependiendo de las observaciones del técnico, acerca del lote de semilla.

- e) Se ubicó el medio de transporte cerca de la báscula, para evitar derramamientos de sacos. Esto implicó un manejo adecuado de la semilla, que permite una manipulación y control sobre el área en donde se ubicó dentro de las instalaciones.

➤ **Recopilación de datos del volumen de la semilla por lote**

- a) Se descargaron los sacos y se colocaron sobre la báscula con estiba no mayores de 5 sacos. Se determinó el peso del lote con ayuda de la báscula de piso, pesando pequeñas cantidades en sacos de 5 unidades, para no sobre cargar la capacidad del equipo utilizado en la medición del peso del Lote.
- b) Se tomó el peso de la estiba. Es decir, una vez determinado el peso del lote, se observó que el valor este de manera correcta en la báscula de piso, de esta forma, se comprobó la cantidad de semilla que fue enviada del lugar de donde procede la semilla.
- c) Se escribió el resultado del volumen de los lotes en la hoja de control, correspondiente a cada lote según su procedencia y su código respectivo. (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°1 A-B, pág. ii, iii).
- d) Se colocaron los sacos sobre el polín, donde se realizó una camada de 6 sacos, para un total de 30 sacos por polines. Como una mejor forma de ordenamiento de la semilla.
- e) Una vez terminado el proceso de descargue, se removieron a su ubicación, haciendo uso del montacargas, hacia el lugar correspondiente

en donde, se realizó la limpieza del lugar que se dispuso, para colocar la semilla.

➤ **Especificación de la humedad del lote en el desarrollo de la actividad del secado de la semilla**

- a) En un área más despejada, se seleccionaron 3 sacos de manera aleatoria. De forma representativa del lote, en el que se tomaron como referencia para la determinación de la humedad inicial o de entrada del lote de semilla.
- b) Se realizaron las pruebas de humedad, con ayuda de un medidor de humedad. El cual, tiene un funcionamiento simple, en el que se coloca una cantidad de semillas y se obtiene el valor de la humedad contenida en las semillas, luego se repite el mismo proceso tomando semillas de diferentes partes del saco; en la parte superior, media y baja, de cada uno de los sacos que se seleccionaron, de forma representativa del lote.
- c) Se tomaron apuntes de los resultados en la hoja de control. En donde se hizo costar la humedad contenida del lote y se realizó una media aritmética para conocer la humedad media del lote, en donde se obtuvo la humedad representativa del lote de semilla. (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°1 A-B, pág. ii,iii).
- d) Se seleccionó el método de secado que se creyó más conveniente y adecuado, con respecto a los indicadores de humedad en este caso el segundo parámetro, en donde, si el lote presenta una humedad menor del 20%, se realiza la labor de secado en el método natural y si es mayor al 20%, se determina el secado mediante el método de secado artificial. Estos criterios pueden variar dependiendo de las observaciones del técnico, acerca del lote de semilla.

➤ **Método de secado natural (secado solar en patios)**

- a) Se trasladó el lote al patio de secado. En donde el área que se utiliza para realizar el secado de lotes, es de 982.84 metros cuadrados (m²) y un perímetro de 133.41 metros (m). Se utilizó el montacargas que trasladó la semilla en los sacos en pequeñas cantidades, hacia el área de trabajo.
- b) Se dispersó la semilla en un grosor de cama de 5 cm. La semilla una vez colocada sobre la superficie de secado, se dispersa sobre la superficie, en donde se procura dejar una cama de un grosor de 5 cm. Esto permite un mejor alcance sobre el flujo del aire a temperatura ambiente de 38° Centígrado (°C) que recorre sobre la superficie en el área de trabajo.
- c) Se removió la semilla en un lapso entre 20-25 minutos. Durante ese período, haciendo uso de paletas y de rastrillos, se revolvió partes del lote, para que la cama de las semillas expuesta obtuviera una mejor circulación del flujo del aire y realice la absorción de la humedad en la semilla, perdiendo así la humedad que tiene de más la semilla para su almacenamiento en la planta procesadora.
- d) Se comprobó la humedad cada hora, con ayuda del medidor de humedad. Hasta llegar al punto de humedad normalizado entre 13%-15%. Cada hora se realizó lecturas de humedad de distintas partes del lote, de forma representativa, en la cual, se pretendió obtener la humedad más óptima para el almacenamiento. (Rango de humedad para el almacenamiento 13-15%.)
- e) Una vez que se obtuvo la humedad en el rango normalizado, se procedió a recoger. Y se anotó la humedad respectiva final del lote que se procesó en la "Hoja de Trabajo N°2". (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°2-A, pág. iv).
- f) Se colocó nuevamente en los polines en estibas. Una vez teniendo los datos respectivos de humedad se tomó nuevamente el peso del lote y se

realizó las anotaciones respectivas sobre los datos en una hoja de trabajo N°2, luego se colocó nuevamente en los polines en estibas. (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°2-A, pág. iv).

- g) Se trasladaron a la planta procesadora. En el lugar correspondiente de ubicación del lote respectivo al iniciar antes el proceso de secado.

➤ **Método artificial (secadora columna vertical)**

- a) Se trasladó los polines contiguos a la secadora vertical. Haciendo uso del montacargas, los polines se colocaron al lado de la secadora en donde se encuentra el elevador, en donde se prosiguió a realizar el secado de la semilla de frijol. La secadora posee un elevador de 7 metros y tiene una capacidad de procesamiento de 240 quintales máximos.
- b) El montacargas ascendió los polines, de manera cuidadosa hasta una altura, en la que un técnico pudo tener una fácil manipulación de la semilla contenida en los sacos.
- c) Se volcó el contenido de los sacos, en la secadora vertical, un técnico se encargó de verter el contenido de los sacos sobre la secadora, teniendo presente las medidas de seguridad respectivas. La secadora posee un elevador de 7 metros y tiene una capacidad de procesamiento de 240 quintales máximos.
- d) Se revisó que los parámetros establecidos se encontrasen en buenas condiciones; antes de que empezara su labor de trabajo, es necesario revisar los parámetros y especificaciones de la máquina, como la temperatura de trabajo, que es regulada, según la condición de la humedad respectiva que presenta el lote, que es la temperatura del flujo del aire que circula a través de las canaletas de la secadora.
- e) Se procedió a encender el motor, una vez teniendo todo en orden se realizó la puesta en marcha del proceso de secado desarrollado por la

secadora. El motor de trabajo de la secadora es KONGSKILDE, en el cual, trabaja con diésel, y de esta forma junto con un ventilador que emite aire a través del conducto de la calefacción, del motor de la secadora, calienta el flujo del aire que pasa a través de las canaletas de la secadora.

- f) Cada hora se estuvo revisando el termostato. Se realizó verificaciones al nivel del termostato debido a que es necesario mantener la temperatura del flujo del aire constante, de esta forma se mantuvo el flujo para una disminución de humedad en la semilla.
- g) Se sacó una muestra para realizar la prueba de humedad, utilizando el medidor de humedad. Teniendo a mano el medidor de humedad cada hora se midió la humedad de la semilla de frijol, hasta obtener la humedad requerida para el almacenamiento de la semilla. Se tomó el dato del tiempo de secado y se anotó en la hoja de trabajo respectiva. (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°2-B, pág. v).
- h) Una vez que se alcanzó el rango normalizado, se procedió a apagar el motor de la secadora.
- i) Se colocó las semillas en los sacos, luego de tener una temperatura ambiente.
- j) Se colocaron nuevamente sobre los polines en estibas; se tomó nuevamente el peso del lote correspondiente, como un dato de gran importancia donde representa el valor de la semilla al grado de humedad para el almacenamiento. (Rango de humedad obtiene para el almacenamiento 13-15%).

➤ **Comparación de las variaciones de los parámetros de humedad, volumen y tiempo, evaluados en el método de secado**

- a) Se revisó la hoja de trabajo N° 2, que contiene los datos referentes al lote de trabajo en el proceso de secado, verificando los valores obtenidos en

el procesamiento de la semilla, en el secado aplicado al lote correspondiente. (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°2 A-B, pág. iv, v).

- b) Se procesó los datos en la herramienta Office Excel 2021. Se realizaron tablas en Excel, haciendo proyección de las variables (humedad relativa, tiempo de secado y volumen). Del lote de trabajo sobre los datos obtenidos en la hoja de trabajo N° 2. (Ver sección de anexos: Hoja de Trabajo N°2 A-B, pág. iv, v).
- c) Se realizaron gráficas, apreciando velocidad de secado por lotes, haciendo uso de datos de las variables de humedad relativa y tiempo de secado. Además de gráficas, que representan el bulbo húmedo, relacionando los datos de las variables volumen y tiempo de secado.

6.2.3. Determinación de los costos de operación en el secado de la semilla de frijol

Se determinó la rentabilidad de los métodos de secados que aplica la planta procesadora INTA-CNIA; se definieron los costos operacionales de cada uno de los métodos evaluados, en el secado de la semilla del frijol. Además, se conocieron los medios utilizados para el cumplimiento de estos procesos.

- a) Se calculó la mano de obra utilizada en la labor del secado de la semilla de frijol, por el método empleado. Por el volumen del lote, se seleccionó la cantidad de técnicos que desarrollaron la actividad de secado.
- b) Se realizó costo de los insumos y equipo que se utilizaron en la labor de secado. Por cada método, se aplicaron distintos insumos, así como también diferentes materiales e incluso maquinarias; de esta forma, también existen costos fijos que mantiene la institución y otros variables que correspondieron al uso por hora de máquinas.
- c) Se efectuaron los costos de equipo de protección que se utilizaron en el secado de la semilla. Como medio de protección ante las actividades del

secado se detallaron los costos de equipo de protección para el cumplimiento de las normas de seguridad, la cantidad de cada equipo del personal técnico en la labor del secado.

- d) Los costos totales en la labor de secado se obtuvieron como la sumatoria de todos los costos que se presentaron anteriormente (a, b, c).

Con la determinación de los elementos que se emplearon en el proceso de secado de frijol por cada uno de los métodos se obtuvo el costo operacional y la rentabilidad del método utilizado por la planta procesadora INTA-CNIA.

➤ **Materiales necesarios para el desarrollo de las actividades**

Para el desarrollo de las actividades del secado se utilizaron los siguientes equipos y herramientas, que facilitaron un mejor control en las acciones respectivas en el método de secado, además que se consideraron algunos como elementos que representan costos de operación.

- Mochila motobomba.
- Producto químico cipermetrina.
- Palas, escobas, rastrillos, paletas, entre otras.
- Medidor de humedad para semillas.
- Polines.
- Montacargas.
- Báscula mecánica de piso.
- Cronómetros.
- Sacos para almacenamiento.
- Lona.
- Hojas de trabajos (N°1 y N°2).
- Marcadores.

VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

7.1. Descripción de los métodos de secado

Los métodos de secados que se desarrollaron en las instalaciones de la planta procesadora de semilla son de dos tipos: el primero es de tipo natural, el secado solar en patios y el segundo de tipo artificial, en este se emplea la secadora de columna vertical.

El método de secado solar en patios, se desarrolló en un piso de concreto hidráulico en forma de embudo, con una pendiente suave de 5%. El uso del piso como resultado garantiza un manejo eficiente de la semilla en la labor del secado, debido a la uniformidad que presenta, además tiene limitaciones en la capacidad de volúmenes de semilla, que pueden procesarse en el desarrollo de la actividad de secado.

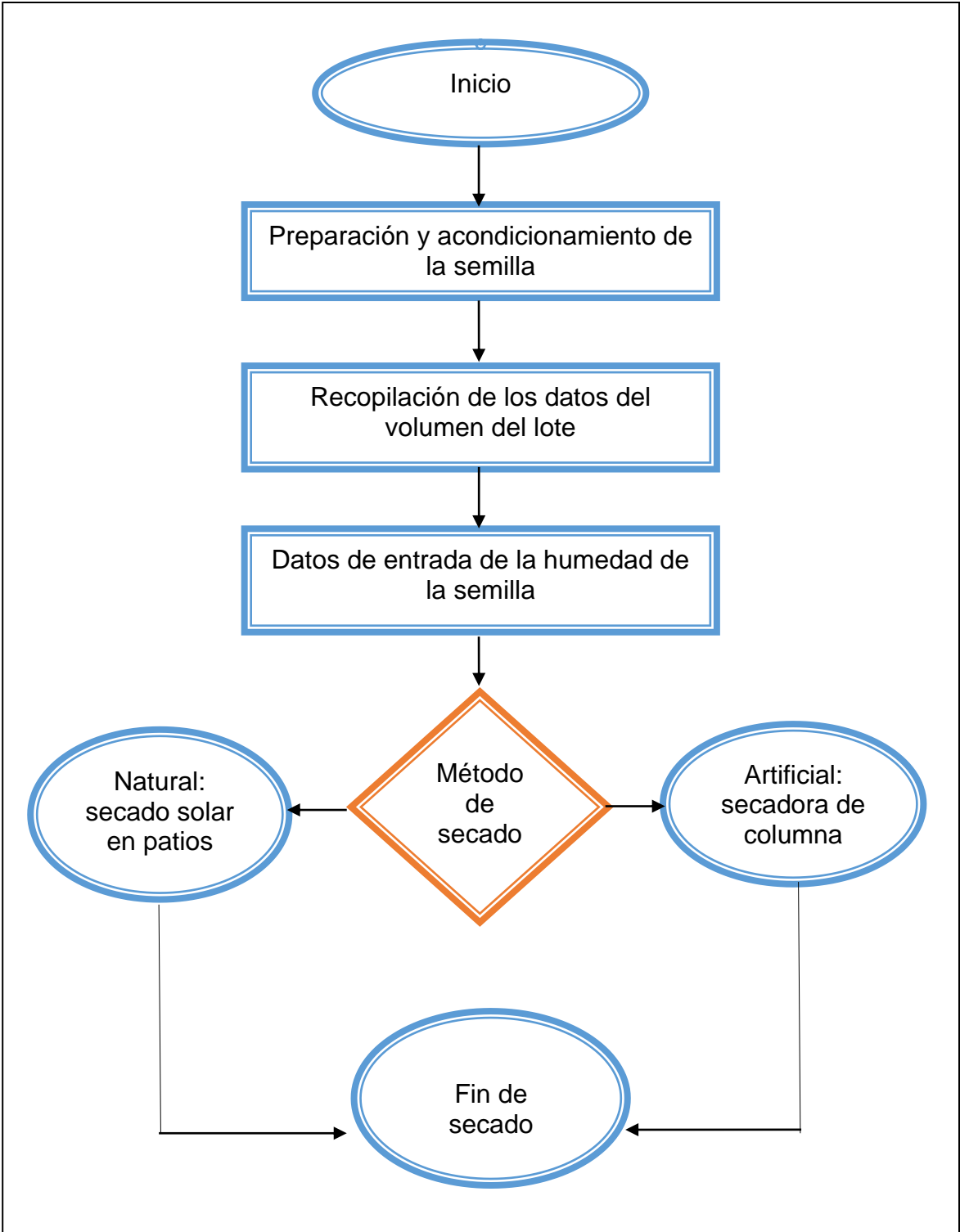
La secadora de columna vertical, como método empleado en el secado artificial, presentó un manejo un poco complejo en la manipulación técnica, pero fue muy eficiente en el procesamiento de semillas por lotes, por su gran capacidad de trabajo.

7.1.1. Disposición de la semilla de frijol para el secado

Para el desarrollo del procesamiento de la semilla, se determinaron las actividades necesarias para la aplicación del método de secado. Teniendo presente tres actividades previas antes de la elección del método, como parte final del procesamiento de la semilla en la planta procesadora. Como punto inicial se debe de tener la disponibilidad de la semilla, luego se deben seguir tres actividades que son de gran importancia que se emplearon en el método de secado que se ajuste a las características que presenta la semilla de frijol.

7.1.2. Diagrama de proceso de disposición de la semilla de frijol

Figura 5. Diagrama de proceso de disposición de la semilla de frijol



Fuente: Propia

7.1.3. Preparación y acondicionamiento de la semilla

➤ Limpieza del área de recepción

Como resultado de este proceso de limpieza en el área donde se ubicó la semilla de frijol, donde se garantizó un manejo efectivo de desechos de otros rubros y/o insectos que puedan afectar la semilla, de manera directa o indirecta. Además, se aseguró el cumplimiento con las normativas de higiene y seguridad que se necesitan para obtener semillas de calidad. La dosificación del uso de la cipermetrina, de 1 mililitro por cada litro de agua, en el tanque de distribución de la mochila motobomba, muestra un resultado positivo en el manejo de insectos y otros patógenos.

➤ Verificación de hojas de traslado

Las hojas de control fueron de gran utilidad para el manejo correcto del lote de trabajo, mostrando detalladamente las características del lote: rubro, nombre de variedad, categoría, código de lote, fecha de siembra, ciclo de siembra, lugar de procedencia. Esto conlleva a una mejor eficiencia al momento del procesamiento de datos. (Ver anexos: Hoja de trabajo N°1 A-B, pág. ii, iii)

7.1.4. Recopilación de los datos del volumen del lote

➤ Lote de semilla de frijol

Para conocer el volumen del lote de semilla de frijol, fue necesario el uso del montacargas para el proceso de descarga y manejo de la semilla, además de la asistencia técnica del personal del área de trabajo de la planta. La semilla se trasladó con mayor seguridad, en pequeñas cantidades en forma de estibas, sobre los polines hacia la báscula de piso. Esta técnica permitió una manipulación eficiente y de menor esfuerzo físico por parte del personal, además que evita la pérdida de semilla o derrames de la misma.

➤ **Volumen del lote de semilla**

Una vez que se conoció el peso del volumen que ocupa la semilla. Haciendo uso de las hojas de trabajo, se realizaron las anotaciones que presentaba el lote sobre la cantidad de semilla que se procesó en el secado.

Como resultado de la determinación del volumen de los lotes que se procesaron se determinan algunas consideraciones sobre la manipulación de la semilla en la labor del secado. En este caso, se conoce la capacidad de procesamiento de cada método de secado. De esta forma el lote de proveniente de Carazo, finca “La Compañía”, presento un volumen en peso de 62.48 qq (quintales), indicando como primer parámetro para el secado natural debido a que se encontró en el rango para el uso del patio de secado se encuentra por debajo del límite (80 qq a 90 qq máx.), (Ver anexos: Hoja de trabajo N°1 A, pág. ii). Por otro lado, el lote proveniente de Masaya, “Campos Azules”, presentó un volumen en peso de 85.80 qq, este valor indicó que; si este lote se hubiese procesado en el patio de secado, se desarrollaría en el rango de la máxima capacidad de procesamiento por lote, de esta forma como primer parámetro se optaría por el método de secado artificial. (Ver anexos: Hoja de Trabajo N°1 B, pág. iii)

7.1.5. Datos de entrada de la humedad de la semilla

➤ **Selección de la materia aleatoria y medición de la humedad**

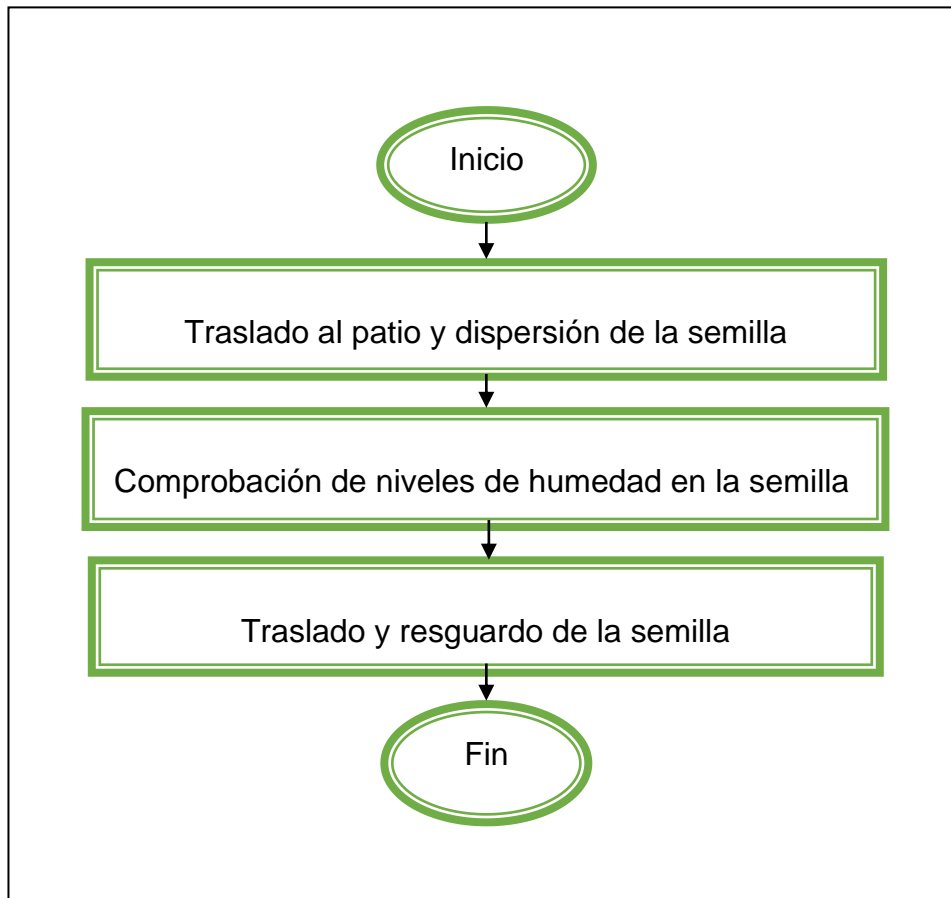
Para la determinación de la humedad presente en la semilla de frijol, se aplicó una técnica de selección aleatoria de semilla, además del uso del medidor de humedad, que permitió una precisión en el dato de la humedad media del lote de semilla, este valor obtenido se anotó en las hojas de trabajo en donde se encuentran todas las características del lote. El valor de la humedad determinada, por el proceso del sondeo de humedad aleatoria, en el caso del lote proveniente de Carazo, finca “La Compañía”, presentó una humedad inicial

de 19.20%, y el lote de Masaya, “Campos Azules”, un valor de 19.20%, de esta forma como segundo parámetro, ambos lotes presentan humedades menores al 20%. Con este resultado junto con el del primer parámetro se tomó la decisión de la elección del método de secado, para los distintos lotes; para la finca “La Compañía” el natural y el de “Campos Azules” el artificial.

7.1.6. Método de secado natural (secado solar en patios)

Para el desarrollo del procesamiento del lote de semilla, por el método de secado natural (secado solar en patios), se definieron tres actividades que permitieron el paso a paso, para el secado de la semilla, de esta forma como finalidad del proceso de secado es la disponibilidad de semilla procesada.

Figura 6. Diagrama de proceso del secado natural



Fuente: Propia

➤ **Traslado de la semilla y dispersión de la semilla**

Para el secado solar en patios se trasladaron los polines al patio de secado en donde se desarrolló la actividad del secado. Como técnica de dispersión se dejó una cama de 5 cm de grosor, permitiendo un mejor alcance sobre el flujo del aire.

Durante un período corto entre 20-25 minutos, haciendo uso de paletas y de rastrillos, se removió y se homogenizó el lote, para que la cama de las semillas expuesta obtuviese una mejor circulación del flujo del aire. Teniendo como resultado la absorción de la humedad en la semilla por medio de estos principios aplicados.

➤ **Comprobación de niveles de humedad en la semilla**

Se utilizó el medidor de humedad cada hora, de esta forma se obtuvieron distintas lecturas de humedad. Hasta que se obtuvo la humedad óptima para el almacenamiento teniendo presente los estándares normalizados entre 13-15%. Estas anotaciones se realizaron en la hoja de trabajo, para el lote que se procesó por este método de secado. (Ver anexos: Hoja de trabajo N°2 A, pág. iv)

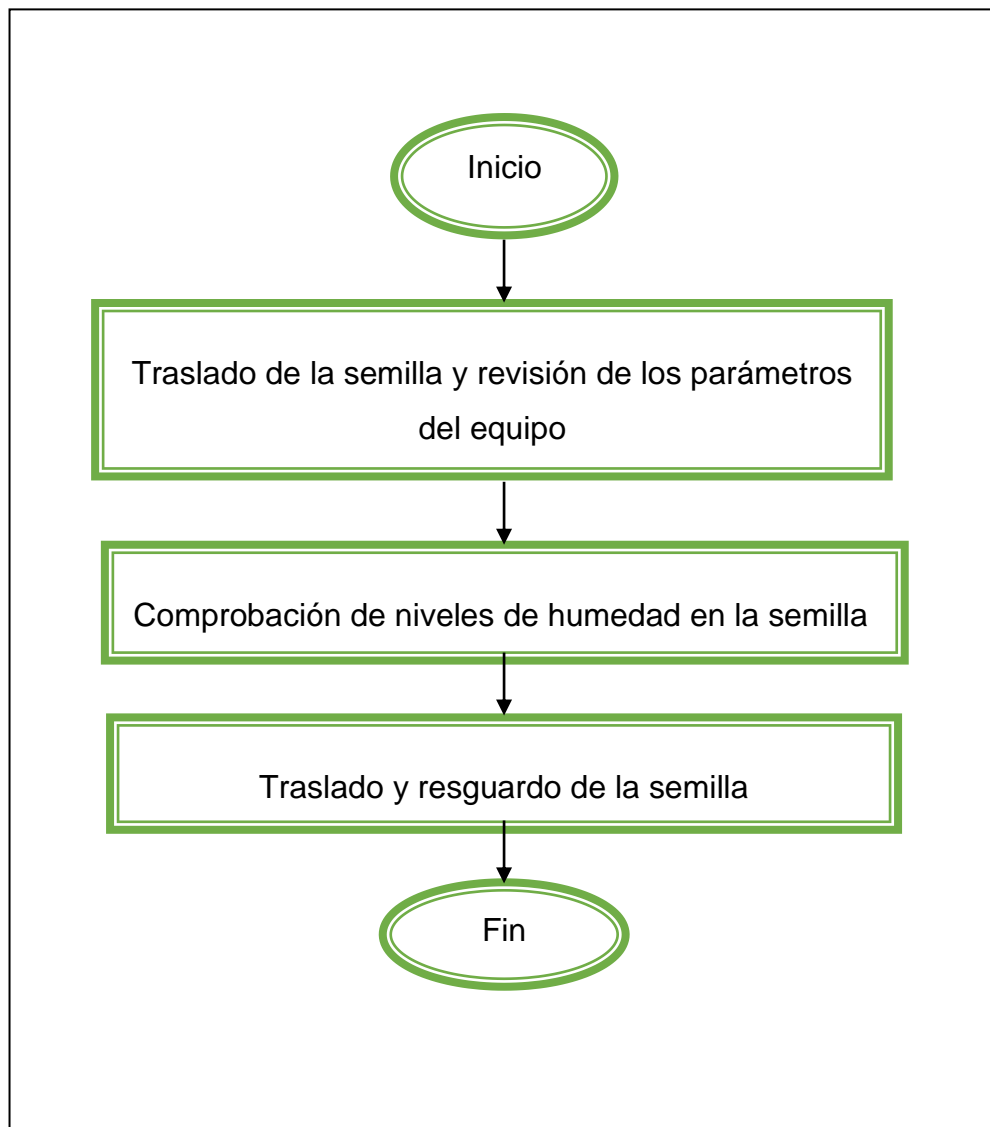
➤ **Traslado y resguardo de la semilla**

Con el resultado de la humedad óptima, también se tomó nuevamente el peso del lote con la asistencia de la báscula de piso y se realizaron anotaciones respectivas sobre los nuevos datos obtenidos en el peso, en una hoja de trabajo, luego se colocan en los polines y se trasladaron a la planta procesadora para su resguardo. (Ver anexos: Hoja de Trabajo N°2 A, pág. iv)

7.1.7. Método de secado artificial (secadora de columna vertical)

Para el desarrollo del procesamiento del lote de semilla, por el método de secado artificial (secadora de columna vertical), se definieron tres actividades que permitieron el paso a paso para el secado de la semilla, de esta forma como finalidad del proceso de secado es la disponibilidad de semilla procesada.

Figura 7. Diagrama de proceso del secado artificial



Fuente: Propia

➤ **Traslado de la semilla y revisión de los parámetros del equipo**

Haciendo uso del montacargas se trasladaron los polines contiguos a la secadora vertical, en donde se vierte el contenido de los sacos con semillas de frijol. Se revisaron los parámetros del equipo con el fin de tener a salvo la semilla y de esa forma no se dañen durante el proceso de secado.

Se revisó cada hora el termostato, asegurando el valor establecido, el cual es de 60°C, para que la semilla no presentara daños físicos y/o viables. Ya que, si se aumentara la temperatura mayor a 60°C, la semilla pierde valores de viabilidad, estos se apreciarían a la hora de la cosecha, y si en el caso disminuye a un valor inferior a los 60°C, la semilla tendría un mal secado, los que conlleva, al momento de verter su contenido en los sacos, se presentaría bacterias y plagas.

➤ **Comprobación de humedad relativa de la semilla**

Con el medidor de humedad se obtuvo el valor establecido entre los rangos de 13%-15%, cada hora se midió la humedad de la semilla de frijol. De esta forma por medio de la hoja de trabajo, se establecieron anotaciones de las diferentes variables de humedad a través del tiempo y una vez acabado el proceso de secado se apagó el motor de la secadora. (Ver anexos: Hoja de trabajo N°2 B, pág. v).

➤ **Traslado y almacenamiento en la planta procesadora**

Una vez listos los sacos con las semillas dentro de ellos, se colocaron sobre los polines y se trasladaron al área seleccionada dentro de la planta procesadora, con el fin de no confundirlo con otro tipo de lotes de semillas que se encontraban presente en el área de resguardo, lotes de trabajo aún sin procesar o ya procesados.

7.2. Comparación de las variables que presentan los métodos de secado

Para el procesamiento de los datos de cada lote de trabajo, el proveniente de Carazo, de la finca “La Compañía”, este lote presentó características que se consideraron para la elección del método de secado natural; secado solar en patios.

El lote de semilla proveniente de Masaya, “Campos Azules”, presentó características por las cuales, se optó por el secado artificial, por medio, de la secadora de columna.

Luego de la recopilación de los datos referentes a cada método de secado aplicado a los lotes, se realizó una revisión de los datos tomados durante el proceso, los cuales son la humedad relativa (H%), el peso del lote (qq) y tiempo de secado. De esta forma, el uso de las hojas de control empleadas en la toma de datos, garantizó un orden de trabajo y una fluidez de los datos recolectados, siendo de gran ayuda y de utilidad durante la actividad de secado. (Ver en sección de anexos: Hoja de Trabajo N°2-A y B, pág. iv, v)

Las hojas de trabajo se desarrollaron en la herramienta Office Excel 2021. Obteniéndose como resultado proyecciones de las variables (humedad, tiempo y volumen), con el manejo de esta herramienta, se logra apreciar las diferentes proyecciones, que demuestran el comportamiento de las variables y facilitan la comprensión e interpretación de los resultados obtenidos.

7.2.1. Variables del método de secado natural (Lote finca la Compañía)

Como resultado del procesamiento de lote de la finca la Compañía, proveniente de Carazo, se muestra en la Tabla 1, el resumen de los datos obtenidos por medio del método de secado empleado en este caso el uso del patio de secado.

Tabla 1. Resumen de datos del secado solar en patios

Producto	Variedad	Humedad inicial	U/M	Volumen inicial	Tiempo inicial
Frijol	INTA sequia precoz	19.20%	qq	62.48	8:00Am
Producto	Variedad	Humedad final	U/M	Volumen final	Tiempo final
Frijol	INTA sequia precoz	13.27%	qq	57.35	4:00Pm

Fuente: Propia

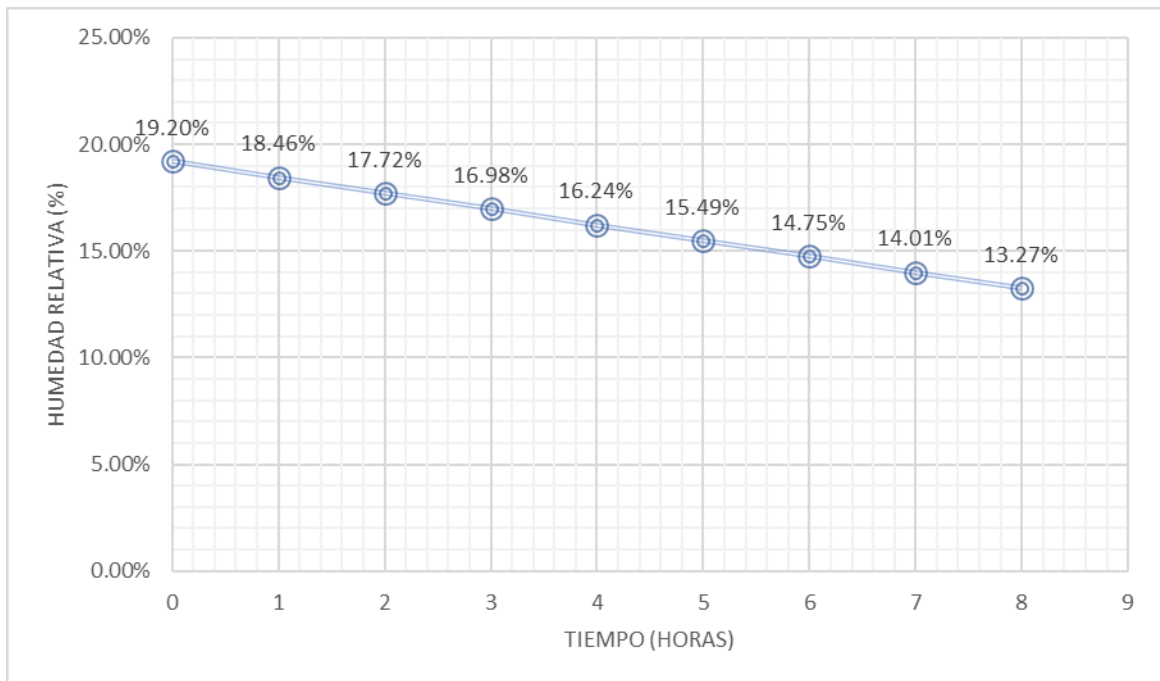
➤ Velocidad de secado solar en patios

La velocidad de secado es la relación existente entre el tiempo en donde se desarrolla el secado, en relación con la humedad que pierde la semilla, a través del desarrollo del secado. Esta velocidad depende mucho de las condiciones presente en la zona, de esta forma el día que se realizó la acción del método, la temperatura ambiental era de 38 °C, en el cual el proceso de secado, duró un total de 8 horas de trabajo, en la que a medida que el tiempo transcurría la humedad se evaporaba, debido a las corrientes intermitentes de aire (vapor de agua), que circulaba a través de la superficie del suelo.

En la gráfica 1, se observa la velocidad de secado por el método de secado solar en patios, en donde; la humedad inicial es de 19.2% antes de empezar el secado

(tiempo cero), y la humedad Final es de 13.27% con este resultado se detuvo la actividad debido a que era la humedad esperada según el rango (13% -15%), de esta forma el tiempo transcurrido para llegar a este valor fue de 8 horas, de tal manera es una pérdida de humedad de un 5.93%, siendo la velocidad de secado de 0.74%/hora.

Gráfica 1. Velocidad de secado solar en patios



Fuente: Propia

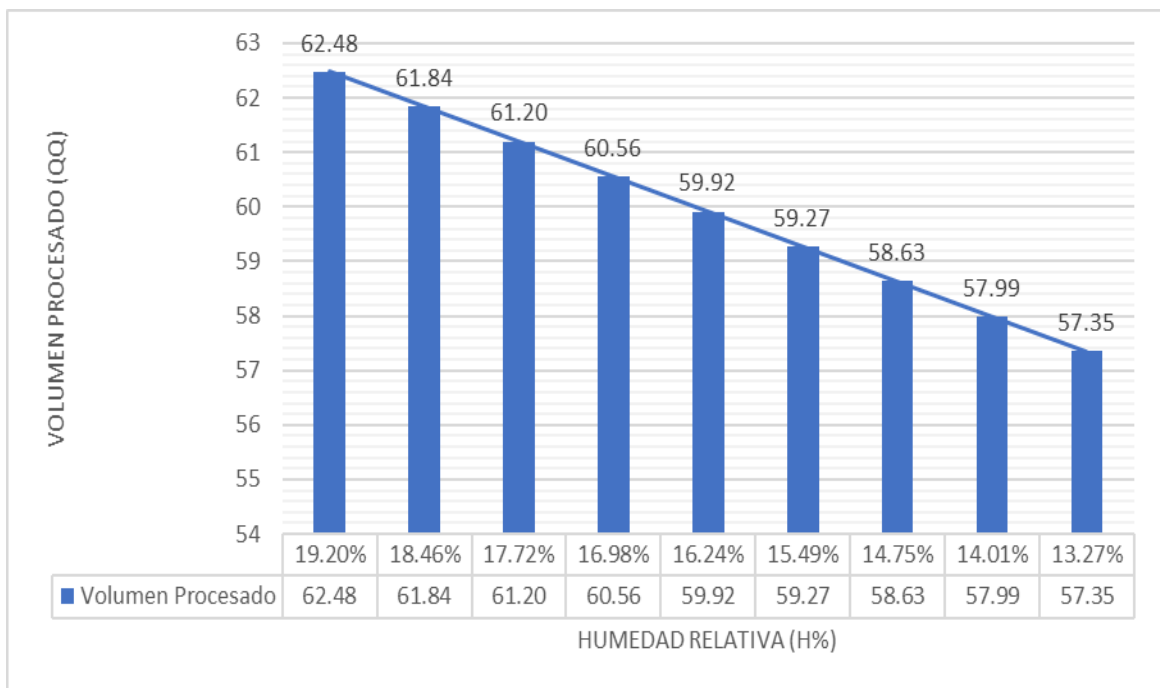
➤ **Bulbo húmedo del secado solar en patios**

El bulbo húmedo de la semilla, en el desarrollo del secado solar en patios, está relacionada con respecto a dos variables las cuales son la humedad relativa que posee la semilla y la que esta misma ocupa en el volumen de la semilla. A medida que se desarrolla la labor del secado la humedad disminuye, de forma que el volumen que ocupa en la semilla también disminuye.

Realizando una proyección en la gráfica 2, en donde se obtiene una humedad inicial de 19.20% en un volumen de semilla de 62.48 quintales (qq)

correspondiente al lote. Al obtener la humedad deseada, a través del secado corresponde a un valor de 13.27%, se tomó de nuevo el peso correspondiente, presentando un nuevo volumen de 57.35 qq. Presentando como resultado una pérdida significativa de 5.13 qq, que es el volumen ocupado por la humedad. Siendo 0.64 qq/% la disminución de volumen durante el secado. Teniendo como resultado la siguiente gráfica.

Gráfica 2. Bulbo húmedo secado solar en patios



Fuente: Propia

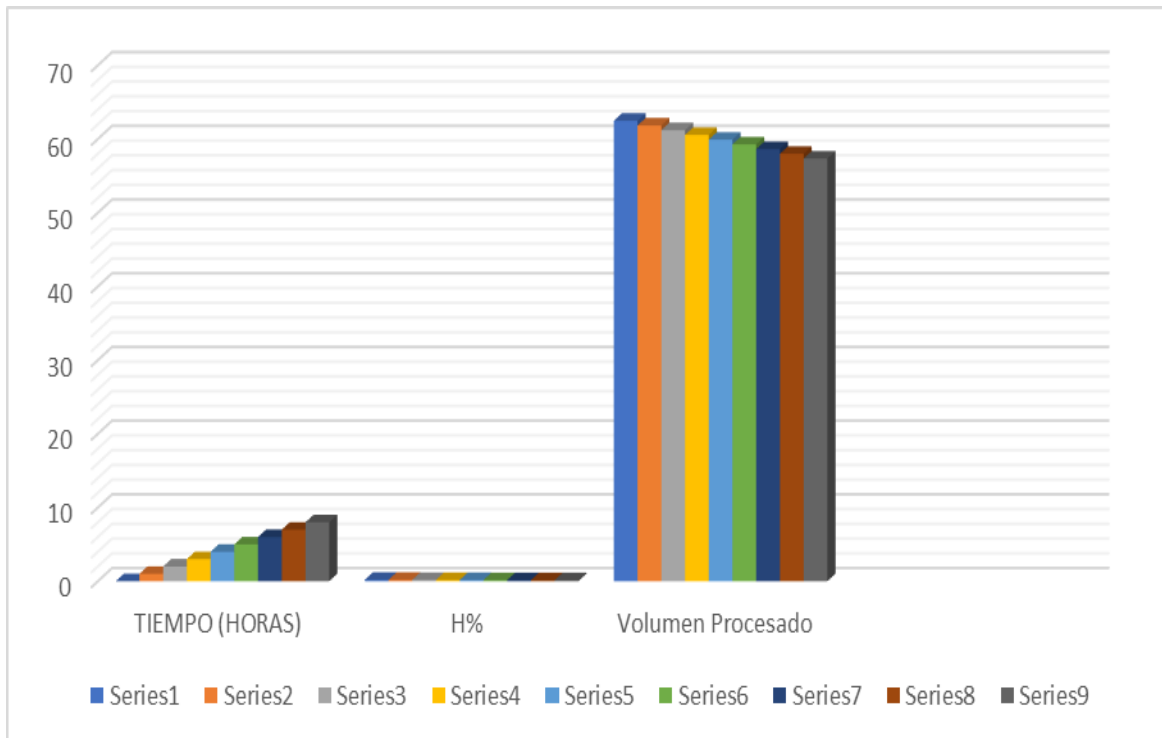
➤ Relación tiempo, humedad y volumen en el secado solar en patios

Existe una gran relación comparativa con respecto a cada variable consideradas en el secado solar en patios, a como lo es el tiempo, humedad y volumen, estas varían con respecto al clima cuando se usa este método, debido que, si el día que se realizó la evaluación el clima era favorable, un cielo despejado sin nubes que permitían la radiación solar sobre la superficie. Debido a esta condición que

se tiene presente una temperatura ambiente 38°C y el clima favorable se logró desarrollar el secado en el tiempo de 8 horas, además que presentaba una humedad inicial de 19.20%.

En la gráfica 3, se observa que a través del tiempo de secado la humedad disminuye y el volumen cambia por acción de la evaporación de las corrientes intermitentes de aires sobre una superficie plana y con un material recubierto que lo mantiene aislado el contacto de la semilla con el suelo. De esta forma se muestran las variables; cuando el tiempo aumenta, la humedad disminuye constantemente y el volumen desciende.

Gráfica 3. Relación tiempo, humedad y volumen en el secado solar en patios



Fuente: Propia

7.2.2. Variables del método de secado artificial (Lote Campos Azules)

Como resultado del procesamiento del lote de Campos Azules, proveniente de Masaya, se muestra en la Tabla 2, el resumen de los datos obtenidos por medio del método de secado empleado en este caso el uso de la secadora de columna.

Tabla 2. Resumen de datos de secadora de columna vertical

Producto	Variedad	Humedad inicial (%)	U/M	Volumen inicial	Tiempo inicial
Frijol	INTA sequia precoz	19.20%	qq	85.80	9:00Am
Producto	Variedad	Humedad final (%)	U/M	Volumen final	Tiempo final
Frijol	INTA sequia precoz	13.20%	qq	72.35	3:00Pm

Fuente: Propia

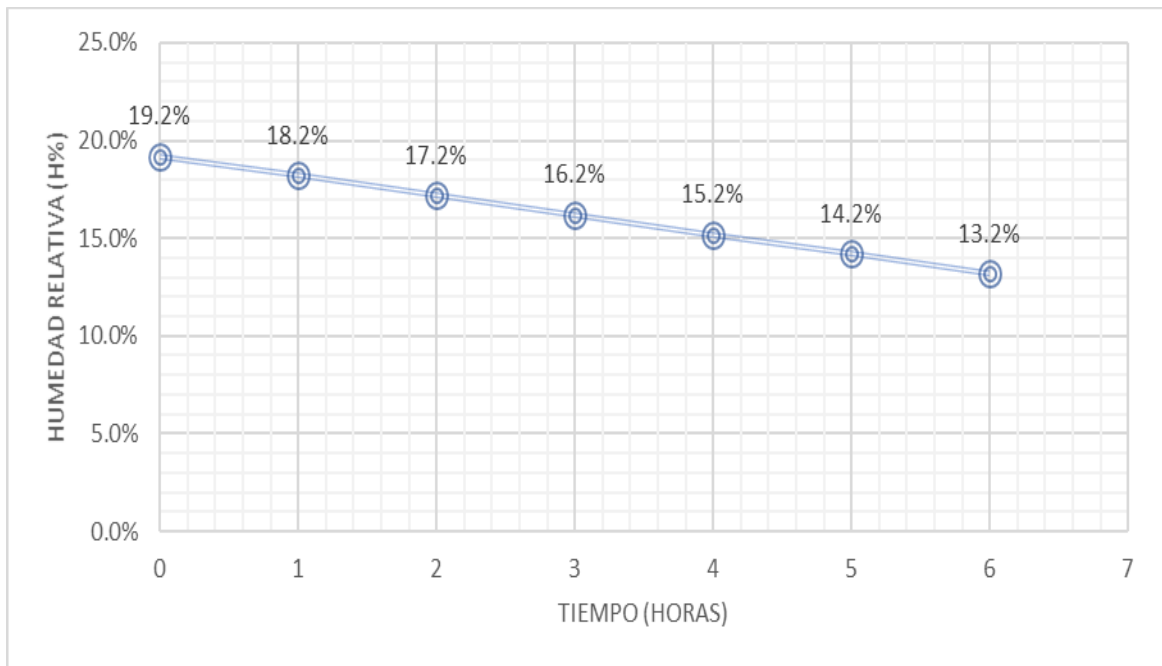
➤ **Velocidad de secado en la secadora de columna vertical**

En este caso del uso de la secadora de columna vertical, existe un aspecto muy importante y es que no está condicionado con el clima, está condicionado por el uso y las especificaciones de trabajo de la maquinaria utilizada, en este caso la secadora de columna. De esta forma, con la especificación de trabajo de una temperatura de 60°C, se esperaba una pérdida de humedad de 1% por cada hora de funcionamiento, según las especificaciones del técnico que armó la maquinaria.

En la gráfica 4, se observa la labor de secado del uso de la secadora de columna en el procesamiento de la semilla con resultado de 6 horas de trabajo,

presentando este lote una humedad inicial de 19.20% y luego transcurrido ese tiempo de trabajo, se obtuvo una humedad de 13.20%, por lo tanto, presenta una pérdida de humedad de 6%. Siendo su velocidad de secado de 1%/hora.

Gráfica 4. Velocidad de secado en la secadora de columna vertical



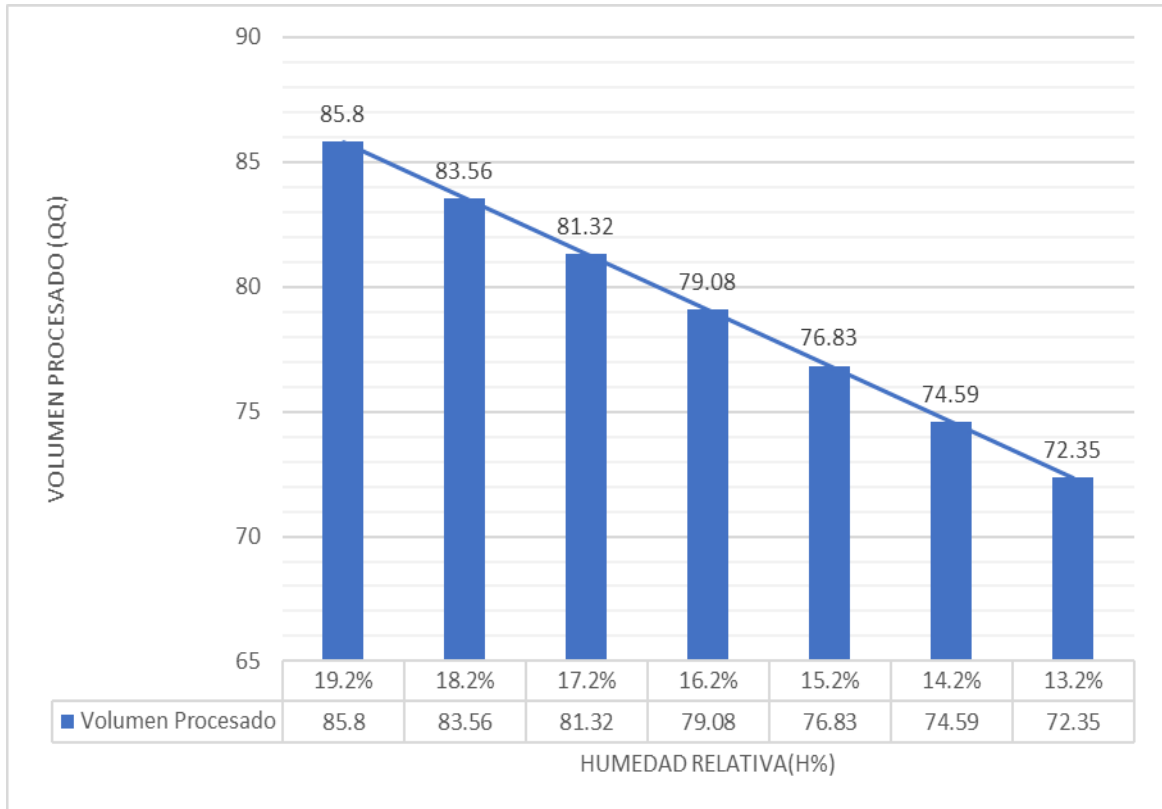
Fuente: Propia

➤ **Bulbo húmedo en la secadora de columna vertical**

Realizando una proyección, en la gráfica 5, en donde presenta una humedad inicial de 19.20%, en un volumen de semilla de 85.80 quintales (qq) correspondiente al lote proveniente de Masaya-Campos Azules. Al obtener la humedad deseada a través del secado corresponde a un valor de 13.20%, tomando nuevamente el peso correspondiente presenta un nuevo volumen de 72.35 qq.

Presenta una pérdida significativa de 13.45 qq que es el volumen ocupado por la humedad. Siendo 2.24 qq/% la disminución de volumen durante el secado.

Gráfica 5. Bulbo húmedo en la secadora de columna vertical



Fuente: Propia

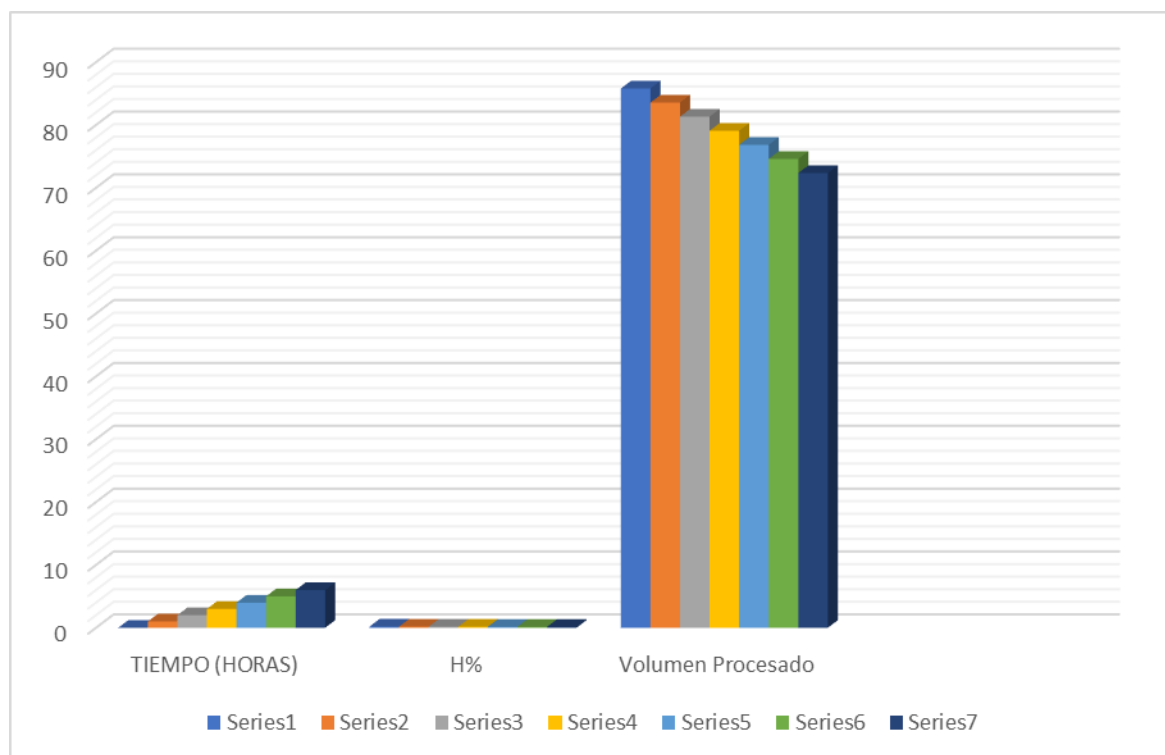
➤ **Relación tiempo, humedad y volumen en la secadora de columna vertical**

Existe una relación comparativa con respecto a cada variable consideradas en el secado artificial por medio de la secadora de columna vertical, como lo es el tiempo, humedad y volumen, están condicionadas al método aplicado, debido que en este caso el resultado fue el esperado, la temperatura de trabajo de 60°C garantizaba una pérdida de humedad de 1%/hora, debido a que el lote era considera pequeño. Con respecto a la capacidad de la maquina utilizada.

Según las especificaciones del técnico puede procesar hasta lotes de 240 quintales (qq), teniendo estándares de consideración de lotes pequeños aquellos que van de 50 a 100, 100 a 150 medios y los grandes de 150 a 240 qq.

En la gráfica 6, se observa que a través del tiempo de secado la humedad disminuye y el volumen cambia por acción de la evaporación de las corrientes intermitentes de aires de 60°C que circulan por canaletas de la máquina. De esta forma, las variables cuando el tiempo aumenta, la humedad disminuye constantemente y el volumen disminuye por la acción del secado.

Gráfica 6. Relación tiempo, humedad y volumen en la secadora de columna vertical



Fuente: Propia

7.3. Costos de operación de métodos de secado

Los costos operacionales de cada método de secados evaluados en los lotes de trabajos, están comprendido por cada uno de los parámetros expuesto: mano de obra utilizada, los insumos o materiales, equipos (Maquinaria) y el equipo de seguridad que deben de tener según las normas de seguridad al tipo de trabajo que se realiza. De esta forma se estima cada uno de los costos para el procesamiento del lote.

7.3.1. Costos de operación del método de secado natural

Para la determinación del costo de operación del método de secado natural, fue necesario la definición de los diferentes costos que se tienen, presentó en el desarrollo del secado por lote de trabajo. En este caso el lote procedente de Carazo-finca la Compañía, presenta costos de: mano de obra, insumos y materiales, costo de maquinaria, costo de patio de secado y equipo de protección.

❖ Costo de mano de obra en el método de secado natural

Para el procesamiento de la semilla del lote de la finca “La Compañía”, se requirió un personal técnico de un total de cuatro personas. La institución ante la labor de trabajo destina un pago del personal de trabajo de un monto de C\$200.00, que corresponde al salario diario de trabajo en la institución. De esta forma se tiene un costo total en la mano de obra de C\$800.00, que corresponden al pago del servicio del personal técnico que desarrolló el secado por este método.

Tabla 3. Costo de mano de obra en el secado natural

Descripción	Costo
Mano de obra	C\$ 800.00
Total	C\$ 800.00

Fuente: Propia

❖ **Costo de insumos y materiales en el método de secado natural**

Para el costo de estos insumos se determinaron mediante un proceso de uso, en este caso se tiene que el producto fitosanitario cipermetrina, el cual, tiene un costo de C\$ 150.00. la compra por litro.

Para definir el costo de los materiales usados en el secado, como: la paleta o burrita, el rastrillo y la pala de cuchara ancha metálica, presentan un costo definido por la depreciación del uso de estos materiales, debido a que su durabilidad de estos materiales es de un año, el costo que presentan en la labor de secado es reflejado por el costo de la depreciación mensual de estos materiales. (Ver en sección de anexos: Depreciaciones de activos o bienes en labor de secado, tabla.19, pág. iv)

Costo de uso de una paleta es de C\$41.67, del rastrillo C\$58.33 y de la pala 32.50, debido a que este método de secado se utilizan dos unidades el costo total de cada material es; la paleta es de C\$83.33, el rastrillo tiene un valor C\$116.67, y la pala de cuchara ancha metálica un valor de C\$65.00.

La sumatoria de estos insumos y materiales es de un total de C\$415.00, en el procesamiento del lote de la finca “La Compañía”.

Tabla 4. Costo de insumos y materiales en método de secado natural

Descripción	Costo
Cipermetrina	C\$150.00
Paleta/burrita	C\$83.33
Rastrillo	C\$116.67
Pala de cuchara ancha metálica	C\$65.00
Total	C\$415.00

Fuente: Propia

❖ **Costos de maquinaria en el método de secado natural**

El uso de la maquinaria empleada en el secado solar en patios, se toman en consideración el costo del uso por hora de trabajo o unidad de trabajo. Para el secado se utilizó la siguiente maquinaria: mochila motobomba, báscula de piso, montacargas y medidor de humedad.

Para el costo de la mochila motobomba es de un valor de C\$144.04, debido a que solo se utilizó una hora. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables, por el tiempo de uso de esta maquinaria. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de la mochila motobomba, pág. vii).

Para el costo de la báscula de piso es de un valor de C\$60.29, debido a que se utilizó dos horas. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables por las dos horas de uso que se empleó en el secado. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de báscula de piso, pág. x).

Para el costo del uso de montacargas es de un valor de C\$499.27, debido a que se utilizó dos horas. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables por las dos horas de uso que se empleó en el secado. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de montacargas, pág. xiii).

Para el costo de uso del medidor de humedad es de un valor de C\$301.00, debido a que se utilizó ocho horas. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables por las ocho horas de uso que se empleó en el

secado. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de medidor de humedad, pág. xix).

Tabla 5. Costos de maquinaria en el método de secado natural

Descripción	Costo
Costo de mochila motobomba	C\$144.04
Costo de báscula de piso	C\$60.29
Costo de montacarga	C\$499.27
Costo de medidor de humedad	C\$301.00
Total	C\$1,004.60

Fuente: Propia

❖ Costo del uso del patio de secado

El costo del patio de secado es un valor fijo del alquiler del uso de esta área de trabajo, en donde posee un valor general de \$0.50 (dólares), por cada quintal que se procesa en esta área. De esta forma el costo del patio de secado para este lote es de un valor \$31.24 (dólares) debido a que peso del lote es de 62.48 quintales, la tasa de cambio de este valor a moneda nicaragüense es de C\$34.85 córdobas, valor obtenido del Banco Central en la primera semana de enero 2021. De esta forma posee un costo de uso del patio de secado de C\$1,088.71 córdobas.

❖ Costo del equipo de protección en el método de secado natural

Para definir el costo del equipo de protección usados en el secado, tales como; chaleco reflectivo, bota punta de metal, casco de protección, guates de cuero, lentes de protección transparente y mascarilla de filtro de carbón, presentan un costo definido por la depreciación del uso de estos equipos, debido a que su durabilidad de estos es de un año, el costo que presentan en la labor de secado es reflejado por el costo de la depreciación mensual de estos materiales. (Ver en sección de anexos: Depreciaciones de activos o bienes en labor de secado, tabla.19, pág. iv)

Debido a que la mano de obra en esta labor de trabajo del secado solar en patios es de cuatro técnico el valor total de cada uno del uso de equipo de protección es de: Chaleco reflectivo C\$69.71, botas punta de metal C\$697.09, casco de protección C\$34.85, Guantes de cuero C\$23.24, lentes de protección C\$46.47, mascarilla de filtro de carbón C\$209.13

Tabla 6. Costo del equipo de protección en el método de secado natural

Descripción	Costo
Chaleco reflectivo	C\$69.71
Bota punta de metal	C\$697.09
Casco de protección	C\$34.85
Guantes (cuero)	C\$23.24
Lentes de protección (transparente)	C\$46.47
Mascarilla de filtro (carbón)	C\$209.13
Total	C\$1,080.50

Fuente: Propia

❖ Costo total del método de secado solar

El costo total del procesamiento del lote proveniente de Carazo, de la finca “La Compañía”, presenta un valor de C\$4,388.81 (córdobas), este es el resultado de la sumatoria de todos los costos, es decir; mano de obra, insumos y materiales, maquinaria, patio de secado y equipo de protección.

Tabla 7. Costo total del método de secado natural

Descripción	Total
Costo de mano de obra	C\$800.00
Costo de insumos	C\$415.00
Costo de maquinaria	C\$1,004.60
Costo de patio de secado	C\$1,088.71
Costo de equipo de protección	C\$1,080.50
Total	C\$4,388.81

Fuente: Propia

El costo de procesamiento en la labor del secado natural, mediante el secado solar en patios posee un valor total por el lote de C\$4,388.81, teniendo presente que se procesó una cantidad de 62.48 quintales, se obtiene un valor de procesamiento de C\$70.24 por quintal y su equivalente en dólares es de \$2.02 por quintal. (Valor de la tasa de cambio de un dólar es de C\$34.85 córdobas).

7.3.2. Costos operacionales método secado artificial

Para la determinación del costo de operación del método de secado artificial, fue necesario la definición de los diferentes costos que se tienen presente en el desarrollo del secado por lote de trabajo. En este caso el lote procedente de Masaya-Campos Azules, presenta costos de; mano de obra, insumos y materiales, costo de maquinaria, y equipo de protección.

❖ Costo de mano de obra en el método de secado artificial

Para el procesamiento de la semilla del lote de “Campos Azules”, se requirió un personal técnico de un total de dos personas. La institución ante la labor de trabajo destina un pago del personal de trabajo de un monto de C\$200.00, que corresponde al salario diario de trabajo en la institución. De esta forma se tiene un costo total en la mano de obra de C\$400.00, que corresponden al pago del servicio del personal técnico que desarrolló el secado por este método.

Tabla 8. Costo de mano de obra en el secado artificial

Descripción	Costo
Mano de obra	C\$400.00
Total	C\$400.00

Fuente: Propia

❖ Costo de insumos y materiales en el método de secado artificial

Para el costo de estos insumos se terminaron mediante un proceso de uso, en este caso se tiene el producto fitosanitario cipermetrina, el cual, tiene un costo de C\$ 150.00 por la compra de litro.

Para definir el costo de los materiales usados en el secado, en este caso la pala de cuchara ancha metálica, presenta un costo definido por la depreciación de su uso, debido a que su durabilidad es de un año, el costo que presenta en la labor de secado es reflejado por el costo de la depreciación mensual. (Ver en sección de anexos: Depreciaciones de activos o bienes en labor de secado, tabla.20, pág. iv)

Costo de uso de la pala C\$32.50, debido a que este método de secado se utilizan una unidad, siendo este su costo total. Por lo tanto, la suma de estos dos elementos es de un total de C\$182.50.

Tabla 9. Costos de insumos y materiales en el método de secado artificial

Descripción	Costo
Cipermetrina	C\$150.00
Pala de cuchara ancha metálica	C\$32.50
Total	C\$182.50

Fuente: Propia

❖ Costos de maquinaria en el método de secado artificial

El uso de la maquinaria empleada en el secado artificial, se toman en consideración el costo del uso por hora de trabajo o unidad de trabajo. Para el secado se utilizó: mochila motobomba, báscula de piso, montacargas, secadora de columna y medidor de humedad.

Para el costo de la mochila motobomba es de un valor de C\$144.04, debido a que solo se utilizó una hora. Este costo es el total obtenido de la suma de los

costos fijos y variables, por el tiempo de uso de esta maquinaria. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de la mochila motobomba, pág. vii).

Para el costo de la báscula de piso es de un valor de C\$60.29, debido a que se utilizó dos horas. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables por las dos horas de uso que se empleó en el secado. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de báscula de piso, pág. x).

Para el costo del uso de montacargas es de un valor de C\$499.27, debido a que se utilizó dos horas. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables por las dos horas de uso que se empleó en el secado. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de montacargas, pág. xiii).

Para el costo del uso de la secadora de columna es de un valor de C\$1351.20, debido a que se utilizó seis horas. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables por las seis horas de uso que se empleó en el secado. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de la secadora de columna, pág. xvi).

Para el costo de uso del medidor de humedad es de un valor de C\$225.75, debido a que se utilizó seis horas. Este costo es el total obtenido de la suma de los costos fijos y variables por las seis horas de uso que se empleó en el secado. (Ver sección de anexos: Cálculo del costo de medidor de humedad, pág. xix).

Tabla 10. Costos de maquinaria en el método de secado artificial

Descripción	Costo
Costo de mochila motobomba	C\$144.04
Costo de báscula de piso	C\$60.29
Costo de montacarga	C\$499.27
Costo de secadora	C\$1,351.20
Costo de medidor de humedad	C\$225.75
Total	C\$2,280.55

Fuente: Propia

❖ Costo del equipo de protección en el método de secado artificial

Para definir el costo del equipo de protección usados en el secado, como; chaleco reflectivo, bota punta de metal, casco de protección, guates de cuero, lentes de protección transparente, mascarilla de filtro de carbón y casco de protección auditiva, presentan un costo definido por la depreciación del uso de estos equipos, debido a que su durabilidad de estos es de un año, el costo que presentan en la labor de secado es reflejado por el costo de la depreciación mensual de estos materiales. (Ver en sección de anexos: Depreciaciones de activos o bienes en labor de secado, tabla.20, pág. iv)

Debido a que la mano de obra en esta labor de trabajo del secado artificial es de dos técnicos, el valor total de cada uno del uso de equipo de protección es de; chaleco reflectivo C\$34.85, botas punta de metal C\$348.55, Casco de protección C\$17.43, Guantes de cuero C\$11.62, lentes de protección C\$23.24, mascarilla de filtro de carbón C\$104.56 y casco de protección auditiva C\$5.81. Para un costo total del equipo de protección es de C\$546.06.

Tabla 11. Costo del equipo de protección en el método de secado artificial

Descripción	Costo
Chaleco reflectivo	C\$34.85
Bota punta de metal	C\$348.55
Casco de protección	C\$17.43
Guantes (cuero)	C\$11.62
Lentes de protección (transparente)	C\$23.24
Mascarilla de filtro (carbón)	C\$104.56
Casco de protección auditiva	C\$5.81
Total	C\$546.06

Fuente: Propia

❖ Costo total del método de secado artificial

El costo total del procesamiento del lote proveniente de Masaya, “Campos Azules”, presenta un valor de C\$3,409.11 (córdobas), este es el resultado de la sumatoria de todos los costos, es decir: mano de obra, insumos y materiales, maquinaria y equipo de protección.

Tabla 12. Costo total del método de secado artificial

Descripción	Total
Costo de mano de obra	C\$400.00
Costo de insumos	C\$182.50
Costo de maquinaria	C\$2,280.55
Costo de equipo de protección	C\$546.06
Total	C\$3,409.11

Fuente: Propia

El costo de procesamiento en la labor del secado artificial, mediante el secado solar en patios posee un valor total por el lote de C\$3,409.11, teniendo presente que se procesó una cantidad de 85.80 quintales, se obtiene un valor de procesamiento de C\$39.73 por quintal y su equivalente en dólares es de \$1.14 por quintal. (Valor de la tasa de cambio de un dólar es de C\$34.85 córdobas).

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la investigación se concluye que:

- ❖ Los métodos de secados empleados en la planta procesadora INTA-CNIA, de tipo natural (patio de secado), es el más utilizado para el secado de la semilla de frijol, debido al conocimiento básico y técnico que manejan de manera general el personal de trabajo de esta área. El secado artificial presenta un conocimiento técnico sobre un uso más complejo, debido a que se emplea la secadora de columna, que es un proceso de preparación que conlleva más tiempo y es operado por el técnico responsable de la planta procesadora de semilla, debido a que es una maquinaria de gran valor institucional y por su capacidad técnica.

- ❖ En la comparación entre el método de secado natural y el artificial, se obtuvo un tiempo de procesamiento de lote de semilla en el natural tiempo de 8 horas, mientras que en el artificial presentó un tiempo menor equivalente a 6 horas. Con respecto a la velocidad de secado se obtuvo una mayor capacidad de secado en el artificial con valor de 1%/hora, mientras que en el natural un valor de 0.74%/hora. Además, en el caso del bulbo húmedo en el secado artificial se obtuvo un valor de 2.24 qq/%, mientras que en el natural fue de 0.64 qq/%. Mostrando el secado artificial una mayor eficiencia en el secado de la semilla.

- ❖ El lote procesado por el método de secado natural de Carazo, finca “La Compañía”, presentó un costo mayor de C\$4,388.81 y un valor de C\$70.24 por quintal procesado y su equivalente en dólares de \$2.02. Mientras que el método de secado artificial presentó un costo total del lote de “Masaya-Campos Azules”, un valor de C\$3,409.11, además de un costo de C\$39.73 por quintal procesado y su equivalente en dólares de \$1.14 por quintal.

IX. RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos se expresan las siguientes recomendaciones:

- ✓ El uso del método de secado natural, para el secado de semillas de lotes con cantidades de volumen (qq) estándares, de acuerdo a la capacidad del patio de secado, y el uso del secado artificial cuando los lotes sean mayores a la del patio de secado, para un mayor procesamiento de la semilla en el secado.
- ✓ El uso del método de secado artificial se debe desarrollar, cuando las humedades iniciales de las semillas que ingresan a la planta procesadoras sean mayores de 20%, y el secado natural cuando sean menores al 20%. Debido a que la capacidad de la Secadora, es más eficiente con estas humedades en la que el factor tiempo, es menor al que se tomaría la pérdida de humedad en el método de secado natural.
- ✓ Emplear el método de secado artificial, cuando las condiciones en las que se desarrolla el secado natural, no estén presentes, es decir, cuando el día tenga presencia de nubes o indiquen lluvia, y la semilla, requiera ser procesada en tiempo y forma según la solicitud de la institución en general.

X. BIBLIOGRAFÍA

Almacenamiento y conservación del Grano. (27 de Febrero de 2017).
Obtenido de degeschmexico.com: <http://degeschmexico.com/almacenamiento-y-conservacion/almacenamiento/secado-de-granos/>

AYALA, C. J., & FLORES, E. A. (Diciembre de 2003). Variables del secado. Obtenido de ri.ues.edu.sv: http://ri.ues.edu.sv/2024/1/Evaluaci%C3%B3n_de_las_variables_de_secado_para_la_conservaci%C3%B3n_de_las_hojas_de_la_planta_de_a%C3%B1il._%28indigofera_sp.%29.pdf

Bird, N. B. (2014). Guía Técnica Buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; infraestructura, y equipamiento. Managua, Nicaragua.

Delegación Europea en Nicaragua. (12 de octubre de 2012). Euro Notas Digital. https://eeas.europa.eu/archives/delegations/nicaragua/documents/press_corner/eurobulletin/2012_11/eun22_lanzamiento_papssan.html

El Frijol. (26 de Mayo de 2019). Obtenido de wikipedia.org: https://es.wikipedia.org/wiki/Phaseolus_vulgaris

FAO. (2015). Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Obtenido de fao.org: <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S05.htm>

Gómez G, O. e. (2001). Manual para el manejo de poscosecha se semilla de granos básicos, arroz, frijol, maiz, sorgo. INTA-UNA-FUNICA-FAITAN.

Martínez, P. (2014). Manual de buenas prácticas ergonómicas. Obtenido: www.euskadi.net/contenidos/.../es.../manual_bbpp_ergon_const.pdf.

Moratinos, H. (2012). Proceso de Acondicionamiento de semillas. Facultad de agronomía. UCV. Maracay. Venezuela.

Schmidt, L. (2000). Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Seed Processing. Danida Forest Seed Centre.

Secado del grano. (2015). Obtenido de Degeschmexico.com: <http://degeschmexico.com/almacenamiento-y-conservacion/almacenamiento/secado-de-granos/>

Secamiento de los Granos Importancia y prácticas comunes. (2017). Obtenido de shareweb.ch: https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_postcosecha_drying_grain_s.pdf

Socio-Económica, A. d. (2000). Miguel Raudez S. Obtenido de academia.edu:https://www.academia.edu/35310761/Agrotecnia_del_frijol_Importancia_socio-econ%C3%B3mica

XI. GLOSARIO

Acondicionamiento de semilla. Es el conjunto de operaciones a que se somete un lote de semillas para obtener semillas uniformes en peso, tamaño, forma, calibre, color y que estén libres de contaminantes extraños. Puede incluir la aplicación de plaguicidas para la prevención de daños antes y después de la siembra de dicha semilla.

Aislamiento. La separación en tiempo y espacio, por la cual una fuente semillera se aparta de individuos u otras fuentes no deseables para evitar su contaminación.

Almacenamiento. Se refiere a la acción de guardar por un tiempo determinado un lote de semillas, de manera que su calidad se conserve adecuadamente.

Bulbo húmedo. Relación existente entre la humedad que se encuentra presente a través del volumen que ocupa en la semilla.

Certificación de semillas. Proceso técnico de supervisión y verificación realizado por el ente oficial, destinado a mantener la identidad genética, pureza, calidad y sanidad de las semillas, de acuerdo con los requisitos establecidos por la norma.

Certificación. Es el proceso técnico de supervisión y verificación de la genealogía, producción, beneficiado y análisis final de la calidad de las semillas, destinado a mantener la pureza varietal y física, identidad genética, calidad fisiológica y sanitaria en la producción, comercio y distribución de las semillas y plantas de vivero.

CNIA. Centro Nacional de Investigación Agropecuaria.

Época de siembra. Período en que se divide el año agrícola.

Fumigación. Tratamiento con un agente químico que alcanza al producto básico en forma total o principalmente en estado gaseoso.

Grano. Clase de producto básico correspondiente a las semillas destinadas a la elaboración o consumo y no a la siembra

Humedad de la semilla. Contenido de agua en la semilla, generalmente expresado en porcentaje (%).

INTA. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.

Lote. Estiba o conjunto de estibas provenientes de un mismo campo de producción, previamente identificado en almacén.

Lote a granel. Semillas que no están envasados o contenidas en bolsas. Generalmente antes de ser procesadas.

Origen. Es el lugar, época y ciclo en que fue producida la semilla.

Postrera y Postrerón. Julio-Octubre Apante: Noviembre-Diciembre Riego: Todo período de cultivo sin lluvias.

Primera. Época de siembra que va de mayo a julio.

Semilla. Toda estructura vegetal destinada a la propagación sexual o asexual de una especie tales como; semilla botánica, esquejes, estacas, injertos-patrones, yemas, bulbos, rizomas, tubérculos, tejidos vegetales in vitro y otros materiales de propagación.

Semilla Certificada. Es la primera generación de la semilla Registrada y es producida por productores y empresas de semillas. Se identifican con etiquetas color azul que van adheridas al envase.

Velocidad de secado. Relación existente entre el tiempo de secado y la pérdida de humedad a través de que transcurre el tiempo.

xii. **ANEXOS**

Anexos: Depreciaciones de activos o bienes en labor de secado

Tabla 19. Depreciaciones de activos o bienes en el secado natural

Activo o bien	Precio	Vida útil (Meses)	Depreciación (Mensual)
Paleta/burrita	C\$ 500.00	12	C\$ 41.67
Rastrillo	C\$ 700.00	12	C\$ 58.33
Pala de cuchara ancha metálica, cabo de madera	C\$ 390.00	12	C\$ 32.50
Chaleco reflectivo	C\$ 209.13	12	C\$ 17.43
Bota punta de metal	C\$ 2,091.28	12	C\$ 174.27
Caso de protección	C\$ 104.56	12	C\$ 8.71
Guantes (cuero)	C\$ 69.71	12	C\$ 5.81
Lentes de protección (transparente)	C\$ 139.42	12	C\$ 11.62
Mascarillas de filtro (carbón)	C\$ 627.38	12	C\$ 52.28

Fuente: Propia

Tabla 20. Depreciaciones de activos o bienes en el secado artificial

Activo o bien	Precio	Vida útil (Meses)	Depreciación (Mensual)
Pala de cuchara ancha metálica, cabo de madera	C\$ 390.00	12	C\$ 32.50
Chaleco reflectivo	C\$ 209.13	12	C\$ 17.43
Bota punta de metal	C\$ 2,091.28	12	C\$ 174.27
Caso de protección	C\$ 104.56	12	C\$ 8.71
Guantes (cuero)	C\$ 69.71	12	C\$ 5.81
Lentes de protección (transparente)	C\$ 139.42	12	C\$ 11.62
Mascarillas de filtro (carbón)	C\$ 627.38	12	C\$ 52.28
Casco de protección auditiva	C\$ 34.85	12	C\$ 2.90

Fuente: Propia

Anexos: Cálculo del costo de mochila motobomba

Tabla 21. Ficha técnica de mochila motobomba

Especificaciones	Características
Costo total (dólares)	\$710.00
Vida útil (años)	5
Vida útil según trabajo (horas)	800
Ocupación anual (horas)	160
Cilindrada (cm ³)	56.5
Peso (Kg)	11.1
Capacidad de tanque de pulverización (litros)	13
Caudal máx. de aire (m ³ /h)	1.26
Alcance horizontal (metros)	12
Velocidad del aire-boquilla redonda-mpg	226
Potencia (kW)	2.6
Potencia (CV)	3.5
Alcance en vertical (Metro)	9.5
Capacidad depósito de gasolina (Litro)	1.5
Caudal del aire con boquilla redonda (m ³ /h)	750
Velocidad del aire boquilla redonda (m/s)	101
Exposición diaria (Hora)	1
Factor de reparación	0.6
Mantenimiento	0.4
Marca	STHIL
Modelo	420
Capacidad total (Litros)	15

Fuente: Inversiones Rigueros S.A.

➤ **Determinación de costos fijos, mochila motobomba**

a) Depreciación= Costo total / vida útil del activo

$$\text{Depreciación} = (\$710.00 / 5 \text{ años}) = \$142.00 \text{ por año}$$

b) Alquiler galerón = Área necesaria para el resguardo * costo de área

$$\text{Alquiler galerón} = (1\text{m}^2 * \$0.50/\text{m}^2) = \$0.50$$

- c) Total, costo fijo por año = Depreciación + Alquiler galerón
 Total, costo fijo por año= $(\$142.00+\$0.50) = \$142.50$
- d) Costo fijo por unidad de trabajo= Total, costo fijo por año / Ocupación anual
 Costo fijo por unidad de trabajo= $(\$142.50/160) = \0.89 por hora.

➤ **Determinación de los costos variables, mochila motobomba**

- e) Reparaciones = (Costo total*Factor de reparación) / (Vida útil según trabajo)
 Reparaciones= $(\$710.00 * 0.6) / (800) = \0.53 por hora
- f) Mantenimiento= (Costo de mantenimiento * Factor de mantenimiento)
 Mantenimiento= $(\$1.40 * 0.4) = \0.56 por hora
- g) Combustible = Litros utilizado * Costo del combustible
 Combustible= $(1.5 * \$0.90) = \$ 1.35$
- h) Lubricante= Factor de mantenimiento * costo de lubricante
 Lubricante= $(0.4 * \$2.00) = \0.80
- i) Tot.Cst. variables / U. trabajo = Repar. +Manten. +Combust. +Lubric.
 Tot.Cst. variables / U. trabajo= $(0.53+0.56+1.35+0.80) (\$) = \3.24
- j) Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= Cost.fijo+Cost.variable
 Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= $(0.89 + 3.24) (\$) = \4.13

➤ **Costo total, mochila motobomba**

El costo total por trabajo está referido al uso del implemento en un determinado tiempo, en este caso en el método de secado natural y artificial, se determinó un

uso de una hora, por lo tanto, como resultado se tiene el costo total de \$4.13 (dólares) y en valor de moneda de Nicaragua según la tasa de cambio de enero 2021 de la primera semana es de C\$34.85 córdobas teniendo un valor de C\$ 144.04.

Tabla 22. Costo del uso de mochila motobomba

Costos fijos	Costos por año	Costos por hora
Depreciación	\$142.00	
Alquiler galerón	\$0.50	
Total, costo fijo por año	\$142.50	
Costos fijos por unidad de trabajo		\$0.89
Costos variables	Costos por año	Costos por hora
Reparaciones (Horas)		\$0.53
Mantenimiento (Horas)		\$0.56
Combustible (Litros)		\$1.35
Lubricantes (Litros)		\$0.80
Tot.Cst. variables / U. trabajo		\$3.24
Tot.Cst. Fijo y variable por unidad de trabajo		\$4.13
Costo total		
Costos totales por trabajo	dólares	\$4.13
Costos totales por trabajo	córdobas	C\$144.04

Fuente: Propia

Anexos: Cálculo del costo de báscula de piso

Tabla 23. Especificaciones técnicas de la báscula de piso

Especificaciones	Características
Costo total (dólares)	\$400.00
Vida útil (años)	5
Vida útil según trabajo (horas)	1,000
Ocupación anual (horas)	200
Capacidad (Kg)	500
Báscula	Mecánica
Marca	Detecto scales
División (gr)	250
Unidades de peso	lb/kg
Opción	Transforma a electromecánica
Factor de reparación	0.4
Mantenimiento	0.3

Fuente: Inversiones Rigueros S.A.

➤ **Determinación de costos fijos, báscula de piso**

a) Depreciación= Costo total / vida útil del activo

$$\text{Depreciación} = (\$400.00 / 5 \text{ años}) = \$80.00 \text{ por año}$$

b) Alquiler galerón = Área necesaria para el resguardo * costo de área

$$\text{Alquiler galerón} = (2\text{m}^2 * \$0.50/\text{m}^2) = \$1.00$$

c) Total, costo fijo por año = Depreciación + Alquiler galerón

$$\text{Total, costo fijo por año} = (\$80.00 + \$1.00) = \$81.00$$

d) Costo fijo por unidad de trabajo= Total, costo fijo por año / Ocupación anual

$$\text{Costo fijo por unidad de trabajo} = (\$81.00/200) = \$0.41 \text{ por hora.}$$

➤ **Determinación de los costos variables, báscula de piso**

e) Reparaciones = (Costo total*Factor de reparación) / (Vida útil según trabajo)

$$\text{Reparaciones} = (\$400.00 * 0.4) / (1000) = \$0.16 \text{ por hora}$$

f) Mantenimiento= (Costo de mantenimiento * Factor de mantenimiento)

$$\text{Mantenimiento} = (\$1.00 * 0.3) = \$0.30 \text{ por hora}$$

g) Tot.Cst. variables / U. trabajo = Reparaciones + Mantenimiento

$$\text{Tot.Cst. variables / U. trabajo} = (0.16+0.30) (\$) = \$0.46$$

h) Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= Cost.fijo+Cost.variable

$$\text{Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo} = (0.41 + 0.46) (\$) = \$0.87$$

➤ **Costo total, báscula de piso**

El costo total por trabajo está referido al uso del implemento en un determinado tiempo, en este caso en el método de secado natural y artificial, se determinó un uso de dos horas, por lo tanto, como resultado se tiene el costo total de \$1.73 (dólares) y en valor de moneda de Nicaragua según la tasa de cambio de enero 2021 de la primera semana es de C\$34.85 córdobas teniendo un valor de C\$ 60.29.

Tabla 24. Costos del uso de la báscula de piso

Costos fijos	Costos por año	Costos por hora
Depreciación	\$80.00	
Alquiler galerón	\$1.00	
Total, costo fijo por año	\$81.00	
Costos fijos por unidad de trabajo		\$0.41
Costos variables	Costos por año	Costos por hora
Reparaciones (horas)		\$0.16
Mantenimiento (horas)		\$0.30
Combustible (litros)		0
Lubricantes (litros)		0
Tot.Cst. variables / U. trabajó		\$0.46
Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo		\$0.87
Costo total		
Costos totales por trabajo	dólares	\$1.73
Costos totales por trabajo	córdobas	C\$60.29

Fuente: Propia

Anexos: Cálculo del costo de montacargas

Tabla 25. Ficha técnica de montacargas

Especificaciones	Características
Costo total (dólares)	\$8,000.00
Vida útil (años)	7
Vida útil según trabajo (horas)	7,000
Ocupación Anual (horas)	1,000
Código N° del modelo especial, tipo de accesorio	V
N° de serie	5FD25-68478
Altura de elevación (Milímetros)	3000
Capacidad de real (Kg)-(T)	2000-2
Peso de la máquina (Kg)	3520
Año de producción	2020
Factor de reparación	0.45
Mantenimiento	0.4
Marca	TOYOTA
Modelo	57D20

Fuente: Carretillas elevadoras

➤ **Determinación de costos fijos, montacargas**

a) Depreciación= Costo total / vida útil del activo

$$\text{Depreciación} = (\$8000.00 / 7 \text{ años}) = \$1142.86 \text{ por año}$$

b) Alquiler galerón = Área necesaria para el resguardo * costo de área

$$\text{Alquiler galerón} = (12\text{m}^2 * \$0.50/\text{m}^2) = \$6.00$$

c) Total, costo fijo por año = Depreciación + Alquiler galerón

$$\text{Total, costo fijo por año} = (\$1142.86 + \$6.00) = \$1148.86$$

d) Costo fijo por unidad de trabajo= Total, costo fijo por año / Ocupación anual

Costo fijo por unidad de trabajo= $(\$1142.86/1000) = \1.15 por hora.

➤ **Determinación de los costos variables, montacargas**

e) Reparaciones = $(\text{Costo total} * \text{Factor de reparación}) / (\text{Vida útil según trabajo})$

Reparaciones= $(\$8000.00 * 0.45) / (7000) = \0.51 por hora

f) Mantenimiento= $(\text{Costo de mantenimiento} * \text{Factor de mantenimiento})$

Mantenimiento= $(\$2.00 * 0.4) = \0.80 por hora

g) Combustible = $\text{Litros utilizado} * \text{Costo del combustible}$

Combustible= $(5 * \$0.78) = \3.90

h) Lubricante= $\text{Factor de mantenimiento} * \text{costo de lubricante}$

Lubricante= $(0.4 * \$2.00) = \0.80

i) Tot.Cst. variables / U. trabajo = $\text{Repar.} + \text{Manten.} + \text{Combust.} + \text{Lubric.}$

Tot.Cst. variables / U. trabajo= $(0.51+0.80+3.90+0.80) (\$) = \6.01

j) Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= $\text{Cost.fijo} + \text{Cost.variable}$

Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= $(1.15 + 6.01) (\$) = \7.16

➤ **Costo total, montacargas**

El costo total por trabajo está referido al uso del implemento en un determinado tiempo, en este caso en el método de secado natural y artificial, se determinó un uso de dos horas, por lo tanto, como resultado se tiene el costo total de \$14.33 (dólares) y en valor de moneda de Nicaragua según la tasa de cambio de enero 2021 de la primera semana es de C\$34.85 córdobas teniendo un valor de C\$499.27.

Tabla 26. Costos del uso de montacargas

Costos fijos	Costos por año	Costos por hora
Depreciación	\$1,142.86	
Alquiler galerón	\$6.00	
Total, costo fijo por año	\$1,148.86	
Costos fijos por unidad de trabajo		\$1.15
Costos variables	Costos por año	Costos por hora
Reparaciones (horas)		\$0.51
Mantenimiento (horas)		\$0.80
Combustible (litros)		\$3.90
Lubricantes (litros)		\$0.80
Tot.Cst. variables / U. trabajo		\$6.01
Tot.Cst. Fijo y variable por unidad de trabajo		\$7.16
Costo total		
Costos totales por trabajo	dólares	\$14.33
Costos totales por trabajo	córdobas	C\$499.27

Fuente: Propia

Anexos: Cálculo del costo de la secadora de columna

Tabla 27. Ficha técnica de la secadora de columna

Especificaciones	Características
Costo total (dólares)	\$19,800.00
Vida útil (años)	15
Capacidad (qq)	240
Funcionamiento	Diesel
Vida útil según trabajo (horas)	15,000
Ocupación Anual (horas)	1,000
Capacidad de Secado	Regulable
Motor	KONGSKILDE
Nr	5218171/196
Typ	KMER 132 M.4
KW	7.5
Cos&	0.82
Voltaje	220/380V
Amperaje	28/16.5 A
U/min	1720
Hz	60
Peso (kg)	69
IP	5.4
ElectroMotorenwerk	Wernigerode
Factor de Reparación	0.6
Mantenimiento	0.4

Fuente: Propia

➤ **Determinación de costos fijos, secadora de columna**

a) Depreciación= Costo total / vida útil del activo

$$\text{Depreciación} = (\$19,800.00 / 15 \text{ años}) = \$1320.00 \text{ por año}$$

b) Alquiler galerón = Área necesaria para el resguardo * costo de área

$$\text{Alquiler galerón} = (40\text{m}^2 * \$0.50/\text{m}^2) = \$20.00$$

c) Total, costo fijo por año = Depreciación + Alquiler galerón

Total, costo fijo por año= $(\$1320.00 + \$20.00) = \$1340.00$

d) Costo fijo por unidad de trabajo= Total, costo fijo por año / Ocupación anual

Costo fijo por unidad de trabajo= $(\$1340/1000) = \1.34 por hora.

➤ **Determinación de los costos variables, secadora de columna**

e) Reparaciones = $(\text{Costo total} * \text{Factor de reparación}) / (\text{Vida útil según trabajo})$

Reparaciones= $(\$19,800.00 * 0.60) / (15000) = \0.79 por hora

f) Mantenimiento= $(\text{Costo de mantenimiento} * \text{Factor de mantenimiento})$

Mantenimiento= $(\$2.00 * 0.4) = \0.80 por hora

g) Combustible = Litros utilizado * Costo del combustible

Combustible= $(3.50 * \$0.78) = \$ 2.73$

h) Lubricante= Factor de mantenimiento * costo de lubricante

Lubricante= $(0.4 * \$2.00) = \0.80

i) Tot.Cst. variables / U. trabajo = Repar. +Manten. +Combus. +Lubric.

Tot.Cst. variables / U. trabajo= $(0.79+0.80+2.73+0.80) (\$) = \5.12

j) Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= Cost.fijo+Cost.variable

Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= $(1.34 + 5.12) (\$) = \6.46

➤ **Costo total, secadora de columna**

El costo total por trabajo está referido al uso del implemento en un determinado tiempo, en este caso en el método de secado artificial, se determinó un uso de seis horas, por lo tanto, como resultado se tiene el costo total de \$38.77

(dólares) y en valor de moneda de Nicaragua según la tasa de cambio de enero 2021 de la primera semana es de C\$34.85 córdobas teniendo un valor de C\$1351.20.

Tabla 28. Costos del uso de la secadora de columna

Costos fijos	Costos por año	Costos por hora
Depreciación	\$1,320.00	
Alquiler galerón	\$20.00	
Total, costo fijo por año	\$1,340.00	
Costos fijos por unidad de trabajo		\$1.34
Costos variables	Costos por año	Costos por hora
Reparaciones (horas)		\$0.79
Mantenimiento (horas)		\$0.80
Combustible (litros)		\$2.73
Lubricantes (litros)		\$0.80
Tot.Cst. variables / U. trabajo		\$5.12
Tot.Cst. Fijo y variable por unidad de trabajo		\$6.46
Costo total		
Costos totales por trabajo	dólares	\$38.77
Costos totales por trabajo	córdobas	C\$1,351.20

Fuente: Propia

Anexos: Cálculo del costo de medidor de humedad

Tabla 29. Especificaciones técnicas del medidor de humedad

Especificaciones	Características
Costo total (dólares)	\$335.80
Vida útil (años)	4
Vida útil según trabajo (horas)	800
Ocupación anual (horas)	200
Rango de humedad	5% a 40%
Rango de temperatura	32° a 113°F (0° a 45°C)
Rentabilidad y precisión	0.5% (\pm) en rango de humedad normal
Resolución de pantalla	0.10%
Funcionamiento	Baterías recargables 9 voltios
Lectura directa	40 escamas de granos diferentes
Pantalla	Retroiluminada por uso nocturno
Pantalla múltiple	Inglés, español, francés, alemán, italiano.
Circuito	Capacitivo de mayor frecuencia
Factor de reparación	0.5
Mantenimiento	0.45

Fuente: Inversiones Rigueros S.A.

➤ **Determinación de costos fijos, medidor de humedad**

a) Depreciación= Costo total / vida útil del activo

$$\text{Depreciación} = (\$335.80 / 4 \text{ años}) = \$83.95 \text{ por año}$$

b) Total, costo fijo por año = Depreciación

$$\text{Total, costo fijo por año} = \$83.95 \text{ por año}$$

c) Costo fijo por unidad de trabajo= Total, costo fijo por año / Ocupación anual

$$\text{Costo fijo por unidad de trabajo} = (\$83.95/200) = \$0.42 \text{ por hora.}$$

➤ **Determinación de los costos variables, medidor de humedad**

d) Reparaciones = (Costo total*Factor de reparación) / (Vida útil según trabajo)

$$\text{Reparaciones} = (\$335.80 * 0.50) / (800) = \$0.21 \text{ por hora}$$

e) Mantenimiento= (Costo de mantenimiento * Factor de mantenimiento)

$$\text{Mantenimiento} = (\$1.00 * 0.45) = \$0.45 \text{ por hora}$$

f) Tot.Cst. variables / U. trabajo = Reparaciones + Mantenimiento

$$\text{Tot.Cst. variables / U. trabajo} = (0.21+0.45) (\$) = \$0.66$$

g) Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo= Cost.fijo+Cost.variable

$$\text{Tot.Cst. fijo y variable por unidad de trabajo} = (0.42 + 0.66) (\$) = \$1.08$$

➤ **Costo total, medidor de humedad**

El costo total por trabajo está referido al uso del implemento en un determinado tiempo, en este caso en el método de secado natural, se determinó un uso de ocho horas, por lo tanto, como resultado se tiene el costo total de \$8.64 (dólares) y en valor de moneda de Nicaragua según la tasa de cambio de enero 2021 de la primera semana es de C\$34.85 córdobas teniendo un valor de C\$301.00.

En el caso del secado artificial se tiene un uso correspondiente de seis horas, por lo tanto, su costo total es de \$6.48 (dólares) y en moneda de Nicaragua según la tasa de cambio de enero 2021 es de C\$34.85, para un valor de C\$225.75.

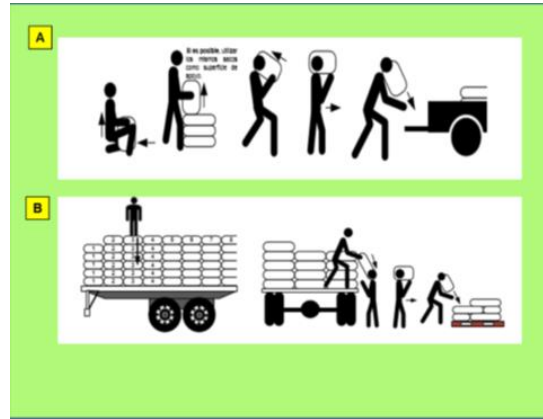
Tabla 30. Costo de uso del medidor de humedad

Costos fijos	Costos por año	Costos por hora
Depreciación	\$83.95	
Total, costo fijo por año	\$83.95	
Costos fijos por unidad de trabajo		\$0.42
Costos variables	Costos por año	Costos por hora
Reparaciones (horas)		\$0.21
Mantenimiento (horas)		\$0.45
Tot.Cst. variables / U. trabajo		\$0.66
Tot.Cst. Fijo y Variable por unidad de Trabajo		\$1.08
Costo total (S. natural)		
Costos totales por trabajo (S. natural)	dólares	\$8.64
Costos totales por trabajo (S. natural)	córdobas	C\$301.00
Costo total (S. artificial)		
Costos totales por trabajo (S. artificial)	dólares	\$6.48
Costos totales por trabajo (S. artificial)	córdobas	C\$225.75

Fuente: Propia

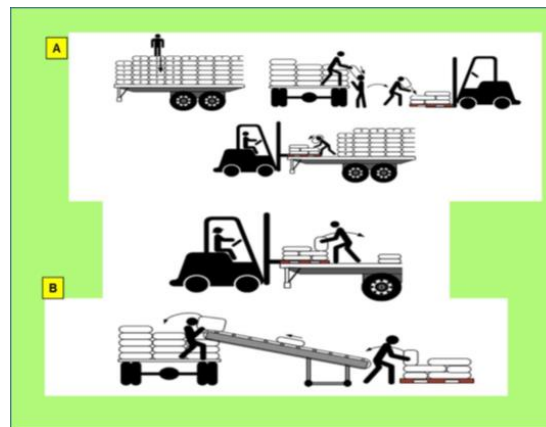
Anexos: Figuras

Figura 8. Disposición y manipulación de la semilla



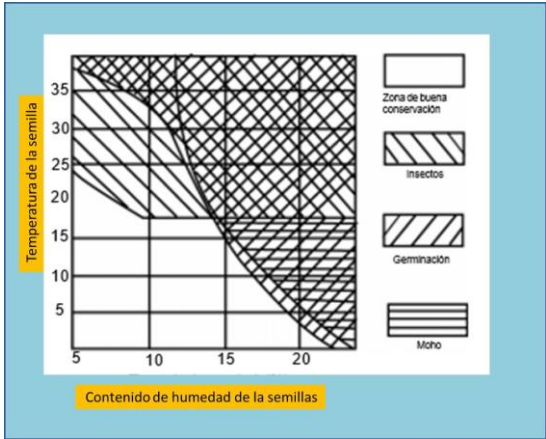
Fuente: Martínez, 2014

Figura 9. Descargue y traslado de la semilla



Fuente: Martínez, 2014

Figura 10. El efecto de la temperatura de las semillas



Fuente: Gómez. 2001

Figura 11. Distribución de la materia prima



Fuente: Propia

Figura 12. Remoción y homogenización de la semilla



Fuente: Propia

Figura 13. Secado en patio traslado de la semilla



Fuente: Propia

Figura 14. Patio de secado INTA-CNIA



Fuente: Propia

Figura 15. Determinación del tamaño del patio de secado



Fuente: Propia

Figura 16. Vista frontal de la secadora de columna



Fuente: Propia

Figura 17. Vista lateral de la secadora de columna



Fuente: Propia

Figura 18. Vista superficial de la secadora de columna



Fuente: Propia

Figura 19. Panel de control del motor y el ventilador de la secadora.



Fuente: Propia

Figura 20. Motor de secadora KONGSKILDE.



Fuente: Propia

Figura 21. Ventilador y motor de la secadora



Fuente: Propia

Figura 22. Montacargas



Fuente: Propia

Figura 23. Interior de la secadora



Fuente: Propia

Figura 24. Mochila motobomba



Fuente: Propia

Anexos: Planos
Plano 1: Patio de secado

Plano 2: Secadora de columna